Сборник научных работ студентов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС–2004»

В двух частях

Часть 2

Минск, 2005

УДК 001(476)(082)
ББК 72(4Беи)я43
С 232

Редакционная коллегия:

Жук Александр Иванович (**председатель**), доктор педагогических наук, профессор
Афанасьев Анатолий Александрович (зам. председателя), доктор физико-математических наук, профессор
Котляров Игорь Васильевич (зам. председателя), доктор социологических наук, профессор
Реут Олег Павлович (зам. председателя), доктор технических наук, профессор
Алексеев Виктор Федорович, кандидат технических наук, профессор
Атрощенко Олег Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, почетный доктор Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии
Богушевич Дмитрий Георгиевич, доктор филологических наук, профессор
Буга Сергей Владимирович, доктор биологических наук, доцент
Бугаев Виталий Петрович, кандидат технических наук, профессор
Гусев Андрей Петрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Жилинская Наталья Николаевна, кандидат экономических наук, доцент
Канне Марк Моисеевич, доктор технических наук, профессор
Комарова Ирина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент
Комличенко Виталий Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Крутько Эльвира Тихоновна, доктор технических наук, профессор
Кулак Михаил Иосифович, доктор физико-математических наук, академик Белорусской горной академии, профессор
Леонтюк Анатолий Сергеевич, доктор медицинских наук, профессор
Лиопо Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор
Литовский Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент
Ловшенко Федор Григорьевич, доктор технических наук, профессор
Мазоль Сергей Иванович, кандидат экономических наук, доцент
Мезенко Анна Михайловна, доктор филологических наук, профессор
Мироненко Владимир Иванович, кандидат физико-математических наук, профессор
Пракопцова Вера Павловна, доктор искусствоведения, профессор
Прищепов Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент
Румянцева Татьяна Герардовна, доктор философских наук, профессор
Русак Людмила Григорьевна, кандидат юридических наук, доцент
Самара Наталья Андреевна, кандидат экономических наук, доцент
Сончик Леонид Иванович, кандидат технических наук, доцент
Федосик Виктор Анатольевич, доктор исторических наук, профессор
Хасаншин Талгат Салихович, доктор технических наук, профессор
Шалак Михаил Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Шведовский Петр Владимирович, кандидат технических наук, профессор
Шлыков Владимир Владимирович, доктор педагогических наук, доцент
Юшкевич Тадеуш Петрович, доктор педагогических наук, профессор

С 232 Сборник научных работ студентов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС–2004» в 2 ч. Ч. 2. – Мн.:

Сборник включает статьи лауреатов республиканского конкурса научных работ студентов высших учебных заведений Республики Беларусь 2003 года, а также лауреатов и авторов работ первой категории конкурса 2004 года.

УДК 001(476)(082)
ББК 72(4Беи)я43

ISBN
ISBN

Физика
Математика

©БГУИР

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ PIN-ДИОДА

***А. А. АЛЕХНО*, С. В. ДРОБОТ**

A pin-diode nonlinear model and its parameters calculation algorithm under known manufacturer characteristics and parameters are submitted. The model takes into account nonlinear dependence of DC I–V characteristic, diode barrier and diffusion capacitances, nonlinear dependence of RF resistance characteristic vs. forward current, base volume resistance, package parasitic parameters. The expression is developed, allowing to calculate pin-diode impedance frequency dependence vs. forward current. The developed algorithm for calculation pin-diode model parameters is realized as a program in environment Delphi. Diode parameters optimization in environment MathCAD is carried out. The values of parameters are calculated for which the sum root mean square deviations between RF resistance vs. forward current dependence for the diode model and for the experimental dependence are minimal. The software can be used as basis for CAD microwave pin-diodes devices and creation elements libraries

Ключевые слова: СВЧ-диод, PIN-диод, нелинейная математическая модель, система автоматизированного проектирования

Pin-диоды используются при создании устройств, предназначенных для управления сверхвысокочастотными (СВЧ) сигналами: ограничителей, аттенюаторов, фазовращателей, модуляторов, переключателей. При разработке СВЧ устройств широко используется метод машинного проектирования, предусматривающий проведение численной оптимизации, что позволяет ускорить и удешевить разработку, поскольку многократное дорогостоящее макетирование заменяется проведением численных исследований. Выполнение численной оптимизации требует адекватных математических моделей проектируемых устройств, их линейных и нелинейных элементов. Цель работы – создание алгоритма и его программной реализации, позволяющих по справочным данным предприятия-изготовителя вычислять параметры математической модели pin-диода и рассчитывать его основные характеристики.

В работе представлена нелинейная математическая модель pin-диода и алгоритм определения ее параметров по известным характеристикам и параметрам, представляемым предприятием-изготовителем. Математическая модель учитывает нелинейную зависимость тока диода от напряжения, наличие барьерной и диффузионной емкостей структуры, нелинейную зависимость сопротивления полупроводниковой структуры в диапазоне СВЧ от тока диода, объемное сопротивление областей структуры, паразитные параметры корпуса диода. Математическая модель насчитывает более 15 параметров. Для определения основных параметров используются вольтамперная характеристика диода, зависимость барьерной или общей емкости от обратного напряжения, зависимость сопротивления диода на СВЧ от прямого тока, а также время пролета носителей через структуру диода. Получено выражение, позволяющее рассчитать частотные зависимости импеданса pin-диода для различных режимов работы по постоянному току.

Разработанный алгоритм определения параметров модели pin-диода реализован в виде программы в среде программирования Delphi. Проведен расчет параметров диода 1N5719 по справочным данным [1]. Сравнение расчетных характеристик с характеристиками, представленными в справочных данных, показало их хорошее совпадение. С помощью математического пакета MathCAD проведена оптимизация рассчитанных параметров модели. Получены такие значения параметров, при которых сумма среднеквадратических отклонений зависимости высокочастотного сопротивления от тока смещения для модели диода и для экспериментальной зависимости минимальна. Реализованное программное обеспечение может быть использовано при разработке системы автоматизированного проектирования устройств на основе pin-диодов и создании библиотек параметров элементов.

Литература

1. 1N5719 PIN Diodes for RF Switching and Attenuating. Technical Data. Hewlett-Packard Co., 1998.

©БГТУ

МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЕЙ СТ3, 45, 40Х, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИОННО-АССИСТИРОВАННЫМ ОСАЖДЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ Al, Ti, Ti+Si, W

***Н. Н. АМБРАЖЕЙ*, В. В. ТУЛЬЕВ**

Al-, Ti-, Ti+Si- and W-based films were deposited on steel St3, 45, 40Cr using ion assisted deposition technique in conjunction with self irradiation. Energy of the assisting ions was 15 keV, fluxes of ions were in interval $1\cdot10^{16} – 6\cdot10^{16}$ ions/cm^2. Rutherford back scattering and computer simulation RUMP code were applied to investigate the composition of the modified steel surface. It is determined that coatings include base-metal, oxygen, carbon and iron. Possible reasons of change in microhardness of modified specimen were discussed

Ключевые слова: ионно-ассистированное осаждение, микротвердость, сталь

Методом резерфордовского обратного рассеяния установлено, что ионно-ассистированным осаждением в условиях саморадиации покрытий на основе Al, Ti, W на стали марок Ст3, 45, 40Х при ин-

тегральных потоках ассистирующих ионов $1\cdot10^{16}$– $6\cdot10^{16}$ ион/см^2 и энергии ионов 15 кэВ, образуются структуры со сложным композиционным составом, меняющимся по глубине. В состав полученных структур входят, кроме атомов основы покрытия (10–30 ат.%), атомы кислорода (10–30 ат.%), углерода (5–10 ат.%) и атомы железа из подложки (20–30 ат.%). При этом в результате радиационно-стимулированных процессов глубина проникновения компонентов покрытия превышает расчетные значения проективного пробега с учетом страгглинга пробега ускоренных ионов, ассистирующих осаждение покрытия. Помимо радиационно-стимулированной диффузии компонентов покрытия (Me, O, C) в подложку, существует встречная диффузия атомов подложки Fe в покрытие в сочетании с атомным перемешиванием в процессе осаждения покрытий.

Микротвердость поверхности модифицированных образцов измерялась на приборе ПМТ-3. Анализ результатов показал, что изменение микротвердости поверхности модифицированных сталей обусловлено конкуренцией двух процессов: упрочнения за счет образования упрочняющих (оксидных, карбидных) фаз, структурных радиационных дефектов, формирующихся в процессе ионно-ассистированного осаждения, и разупрочнения, связанного с наличием водорода в приповерхностных слоях модифицированных образцов. При нанесении покрытий на основе Ti, W, на стали 40Х и 45 доминируют процессы упрочнения. В тоже время нанесение на сталь Ст3 покрытий на основе Ti при интегральном потоке ассистирующих ионов $1\cdot10^{16}$ ион/см^2 микротвердость поверхности меньше по сравнению с микротвердостью исходных образцов. В этом случае доминируют процессы разупрочнения поверхности. Нанесение покрытий на основе Al приводит к уменьшению микротвердости поверхности стали 40Х. Это связано с тем, что при осаждении алюминий не образует упрочняющих карбидных фаз, и вследствие этого доминируют процессы разупрочнения. Осаждение покрытий на основе титана приводит к большему возрастанию микротвердости, чем при осаждении покрытий на основе титана совместно с кремнием. Это связано с тем, что при осаждении покрытий на основе титана с кремнием атомов Ti в покрытии меньше, что приводит к меньшему содержанию упрочняющих карбидов в приповерхностных слоях. Микротвердость поверхности всех исследуемых сталей возрастает с увеличением интегрального потока ассистирующих ионов при осаждении покрытий. Мы объясняем увеличение микротвердости тем, что с возрастанием интегрального потока увеличивается время осаждения покрытий, а, следовательно, и толщина нанесенного покрытия. Это приводит к возрастанию объемной доли упрочняющих фаз, и соответственно к возрастанию микротвердости модифицированной поверхности стали. Так же следует отметить, что при осаждении покрытий на сталь Ст3, 45, 40Х изменение микротвердости модифицированной поверхности превышает погрешность измерений. Это позволяет сделать предположение о возможности использования данных микротвердости для оперативного контроля при ионно-ассистированной модификации поверхности образцов.

©БРУ

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Ю. В. АНДРЕЙКИН, В. А. КЛИНДУХОВ, **А. А. АФАНАСЬЕВ, В. В. ПИСАРИК**

Measurement cleanness liquids and gases is important problem modern technological processes. Optoelectronic devices use for that measurement. High exactness have devices with combination etalon and measurement canals dispositional inside object control. Described structure and principle action that device

Ключевые слова: жидкость, взвесь, измерение концентрации, ослабление излучения

При изготовлении различных видов продукции используются жидкие среды, физико-химические параметры которых влияют как на качество конечного продукта, так и на экологическое состояние окружающей среды.

Контроль состояния жидких сред позволяют осуществлять фотометрические приборы. Достоверность получаемой информации во многом зависит от устройства и принципа работы их первичного оптико-электронного преобразователя (ОЭП).

Сравнительный анализ схем ОЭП показал, что в фотометрических приборах используются как одноканальные, так и двухканальные ОЭП. С целью использования достоинств одноканальных ОЭП, быстрой адаптации их к объекту контроля по чувствительности, повышению производительности измерений и точности разработана конструкция одноканального ОЭП с подвижным эталоном в измерительном канале, выполненным в форме оптического клина (см. *рисунок* 1).

Рис. 1 Параметры эталона, влияющие на результат измерения

Перемещая эталон в процессе измерений с равномерной скоростью v и выполняя измерения через одинаковые временные интервалы Δt, при постоянном конструктивном параметре эталона – угле α, параметр $\Delta L = L_{i+1} - L_i$ будет оставаться также неизменным.

При выполнении измерений будут формироваться сигналы

$$U_{ФПi} = \Phi_0 \cdot \tau_{ПЕР.ОС.} \cdot \tau_{КЖi} \cdot \tau_{Э} \cdot \tau_{ПР.ОС} \cdot S_{ФП} \text{ и}$$

$$U_{ФП(i+1)} = \Phi_0 \cdot \tau_{ПЕР.ОС.} \cdot \tau_{КЖ(i+1)} \cdot \tau_{Э} \cdot \tau_{ПР.ОС} \cdot S_{ФП},$$

где $\tau_{КЖi}$ и $\tau_{КЖ(i+1)}$ – коэффициенты пропускания контролируемой жидкости с толщиной просвечиваемого слоя $L_{ПРi} = L_1 - L_i$ и $L_{ПР(i+1)} = L_1 - L_{(i+1)}$ соответственно, Φ_0 – поток, генерируемый источником излучения; $\tau_{ПЕР.ОС}$ и $\tau_{ПР.ОС}$ – коэффициенты пропускания передающей и приемной оптических систем; $S_{ФП}$ – спектральная чувствительность фотоприемника, $\tau_{Э}$ – коэффициент пропускания эталона. Отношение сигналов

$$\frac{U_{ФПi}}{U_{ФП(i+1)}} = \frac{\Phi_0 \cdot \tau_{ПерОС} \cdot \tau_{КЖi} \cdot \tau_{Э} \cdot \tau_{ПрОС} \cdot S_{ФП}}{\Phi_0 \cdot \tau_{ПерОС} \cdot \tau_{КЖ(i+1)} \cdot \tau_{Э} \cdot \tau_{ПрОС} \cdot S_{ФП}} = \frac{\tau_{КЖi}}{\tau_{КЖ(i+1)}} = \tau_{КЖ}(\Delta L)$$

позволяет получить результат, зависящий только от оптических свойств объекта контроля.

© БГУ

УСТОЙЧИВОСТЬ ВЕКТОРНЫХ ДИСКРЕТНЫХ ЗАДАЧ С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ ПРИНЦИПОМ ОПТИМАЛЬНОСТИ

***С. Е. БУХТОЯРОВ*, В. А. ЕМЕЛИЧЕВ**

A number of parametric optimality principles are introduced and investigated for vector discrete optimization problems in different statements. Several types of stability of such problems are discussed. Formulas or estimations of stability radii have been obtained for each case

Ключевые слова: ситуация, оптимальная по Парето, по Слейтеру; ситуация равновесия по Нэшу; радиус устойчивости, сильной устойчивости, квазиустойчивости

1. Векторная линейная траекторная задача с совокупно-экстремальным принципом оптимальности

1.1. Устойчивость

Пусть на системе непустых подмножеств (траекторий) $T \subseteq 2^E \backslash \varnothing$, $|T|>1$, булеана множества $E=\{e_1, e_2, \ldots, e_m\}$, $m\geq 2$, задана векторная целевая функция $f(t, A)=(f_1(t, A), f_2(t, A), \ldots, f_n(t, A))$, $n\geq 1$, с линейными частными критериями (вида MINSUM)

$$f_i(t, A)= \sum_{j\in N(t)} a_{ij} \to \min_{t\in T}, \quad i \in N_n .$$

Здесь $A=[a_{ij}]_{n\times m} \in \mathbf{R}^{n\times m}$, $N_n=\{1, 2, \ldots, n\}$, $N(t)=\{j\in N_m : e_j\in t\}$.

В настоящем разделе под векторной (n-критериальной) линейной траекторной задачей $Z^n(A)$ будем понимать задачу поиска совокупно-экстремального множества (множества совокупно-экстремальных траекторий), которое определим традиционным образом [1]: $C^n(A)=\{t\in T : \exists i\in N_n\ (\pi_i(t, A)=\varnothing)\}$, где $\pi_i(t, A)=\{t'\in T : (f_i(t', A)\leq f_i(t, A))\}$, $i\in N_n$. Для любого натурального числа k в пространстве $\mathbf{R}^k$ будем использовать нормы l_∞ и l_1: $\|z\|_\infty=\max\ \{|z_i| : i\in N_k\}$, $\|z\|_1= \sum_{i\in N_k} |z_i|$, где $z=(z_1, z_2, .., z_k)\in\mathbf{R}^k$. Под нормой матрицы будем понимать норму вектора, составленного из ее элементов. Определим множество возмущающих матриц $\mathcal{B}(\varepsilon)=\{B\in\mathbf{R}^{n\times m}\} : \|B\|_\infty<\varepsilon\}$.

Радиусом устойчивости задачи $Z^n(A)$ назовем величину $\rho_1^n(A)=\sup Q_1$, если $Q_1\neq\varnothing$ и $\rho_1^n(A)=0$, если $Q_1=\varnothing$, где $Q_1=\{\varepsilon>0 : \forall B\in\mathcal{B}(\varepsilon)\ (C^n(A)\subseteq C^n(A+B))\}$.

Задача $Z^n(A)$ называется устойчивой, если $\rho_1^n(A)>0$. Задача $Z^n(A)$ называется нетривиальной, если множество $\overline{C^n}(A)=T\backslash C^n(A)\neq\varnothing$.

Теорема 1.1 Для радиуса устойчивости $\rho_1^n(A)$ векторной линейной траекторной нетривиальной задачи $Z^n(A)$, $n\geq 1$, справедлива формула

$$\rho_1^n = \min_{i\in N_n} \min_{t\in C^n(A)} \max_{t^0\in T\setminus\{t\}} \frac{f_i(t,A)-f_i(t^0,A)}{|(t\cup t^0)\setminus(t\cap t^0)|}$$

Следствие 1.1. Всякая задача $Z^n(A)$, $n\geq 1$, устойчива.

1.2. Сильная устойчивость

Радиусом сильной устойчивости задачи $Z^n(A)$ называется число $\rho_2^n(A)=\sup Q_2$, если $Q_2\neq\varnothing$ и $\rho_2^n(A)=0$, если $Q_2=\varnothing$. Здесь $Q_2=\{\varepsilon>0 : \forall B\in\mathcal{B}(\varepsilon)\ (C^n(A)\cap C^n(A+B)\neq\varnothing)\}$. Задача $Z^n(A)$ называется сильно устойчивой, если $\rho_2^n(A)>0$.

Теорема 1.2. Для радиуса сильной устойчивости $\rho_2^n(A)$ нетривиальной задачи $Z^n(A)$ справедливы оценки

$$\max_{t^0\in C^n(A)} \max_{i\in N_n} \min_{t\in C^n(A)} \frac{f_i(t,A)-f_i(t^0,A)}{|(t\cup t^0)\setminus(t\cap t^0)|} \leq \rho_2^n(A) \leq \min_{t\in C^n(A)} \max_{i\in N_n} \max_{t^0\in C^n(A)} \frac{f_i(t,A)-f_i(t^0,A)}{|(t\cup t^0)\setminus(t\cap t^0)|}$$

Следствие 1.2. Всякая задача $Z^n(A)$, $n\geq 1$, сильно устойчива.

2. Векторная линейная комбинаторная задача с обобщенным принципом оптимальности

Пусть $C=[c_{ij}]_{n\times m}\in\mathbf{R}^{n\times m}$, n, $m\in\mathbf{N}$, $X=\prod_{j=1}^{m} X_j$, т.е. X – множество m-векторов-столбцов, причем для каждого индекса $j\in N_m$ множество $X_j\subset\mathbf{R}$ – конечное и $|X_j|>1$. Пусть на прямом произведении X задан векторный критерий

$$f(x)=(f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x)) \to \min_{x\in X}$$

с линейными частными критериями $f_i(x)=C_i x$, $i\in N_n$. Здесь и далее нижний индекс у матрицы указывает на соответствующую строку этой матрицы, т.е. $C_i=(c_{i1}, c_{i2}, \ldots, c_{im})$; $x=(x_1, x_2, \ldots, x_m)^T$.

Пусть J – непустое подмножество множества N_m. Для любого вектора $x\in X$ введем вспомогательное прямое произведение множеств :

$$W(x, J)=\prod_{j\in N_n} W_j(x,J)$$

где $W_j(x, J)=X_j$ при $j\in J$ и $W_j(x, J)=\{x_j\}$ при $j\in N_m\setminus J$.

В этом разделе под векторной (n-критериальной) дискретной задачей будем понимать задачу $Z^n(C, J)$ поиска множества J-эффективных решений $Q^n(C, J)$, которое определим по формуле :

$$x\in Q^n(C, J) \Leftrightarrow x\in X \ \&\ \gamma(x, C, J)=\varnothing,$$

где $\gamma(x, C, J)=\{x'\in W(x, J) : Cx\geq Cx' \ \&\ Cx\neq Cx'\}$. Очевидно, что множество N_m-эффективных решений совпадает с множеством Парето (эффективных решений) [2].

Радиусом устойчивости задачи $Z^n(C, J)$ назовем число $\rho^n(C, J)=\sup F$, если $F\neq\varnothing$ и $\rho^n(C, J)=0$ в противном случае. Здесь $F=\{\varepsilon>0: \forall B\in\mathcal{B}(\varepsilon)\ (Q^n(C+B, J)\subseteq Q^n(C, J))\}$.

Задачу $Z^n(C, J)$ назовем устойчивой, если $\rho^n(C, J)>0$. Задача $Z^n(C, J)$ называется нетривиальной, если множество $\overline{Q^n}(C, J)=X\setminus Q^n(C, J)$ не пусто.

Теорема 2.1 Для радиуса устойчивости $\rho^n(C, J)$ нетривиальной задачи $Z^n(C, J)$, $n\geq 1$, справедливы оценки

$$\min_{x\in Q^n(C,J)} \max_{x'\in\gamma(x,C,J)} \min_{i\in N_n} \frac{C_i(x-x')}{\|x-x'\|_1} \leq \rho^n(C, J) \leq \|C(J)\|_\infty$$

Введем в рассмотрение проекцию множества J-эффективных решений на J:

$$pr_J\, Q^n(C, J)=\{x_j : x\in Q^n(C, J)\},$$

где x_j – проекция вектора $x=(x_1, x_2, \ldots, x_m)^T$ на J, т.е. $x_J=(x_{j_1}, x_{j_2}, \ldots, x_{j_{|J|}})^T$, $j_1<j_2<\ldots<j_{|J|}$, $J=\{j_1, j_2, \ldots, j_{|J|}\}$.

Теорема 2.2 Если $|pr_J\, Q^n(C, J)|=1$, то для радиуса устойчивости задачи $Z^n(C, J)$, $n\geq 1$, справедлива формула

$$\rho^n(C, J)=\min_{x\in X\setminus U(x^0, J)} \min_{i\in N_n} \frac{C_i(x-x^0[x])}{\|x-x^0[x]\|_1}$$

где $x^0=(x^0_1, x^0_2, \ldots, x^0_m)^T$ – любой элемент множества $Q^n(C, J)$; $U(x^0, J)=\{x\in X : x_j=x^0_j\}$; $x^0[x]=(v_1, v_2, \ldots, v_m)^T$; $v_j=x^0_j$ при $j\in J$; $v_j=x_j$ при $j\in N\setminus J$.

Следствие 2.1. Для того, чтобы при выполнении условий теоремы 2.2 задача $Z^n(C, J)$, $n\geq 2$, была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы выполнялось равенство $Q^n(C, J)=S^n(C, J)$.

Здесь $S^n(C, J)$ – множество Слейтера (множество слабо эффективных решений) [2], т.е. $S^n(C,J) = \{x\in X : \sigma(x, C, J)=\varnothing\}$, где $\sigma(x, C, J)=\{x'\in W(x, J) : C_ix>C_ix', i\in N_n\}$.

3. Векторная траекторная задача с параметрическим принципом оптимальнсти

3.1. Устойчивость

Для любого значения параметра $s\in N_n$ на множестве траекторий T введем бинарное отношение строгого предпочтения $\Omega^n_s(A)$ между траекториями согласно формуле

$$t\ \Omega^n_s(A)\ t' \Leftrightarrow [t, t', A]^+>(s-1)[t, t', A]^0+(n-1)[t, t', A]^-,$$

где $[t, t', A]^+ = |\{i\in N_n : f_i(t, A_i)-f_i(t', A_i)>0\}|$, $[t, t', A]^0 = |\{i\in N_n : f_i(t, A_i)-f_i(t', A_i)=0\}|$, $[t, t', A]^- = |\{i\in N_n : f_i(t, A_i)-f_i(t', A_i)<0\}|$.

Введенное бинарное отношение порождает множество $T^n_s(A)$ s-эффективных траекторий $T^n_s(A)=\{t\in T : T^n_s(t, A)=\varnothing\}$, где $T^n_s(t, A)=\{t'\in T : t\ \Omega^n_s(A)\ t'\}$. Векторную задачу поиска множества $T^n_s(A)$ будем обозначать через $Z^n_s(A)$.

Легко видеть, что множество $T^n_1(A)$ 1-эффективных траекторий совпадает с множеством Парето, а множество $T^n_n(A)$ n-эффективных траекторий – с множеством Слейтера [2].

3.1 Устойчивость

Радиусом устойчивости задачи $Z^n_s(A)$, $s\in N_n$, назвем число $\rho^n_s(A)=\sup R_1$, если $R_1\neq\varnothing$ и $\rho^n_s(A)=0$, если $R_1=\varnothing$. Здесь $R_1=\{\varepsilon>0 : \forall B\in\mathcal{B}(\varepsilon)\ (T^n_s(A)\supseteq T^n_s(A+B))\}$.

Задачу $Z^n_s(A)$ назовем устойчивой, если $\rho^n_s(A)>0$. Задачу $Z^n_s(A)$ будем называть нетривиальной, если $\overline{T^n_s}(A)=T\setminus T^n_s(A)\neq\varnothing$.

Теорема 3.1 При любых $n\geq 1$ и $s\in N_n$ радиус устойчивости $\rho^n_s(A)$ векторной нетривиальной траекторной задачи $Z^n_s(A)$ имеет вид

$$\rho^n_s(A)=\min_{t\in\overline{T^n_s}(A)}\ \max_{t'\in T^n_s(t,A)}\ \min_{i\in N_n}\ \frac{f_i(t,A_i)-f_i(t',A_i)}{|(t\cup t')\setminus(t\cap t')|}$$

*Следствие 3.1.*Нетривиальная задача $Z^n_s(A)$, $s\in N_{n-1}$, $n\geq 2$, устойчива в том и только в том случае, когда $T^n_s(A)=T^n_n(A)$.

3.2. Квазиустойчивость

Радиусом квазиустойчивости задачи $Z^n_s(A)$, $s\in N_n$, назывется число $r^n_s(A)=\sup \mathbf{R}_2$, если $\mathbf{R}_2\neq\varnothing$ и $r^n_s=0$, если $\mathbf{R}_2=\varnothing$. Здесь $\mathbf{R}_2=\{\varepsilon>0 : \forall B\in\mathcal{B}(\varepsilon)\ (T^n_s(A)\subseteq T^n_s(A+B))\}$.

Теорема 3.2. При любых $n\geq 1$ и $s\in N_n$ радиус квазиустойчивости $r^n_s(A)$ векторной траекторной задачи $Z^n_s(A)$ имеет вид

$$r^n_s(A)=\min_{t'\in T^n_s(A)}\ \min_{t\in T\setminus\{t'\}}\ \max_{i\in N_n}\ \frac{f_i(t,A_i)-f_i(t',A_i)}{|(t\cup t')\setminus(t\cap t')|}$$

В наших обозначениях традиционное множество Смейла, т.е. множество строго эффективных траекторий, задается следующим образом: $V^n(A)=\{t\in T : V(t, A)=\varnothing\}$, где $V(t, A)=\{t'\in T\setminus\{t\} : [t, t', A]^-=0\}$.

*Следствие 3.2.*Для любых индексов $s\in N_n$ и $n\geq 1$ задача $Z^n_s(A)$ квазиустойчива тогда и только тогда, когда $T^n_s(A)=V^n(A)$.

4 Векторная задача целочисленного линейного программирования с фиксированными доплатами

Пусть n – число критериев, m – число переменных, $C=[c_{ij}]\in\mathbf{R}^{n\times m}$, $D=[d_{ij}]\in\mathbf{R}^{n\times m}$, X – конечное множество в $\mathbf{Z}_+^m=\{z\in\mathbf{Z}^m : z_j\geq 0, j\in N_m\}$, причем $|X|>1$. На множестве (допустимых) решений X зададим векторный критерий

$$f(x, C, D)=(f_1(x, C_1, D_1), f_2(x, C_2, D_2), ..., f_n(x, C_n, D_n)) \to \min_{x\in X},$$

компонентами которого (частными критериями) являются линейные функционалы с фиксированными доплатами

$$f_i(x, C_i, D_i)=\sum_{j=1}^{m} c_{ij}(x_j),\ \ i\in N_n,$$

где $c_{ij}(x_j)=c_{ij}x_j+d_{ij}$, если $x_j>0$ и $c_{ij}(x_j)=0$, если $x_j=0$.

Всякому целочисленному вектору $x\in X$ поставим в соответствие булевый вектор $\tilde{x}\in\mathbf{E}^n$ с компонентами $\tilde{x}_j=1$, если $x_j>0$ и $\tilde{x}_j=0$, если $x_j=0$. Тогда $f(x, C, D)= Cx+D\tilde{x}$, где $x=(x_1, x_2, \ldots, x_m)^T$, $\tilde{x}=(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \ldots, \tilde{x}_m)^T$.

В настоящем контексте под векторной (n-критериальной) задачей $Z^n(C, D)$ с фиксированными доплатами будем понимать задачу нахождения множества Парето (множества эффективных решений) $P^n(C, D)=\{x\in X : \pi(x, C, D)=\varnothing\}$, где $\pi(x, C, D)=\{x'\in X : f(x, C, D)-f(x', C, D)\geq 0_(n), f(x, C, D)-f(x', C, D)\neq 0_{(n)}\}$, $0_{(n)}=(0, 0, \ldots, 0)\in\mathbf{R}^n$.

Радиусом устойчивости задачи $Z^n(C, D)$ назовем число $\rho^n(C, D)=\sup H$, если $H\neq\varnothing$ и $\rho^n(C, D)=0$ в противном случае. Здесь $H=\{\varepsilon>0 : \forall(C', D')\in\mathcal{B}(\varepsilon)\ (P^n(C+C', D+D')\subseteq P^n(C, D))\}$. Задачу $Z^n(C, D)$ назовем нетривиальной, если множество $\overline{P^n}(C, D)=X\backslash P^n(C, D)$ не пусто.

Теорема 4.1 Для радиуса устойчивости $\rho^n(C, D)$ нетривиальной векторной задачи $Z^n(C, D)$, $n\geq 1$, справедливы оценки

$$\min_{x\in\overline{P^n}(C,D)}\ \max_{x'\in\pi(x,C,D)}\ \min_{i\in N_n}\ \frac{f_i(x,C_i,D_i)-f_i(x',C_i,D_i)}{\|x-x'\|_1+\|\tilde{x}-\tilde{x}'\|_1}\leq\rho^n(C, D)\leq\max\{\|C\|_\infty, \|D\|_\infty\}$$

Теорема 4.2 Если множество Парето $P^n(C, D)=\{x^0\}$, то для радиуса устойчивости задачи $Z^n(C, D)$, $n\geq 1$, справедлива формула

$$\rho^n(C, D)=\min_{x\in X\backslash\{x^0\}}\ \min_{i\in N_n}\ \frac{f_i(x,C_i,D_i)-f_i(x^0,C_i,D_i)}{\|x-x^0\|_1+\|\tilde{x}-\tilde{x}^0\|_1}$$

5. Векторная задача в теоретико-игровой постановке

Рассмотрим конечную игру в нормальной форме [3].

Пусть $X\subset\mathbf{R}$ – конечное множество (чистых) стратегий игрока $i\in N_n$, $n\geq 2$, $f_i(x)=C_ix$ – функция выигрыша игрока i, определенная на множестве ситуаций игры $X=\prod_{j=1}^{n}X_i$, $|X_i|>1$. Здесь, как и прежде, C_i – i-я строка матрицы $C=(c_{ij})_{n\times n}\in\mathbf{R}^{nn}$, $x=(x_1, x_2, \ldots, x_n)^T$, $x_i\in X_i$, $i\in N_n$. Игра в нормальной форме состоит в том, что игроки, используя некоторые отношения предпочтения, выбирают свои стратегии x_i из множеств X_i, $i\in N_n$, в результате чего формируется ситуация $x=(x_1, x_2, \ldots, x_n)$. После этого каждый игрок i получает выигрыш $f_i(x)$. На этом игра заканчивается. Любую такую игру будем называть игрой с матрицей C.

Пусть $s\in N_n$, $N_n=\bigcup_{r\in N_s}J_r$ – разбиение множества N_n на s коалиций, т.е. $J_r\neq\varnothing$, $r\in N_s$; $p\neq q\Rightarrow J_p\cap J_q=\varnothing$. Для этого разбиения введем множество $(J_1, J_2, \ldots, J_s)$-эффективных ситуаций игры с матрицей C согласно формуле

$$x\in Q^n(C, J_1, J_2, \ldots, J_s)\Leftrightarrow x\in X\ \&\ \forall r\in N_n\ (\xi(x, C, J_r)=\varnothing,$$

где $\xi(x, C, J_r)=\{x'\in W(x, J_r) : Cx\leq Cx'\ \&\ Cx\neq Cx'\}$.

Очевидно, что любая N_n-эффективная ситуация (все игроки образуют одну коалицию) является эффективной, т.е. элементом множества Парето [2], а $(\{1\}, \{2\}, \ldots, \{n\})$-эффективная (индивидуально-эффективная) ситуация – ситуацией равновесия по Нэшу (или равновесной) [3].

Радиусом устойчивости $(J_1, J_2, \ldots, J_s)$-эффективной ситуации $x\in Q^n(C, J_1, J_2, \ldots, J_s)$ назовем число $\rho^n(x, C, J_1, J_2, \ldots, J_s)=\sup K$, если $K\neq\varnothing$ и $\rho^n(x, C, J_1, J_2, \ldots, J_s)=0$ в противном случае. Здесь $K=\{\varepsilon>0 : \forall C'\in\mathcal{B}(\varepsilon)\ (x\in Q^n(C+C', J_1, J_2, \ldots, J_s))\}$.

Теорема 5.1 Пусть $C \in \mathbf{R}^{nn}$, $s \in N_n$, $n \geq 2$. Для радиуса устойчивости $(J_1, J_2, \ldots, J_s)$-эффективной ситуации $x \in Q^n(C, J_1, J_2, \ldots, J_s)$ игры с матрицей C справедлива формула

$$\rho^n(x, C, J_1, J_2, \ldots, J_s) = \min_{r \in N_s} \min_{x' \in W(x, J_r) \setminus \{x\}} \max_{i \in N_n} \frac{C_i(x - x')}{\| x - x' \|_1}.$$

Литература

1. *Шоломов Л. А.* Логические методы исследования дискретных моделей выбора. М. 1989
2. *Подиновский В. В., Ногин В. Д.* Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М. Наука. 1982
3. *Нэш Дж.* Бескоалиционные игры. В кн. Матричные игры. М. Физматгиз. 1961. С. 205–221

©БГТУ

ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ ВДОЛЬ ЦЕПОЧКИ ЧАСТИЦ

***С. В. ДУБИНИН*, В. С. ВИХРЕНКО**

The chain of particles with nonlinear interactions is considered. The interaction of the system with the environment is modeled by self-sustained oscillation systems located at the ends of the system. The temperature distribution along the chain, the energy flow and vibrational amplitudes of some particles are investigated

Ключевые слова: теплопроводность, одномерная система, автоколебания, нелинейные взаимодействия

Закон теплопроводности Фурье находит широкое применение в разрешении различных технических проблем. Возможно его применение и для квазиодномерных систем при исследовании процессов энергопереноса [1]. Альтернативным подходом к решению задач теплопроводности в одномерных системах является компьютерное моделирование этого неравновесного процесса. В этом случае часто рассматривают стационарное состояние системы взаимодействующих частиц, поддерживаемое с помощью термостатов, расположенных на ее границах. В качестве термостатов можно использовать автоколебательные подсистемы.

Взаимодействия межчастичные и с подложкой осуществляются посредством линейных упругих связей жесткости c и c_1 соответственно, а также посредством нелинейных кубических сил, характеризующихся коэффициентом χ. Взаимодействие с термостатами моделируется введением в уравнения движения нулевой и n-й частиц двух дополнительных членов, один из которых имитирует отрицательную вязкость (коэффициенты μ_0 и μ_n), а второй представляет собою силы сопротивления, кубические по скоростям (коэффициенты γ_0 и γ_n).

Состояние моделируемой системы характеризуется восемью размерными параметрами c, c_1, μ_0, μ_n, γ_0, γ_n, χ, m, четыре из которых (μ_0, μ_n, γ_0, γ_n) описывают взаимодействие системы с окружающей средой. Удобно перейти к безразмерным уравнениям движения, что позволяет описать состояние системы с помощью пяти безразмерных параметров: $\alpha_1 = c_1/c$, $\alpha_2 = \mu_0/\mu_n$, $\alpha_3 = \gamma_0/\gamma_n$, $\alpha_4 = cm/\mu_0^2$, $\alpha_5 = \chi\lambda^2/c$, а переход к размерным величинам может быть осуществлен на основе теории подобия и размерностей [2].

Система дифференциальных уравнений движения нелинейна, поэтому интегрирование выполнено численно в среде MatLab [3]. В качестве исследуемых характеристик выступают потоки энергии, средние квадраты скоростей, амплитуды, периоды и фазы колебаний отдельных тел системы. В начальный момент возбуждалась лишь нулевая частица, а остальные находились в покое. В поведении системы четко прослеживаются два исходных периода, в течение которых возмущение сначала достигает правого конца, а затем отраженная волна возвращается к левому концу.

Важную роль играет параметр α_5, отражающий влияние нелинейных межчастичных взаимодействий на перенос энергии. При увеличении этого параметра характер распределения средней кинетической энергии частиц вдоль системы существенно отличается от случая отсутствия нелинейного взаимодействия. Появляется значительный градиент температуры и исчезают признаки периодических вариаций среднеквадратичных скоростей.

Численные оценки коэффициента теплопроводности цепочки показали, что при $\alpha_5 = 0$ он сопоставим со значением этого коэффициента для алмаза, кристаллы которого характеризуются низкими уровнями дефектности и ангармоничности. Введение нелинейных межчастичных взаимодействий приводит к значительному уменьшению коэффициента теплопроводности.

Литература

1. *Lepri S., Livi R., Politi R.* // Phys. Reps. 2003. P. 1–80.
2. *Седов Л. И.* Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1967.
3. *Дьяконов В.П.* MatLab: Учебный курс. СПб: ПИТЕР, 2001.

©БрГУ

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ ПЕРОВСКИТАХ

А. С. ПОТУЖНЫЙ, **И. И. МАКОЕД**

Multiferroic magnetoelectrics are materials, which show both ferromagnetism and ferroelectricty in the same phase. Polycrystalline samples of $La_xBi_{1-x}FeO_3$ were prepared by standard solid state reaction technique with x = 0.00, 0.03, 0.06, 0.10, 0.20, 0.50 and 1.00. XRD patterns of these samples were analyzed using Rietveld refinement. Further these samples were characterized by IR technique to understand the aspect of bonding in $BiFeO_3$. The dielectric permittivity (ε) and dissipation factor (tan δ) were measured as a function of frequency in the range 100Hz–1MHz at room temperature. The anomalous behavior in case of x=0 has been observed as a function of temperature near 700 K, which is associated with antiferromagnetic transition. The band structure and valence charge density maps of the $La_xBi_{1-x}FeO_3$ have been calculated using fully self-consistent density functional method within LDA+U approximation

Ключевые слова: перовскит, диэлектрические функции, зонная структура

Современное развитие микро- и оптоэлектроники требует создания новых материалов с широким диапазоном физических свойств. Высокочувствительные образцы системы $La_xBi_{1-x}FeO_3$ (x= 0.00, 0.03, 0.06, 0.10, 0.20, 0.50, 1.00) представляют собой класс соединений, сочетающих магнитное и сегнетоэлектрическое упорядочение [1, 2]. Это позволяет строить на их основе датчики слабых магнитных полей и токов. Возможно создание устройств для визуализации дефектов в магнитных и немагнитных металлических изделиях, считывания информации с магнитного носителя, выявления подлинности ценных бумаг.

Целью работы является синтез, изучение кристаллической структуры, диэлектрических и магнитных свойств объемных и тонкопленочных образцов системы $La_{1-x}Bi_xFeO_3$, сравнение экспериментальных результатов исследования электрических свойств образцов с данными теоретических вычислений зонной структуры и плотности электронных состояний.

Разработана методика и синтезированы поликристаллы и тонкие пленки $La_xBi_{1-x}FeO_3$. Выполнены измерения магнитных и диэлектрических характеристик в широком интервале температур и частот. В рамках теории функционала плотности проведен последовательный самосогласованный расчет зонной структуры и плотности электронных состояний.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Результаты исследований магнитных характеристик показывают, что образцы с лантаном обладают антиферромагнитными свойствами. Полученные данные указывают на возрастание с увеличением концентрации катионов лантана величины эффективного магнитного момента от 0,034 (x=0,03) до 0.100 (x=1,00) при температуре 77К. Точка Нееля возрастает от 643К (x=0,00) до 740К (x=1,00).
2. Температурные исследования зависимости величины магнитной восприимчивости и проводимости указывают возможность влияния магнитного упорядочения на диэлектрические свойства образцов на основе оксида висмута вблизи температуры Нееля.
3. Оптические функции образцов $La_xBi_{1-x}FeO_3$ в области решеточных резонансов имеют вид, характерный слабопроводящим кристаллам с преимущественно ионным типом химической связи. Величина электронной диэлектрической проницаемости составляет 5 единиц в феррите висмута и уменьшается с ростом концентрации катионов лантана. Результаты анализа диэлектрических свойств позволяют выполнять моделирование диэлектрических функций суммой квазигармонических осцилляторов.
4. Экспериментальное значение оптической ширины запрещенной зоны ромбоэдрического $BiFeO_3$ (2,25 эВ), определенное в модели прямых переходов близко к теоретически рассчитанной величине (2,32 эВ).

© БГУ

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗА И БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5, ПОДВЕРГНУТЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ КОМПРЕССИОННЫХ ПОТОКОВ АЗОТНОЙ ПЛАЗМЫ

Ю. В. СВЕШНИКОВ, *Е. К. СТАЛЬМОШЕНОК,* **В. В. УГЛОВ**

The interaction of a dense compressive nitrogen plasma flow with iron and high-speed steel specimens have been investigated. The flows were generated by a magnetoplasma compressor, in which the acceleration of a plasma is accompanied with its compression due to interaction between longitudinal constituent of electric current and intrinsic azimuth magnetic field. Investigations of an iron and steel surface structure, and its phase and elemental composition, using X-ray diagnostic, scanning electron microscopy, Auger electron spectroscopy were carried out. Mechanical properties of iron and high-speed steel such as microhardness and wear resistance were investigated. Mechanisms of struc-

tural and phase changes in iron and steel and their dependence on energetic parameters of incident plasma flow are discussed. Possible mechanisms of structure modification of iron and steel surface and near surface layers are considered

Ключевые слова: магнитоплазменный компрессор, железо, быстрорежущая сталь, микроструктура

1. Введение

В последнее время широкое распространение получили различные методы модификации материалов, связанные с использованием концентрированных потоков энергии [1,2]. Модификация происходит, в основном, за счет нагревания приповерхностной области до температуры выше точки плавления с последующим быстрым охлаждением, что приводит к перекристаллизации поверхностного слоя. Возникающие в результате воздействия поля ударной волны термоупругие напряжения приводят к модификации свойств поверхностного слоя: упрочнению, увеличению износостойкости, улучшению коррозионной стойкости и др.

Целью данной работы являлся анализ микроструктуры, фазового и элементного состава, механических свойств приповерхностных слоев образцов железа и быстрорежущей стали Р6М5, подвергнутых воздействию компрессионных потоков плазмы азота. Также изучалась зависимость основных физических характеристик материалов от варьирования параметров набегающего плазменного потока.

2. Методика эксперимента

Экспериментальные исследования по воздействию компрессионных потоков различной мощности на образцы из железа проводили с газоразрядным МПК компактной геометрии, энергия конденсаторной батареи которого составляет 9,6 кДж (C_0 = 1200 мкФ, U_0 = 4 кВ). Эксперименты проводили в режиме остаточного газа, при котором предварительно откачанная вакуумная камера МПК заполняется рабочим газом (азотом) до заданного давления, равного 400 Па. Длительность разряда в МПК составляет 100 мкс. Амплитудное значение разрядного тока в условиях экспериментов достигает 70 кА. Скорость плазменных образований генерируемого компрессионного потока составляет $(5–6)\cdot10^6$ см/с, концентрация электронов плазмы – $(2–3)\cdot10^{17}$ см$^{-3}$, а ее температура – 2–3 эВ [3,4]. Плотность мощности компрессионного потока, определенную калориметрическим методом непосредственно на поверхности образца, задавали в пределах $4\cdot10^4 – 5\cdot10^4$ Вт/см^2. Фазовый состав и кристаллическую структуру исследовали с помощью дифрактометра общего назначения ДРОН-3 с фокусировкой по Брэггу-Брентано в медном излучении. Оже-спектры получали на приборе PHI-660 фирмы Perkin Elmer. Для качественного и подробного металлографического исследования воздействия компрессионных плазменных потоков на поверхность и приповерхностные слои использовался оптический микроскоп «Neophot 21».

Результаты экспериментов

Методами диагностики приповерхностных слоев обработанных образцов установлено, что взаимодействие компрессионного плазменного потока с поверхностью материалов ведет к существенным структурно-фазовым превращениям, изменению элементного состава. Данные оже-электронной спектроскопии свидетельствуют о легировании азотом поверхностного слоя. В железе концентрация азота достигает 20 атомных процентов, что соответствует эвтектоидному составу. Уменьшение поверхностной концентрации азота с увеличением мощности обусловлено дополнительным «сносом» формирующихся слоев набегающим потоком (*рис. 1,а*). В стали содержание азота достигает 30 атомных процентов, что может приводить к замещению атомов углерода атомами азота в кристаллической решетке карбида ванадия (*рис. 1,б*).

Методом оптической микроскопии выявлено, что в результате плазменного воздействия у поверхности железа формируется модифицированный слой, толщина которого достигает при обработке с максимальной плотностью энергии плазменной струи 100 мкм. В модифицированном слое можно выделить 3 зоны: 1 – зона оплавления с равноосными зернами размером ~3 мкм дисперсной мартенситной структуры; зона 2 — зона столбчатых кристаллов, ориентированных в направлении теплоотвода, мартенситной, аустенитной и нитридной фазовых составляющих; переходная зона – зона равноосных зерен исходно й фер ритной и нитридной составляющих (*рис. 2*). Установлено, что с увеличением количества импульсов обработки (общей энергии, подводимой к мишени) возрастает дисперсность фазовых составляющих модифицированного слоя без изменения величины слоя (*рис 2,б,в,г*).

С помощью растровой электронной микроскопии установлено, что после плазменной обработки с плотностью энергии Q свыше 6,5 Дж/см^2 в поверхностном слое быстрорежущей стали толщиной 6 мкм происходит полное растворение карбидов $(Fe, Cr)_3(W, Mo)_3C$ и частичное растворение карбидов VC (*рис. 3*). *На рис.3, г* видно, что размеры и объемная доля фазы карбида ванадия в модифицированном слое увеличиваются с ростом глубины залегания. Растворение карбидов обуславливает легирование азотистого аустенита атомами вольфрама, молибдена, хрома и ванадия.

*Рис. 1.*Концентрационные профили распределения по глубине: *А* азота в образцах железа, обработанных с плотностью мощности $4 10^4$ Вт/см^2 (*1*) и $5 10^4$ Вт/см^2 (*2*); *б* азота и углерода в образцах стали

Рис. 2 Микроструктура модифицированного слоя образцов железа, обработанных различным числом импульсов (n) азотной плазмы: *а*) исходный образец, *б*) *n*=1, *в*) *n*=5, *г*) *n*=10

Механические свойства коррелируют с результатами металлографического анализа. С увеличением количества импульсов микротвердость поверхности железа увеличивается, что является следствием увеличения дисперсности. Микротвердость стали после обработки падает, что является следствием растворения карбидов. У всех образцов отмечено значительное увеличение износостойкости.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что взаимодействие компрессионного плазменного потока с поверхностью железа и быстрорежущей стали ведет к оплавлению поверхности, формированию модифицированного слоя, легированию приповерхностного слоя азотом, формированию новых фаз – твердых растворов и нитридов систем Fe–N для железа и Fe–C–N для стали. Кроме того выявлена существенная зависимость микроструктуры, механических свойств, фазового и элементного состава от параметров набегающего плазменного потока.

Литература

1. *Rocha A.daS., Strohaecker T., Hirsch T.* // Surf. Coat. Techn. – 2003. – Vol. 165. – P. 176–185.
2. *Ivanov Yu., Matz W., Rotshtein V., Gunzel R., Shevchenko N.* // Surf. Coat. Techn. – 2002. – Vol. 150. – P. 188–198.
3. *Асташинский В. М., Ефремов В. В., Костюкевич Е. А.* и др. // Физика плазмы, 1991. Т.17, с. 1111–1115.
4. *Асташинский В. М., Баканович Г. И., Костюкевич Е. А.* и др. // ЖПС, 1989. Т.50, с. 887–891.

Рис. 3 РЭМ изображения поперечного сечения быстрорежущей стали, обработанной одним импульсом азотной плазмы: *а, б* – Q=5 Дж/см^2/импульс; в,г – Q=10 Дж/см^2/импульс.

©БГУ

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ДАННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

***М. С. ТИВАНОВ*, Н. А. ДРОЗДОВ**

An algorithm for the calculation of solar cell parameters (series and parallel resistance, diode coefficient, reverse current density) from its current-voltage characteristics at fixed illumination intensity is proposed. The possibility to determine the p-n junction depth on the basis of spectral dependences of diode photocurrent at different values of the applied bias voltage is shown

Ключевые слова: солнечный элемент, световая вольт-амперная характеристика, спектральная характеристика, параметры солнечных элементов

Повышение эффективности преобразования световой энергии солнечными элементами (СЭ) является одной из насущных задач солнечной энергетики. В свою очередь, эффективность преобразования определяется рядом параметров: последовательным и параллельным сопротивлением элемента, плотностью тока насыщения диода, диодным коэффициентом и некоторыми другими. В связи с этим, существенное значение имеет задача контроля и оптимизации этих параметров при серийном производстве солнечных элементов.

Проведенный анализ существующих методов определения параметров СЭ с учетом их достоинств, недостатков и ограничений в применении показал, что одни из них являются разрушающими, другие не в полной мере отвечают специфике решаемой проблемы.

Нами предложен достаточно простой способ определения некоторых параметров (последовательного и параллельного сопротивлений, плотности тока насыщения диода, диодного коэффициента) и КПД СЭ, базирующийся на теоретическом анализе экспериментально измеренной световой (нагрузочной) вольт-амперной характеристики (ВАХ) при фиксированных значениях интенсивности облучения и температуры. Оговорены границы применимости предлагаемого метода. Значения параметров СЭ, рассчитанные из экспериментальных данных с помощью предложенного метода, достаточно хорошо соответствуют паспортным данным тестовых образцов СЭ. Ограничением данного метода является его непригодность при исследовании СЭ, имеющих низкие значения сопротивления утечки, а также в случае применения концентраторов солнечного излучения.

Теоретически обоснован новый метод неразрушающей оценки рекомбинационных параметров неосновных носителей заряда и глубины залегания *n-p*-перехода на основе измерений спектральных

зависимостей фототока при различных значениях электрического напряжения смещения. Предлагаемый способ учитывает основные технологические и конструкционные особенности современных серийно выпускаемых СЭ (высокий уровень легирования фронтальной области, равномерное распределение легирующей примеси в базе, малая глубина залегания *n-p*-перехода (порядка 0.5 мкм)).

В качестве дальнейшего развития работы предполагается создание автоматизированного комплекса на основе предложенных алгоритмов, позволяющего рассчитывать характеристики СЭ из данных фотоэлектрических измерений.

Практическое внедрение результатов работы позволит оптимизировать и усовершенствовать технологический процесс изготовления СЭ, что должно привести к снижению себестоимости «солнечного электричества» за счет повышения эффективности преобразования энергии СЭ.

© ГГУ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПЛЕНОК НА ГРАФИТОВОЙ ШИХТЕ МЕТОДОМ ИОННО-ЛУЧЕВОГО И ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА

***А. Е. ШЕРШНЕВ*, С. В. ШАЛУПАЕВ**

In work the data of results of industrial tests of synthesis of artificial diamonds from the graphite powder, modified by introduction crystal germs of a diamond phase are analyzed

Ключевые слова: алмазоподобные пленки, синтез алмазов

Алмазоподобные углеродные пленки названы благодаря сходству их макроскопических свойств (показатель преломления, прозрачность в ИК диапазоне, твердость, электрическое сопротивление, химическая стойкость) с перечисленными свойствами алмаза. Однако исследование микроскопических свойств этих пленок выявило ряд существенных отличий от свойств алмаза, что связано с гетерофазной структурой пленок.

Отличительной особенностью углеродных пленок является сильная изменчивость свойств под влиянием условий осаждения. Оптимизацией условий удается получить пленки с уникальной совокупностью высоких механических, электрических, оптических свойств, открывающих широкие перспективы для их технического применения, в том числе и в оптическом приборостроении. Однако оценка результатов, достигнутых в этом направлении, показывает, что применение алмазоподобных пленок в качестве покрытий различного назначения весьма ограничено и на исходе третьего десятилетия от начала интенсивного исследования этого материала он все еще остается многообещающим кандидатом для различных областей применения. В данной работе рассматривается напыление алмазоподобных на графитовую шихту для повышения выхода годного сырья в процессе синтеза искусственных алмазов [1, с. 30; 2, с. 47; 3, с. 15].

Предлагается метод вакуумного комбинированного лазерного и ионно-лучевого напыления алмазоподобных углеродных пленок на порошок графита.

Внедрение алмазоподобной фазы в шихту для синтеза искусственных алмазов осуществляется по схеме, представленной на *рисунке 1* с графитовой мишенью.

Методы ионно-лучевого синтеза и лазерного напыления позволяют получать углеродные пленки, по своим оптическим и механическим свойствам близкие к свойствам алмаза, что позволяет применять подобные покрытия в различных областях науки и техники. Однако они не лишены некоторых недостатков. В случае ионно-лучевого синтеза полученные пленки имеют большие внутренние напряжения и в них присутствует значительное количество аллотропных видоизменений углерода с sp, sp^2 гибридизацией, а связи sp^3, характерные для алмаза, наблюдаются в малых количествах, хотя пленки имеют высокую микротвердость и хорошее пропускание в видимой и ИК областях спектра. В случае импульсного лазерного напыления в конденсирующейся пленке наряду с алмазной структурой присутствует некоторое количество аморфного углерода и графита из-за осаждения на поверхность подложки низкоэнергетичной части лазерного эрозионного факела (ЛЭФ) после разрушения термализованной области. Следовательно, оба метода хотя и позволяют получать алмазоподобные пленки (АПП) приемлемого качества, однако их применение ограничено перечисленными выше недостатками. Для преодоления недостатков перечисленных методов формирования АПП предложен метод комбинированного нанесения пленок, сочетающий в себе ионно-лучевую и лазерную технологии.

Суть названного метода заключается в том, что графитовая мишень находится в сердечнике низкоэнергетического ионного источника, выполненного по схеме торцевого холловского ускорителя с открытым анодным слоем, позволяющего формировать пучок ионов о энергией (40 ÷ 200) эВ и имеющего угол разлета ионов (140÷160)°.

ЛЭФ начинает формироваться в ионном источнике. В такой комбинации энергия высокоэнергетичной части ЛЭФ остается практически неизменной, так как она сильно превышает энергию частиц, формируемых в ионном источнике. Для сравнения: энергия высокоэнергетичной ионной компоненты ЛЭФ составляет порядка 340 эВ, а наибольшая энергия ионов, формируемых в ионном источнике при

анодном напряжении 150 В, составляет (150÷200) эВ. Однако основная масса низкоэнергетичной (порядка 10 эВ) нейтральной компоненты ЛЭФ ионизируется и ускоряется до энергий ~ (60÷100) эВ. Поскольку время жизни ЛЭФ ограничено и составляет ~(1,5÷1,8)мс, то для поддержания разряда в ионном источнике в него задувается нейтральный газ Ar. Это позволяет поддерживать разряд ионного источника. Ионный источник также вносит определенные изменения в геометрию ЛЭФ, который формируется в ионном источнике. Поскольку ионный источник формирует большой угол разлета ионов, то это приводит к тому, что эрозионный факел, находясь под воздействием поля источника, увеличивает свои геометрические размеры. Этот факт хорошо подтверждается экспериментальными данными. Размер пятна продуктов эрозии ЛЭФ в комбинированном методе в два раза превышает размеры пятна, полученного лазером с той же плотностью мощности без ионного источника.

Таким образом использование комбинированного метода позволило увеличить энергию низкоэнергетичной части ЛЭФ и ионизировать нейтральную компоненту частиц ЛЭФ, что в свою очередь должно продлить время жизни термализованной области и, следовательно, улучшить качество получаемой алмазоподобной пленки, хотя в общем механизм формирования АПП остается таким же, как и при осаждении алмазоподобных пленок из лазерного эрозионного факела.

Применение комбинированного метода для нанесения АПП позволит получить пленки с меньшим содержанием аллотропных модификаций углерода и содержанием sp и sp^2 связей, значительно увеличить площадь напыляемой поверхности по сравнению с напылением из чистого ЛЭФ, а также увеличить скорость напыления АПП при использовании в ионном источнике углеродсодержащих газов.

Обработка компонент реакционной шихты производится на установке представленной на *рисунке 1*. В камере вакуумной установки ВУ-1А (1), оборудованной лазером ГОС-1001 (2) с системой фокусировки (3, 4), установлен ионный источник типа «АИДА» (5). Мишень (6), выполненную в виде таблетки графита, помещенную в ионный источник, обеспечивающий угол разлета плазмы 120°÷140° и энергию ионов (100÷200) эВ, дополнительно подвергают воздействию лазерного излучения, что значительно повышает скорости обработки компонент шихты и увеличивает верхний порог энергии ионов на 1–2 порядка. Компоненты шихты, представляющие собой порошок графита (7), помещают в специальную емкость (8) под ионным источником. Для обеспечения обработки больших объемов компонент шихты в едином технологическом цикле предусмотрено устройство (9) для его постоянного механического перемешивания. Контроль напыления осуществляется с помощью оптического микроскопа, после разгерметизации камеры.

Механическое перемешивание порошка графита допустимо, но нежелательно, т.к. приводит к дроблению графитовых чешуек [4, с. 41]. По этой причине разрабатывается способ перемешивания порошка реакционного графита путем организации процесса «псевдокипения», основанного на одновременном воздействии механической вибрации и газовых потоков. Схема экспериментальной установки для организации процесса псевдокипения представлена на *рисунке 2*.

Такая организация перемешивания порошка графита в процессе обработки в вакууме имеет преимущества по отношению к механическому перемешиванию. Специальная геометрия перегородки 3 позволяет создавать некое подобие циркуляционных потоков в жидкости. Основной недостаток предлагаемой конструкции связан с необходимостью использования газа (в качестве которого предлагается использовать инертный газ аргон, являющийся рабочим газом ионного источника) в условиях вакуума.

Анализ влияния нанесения углеродной алмазоподобной пленки на поверхность графитовых чешуек на этапе подготовки реакционной шихты на увеличение выхода реакции синтеза искусственных алмазов проводился в условиях заводского производства искусственных алмазов на ЗАИ РАУП «Гомельское ПО «Кристалл». Шихтой снаряжали аппараты высокого давления, работающие на одном пресс-станке, с неизменными условиями синтеза (давление, ток электроразряда). Для чистоты экспе-

Рис. 1. Установка для напыления АПП

Рис. 2. Узел организации «псевдокипения» порошка графита 1–взвешенный порошок; 2– сетка специальной геометрии; 3– ввод аргона; 4, 5 – виброузел

римента синтез из обработанной шихты чередовали с синтезом из шихты, приготовленной традиционным образом. Экспериментальные данные по результатам синтеза приведены в *таблицах 1, 2.*

Таким образом, проведенные исследования подтвердили, что формирование углеродной алмазоподобной пленки на компонентах реакционной шихты положительно влияет на степень превращения графита в алмаз. Вакуумное осаждение алмазоподобной углеродной пленки на поверхность чешуек реакционной шихты позволяет создать химический контакт между графитом и наноразмерными зародышами алмазной фазы на этапе подготовки шихты, а также между металлом-катализатором и зародышами алмазной фазы, что ведет к увеличению эффективного времени реакции и, соответственно, увеличению выхода реакции синтеза искусственных алмазов, а также улучшению качественного состава продуктов синтеза. Кроме того, обработка порошка графита в вакууме, которая сопровождается ионно-лучевой бомбардировкой и нагреванием приводит к эффективному обезгаживанию графитовых чешуек и увеличению прессуемости шихты, что ведет к увеличению выхода искусственных алмазов с одного пресс-нагружения.

Таблица 1. **Результаты реакции синтеза искусственных алмазов из модифицированных компонент шихты**

Масса продукта синтеза, грамм	Извлечено алмазного сырья, карат	Удельное содержание алмазного сырья в грамме продукта синтеза, карат/г	Выход алмазного сырья с одного пресснагружения, карат
1820	2445	1,34	4,99

*Нормативная величина удельного содержания алмазного сырья в грамме продукта синтеза – 1,25 карата; нормативная величина выхода алмазного сырья с одного пресс-нагружения – 4,5 карата

Таблица 2. **Ситовая классификация и выборочная проверка статической прочности полученных алмазных порошков до овализации**

Зернистость алмазного порошка, мкм	Процентное отношение в алмазном сырье, %	Прочность алмазного порошка, Н	Марка алмазного порошка
+250	4,1	——	——
250/200	3,6	——	——
200/160	7,4	——	——
160/125	7,9	——	——
125/100	12,9	5,0	АС4
Итого крупного 35,9			
100/80	14,7	4,0 Н	АС4
80/63	16,7	4,5 Н	АС 6
63/50	11,9	4,1Н	АС 6
50/40	9,5	——	——
–40	11,3	——	——

Литература

1. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3 т. / Редкол. : *Новиков Н. В.* (отв. ред.). и др.– Киев : Наукова думка, 1986. – Т.2. Применение сверхтвердых материалов.– 253 с.
2. *Тхагапсоев Х. Г., Беров З. Ж., Гоов А. А.* Металлизация природного алмаза катодным распылением // Синтетические алмазы.– 1976.- №6.– С.47.
3. Межфазные и каппилярные явления в процессе синтеза алмазов при высоких давлениях в присутствии металлических расплавов / *Ю. В. Найдич, О. Б. Логинова, В. М. Перевертайло, А. А. Шульженко* // Адгезия расплавов и пайка материалов – 1981.– Вып. 7. – С. 12–20.
4. Субструктура и свойства поликристаллических алмазов в зависимости от термодинамических параметров спекания / *Ю. А. Кочержинский и др.*// Влияние высокого давления на структуру и свойства материалов.– Киев: ИСМ АН УССР, 1983. С. 39–43.

©БГУ

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИСКРЕТНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ДЛИННОЙ ПАМЯТЬЮ

***А. Н. ЯРМОЛА*, Ю. С. ХАРИН**

This paper introduces a new method for the statistical estimation of the Mixture Transition Distribution model (MTD). Properties of this method are studied

Ключевые слова: дискретная авторегрессия, MTD, оценивание

Современной науке часто приходится иметь дело с дискретными данными, поэтому актуальной является проблема разработки и исследования вероятностных моделей, которые позволяют адекватно описывать наблюдения, в частности моделей дискретных временных рядов. В настоящее время модели дискретных временных рядов используются во многих областях, таких как генетика [1], экономика, защита информации [2], и другие. Одной из удобных для применения на практике моделей является модель цепи Маркова с дискретным временем. Однако, поскольку число параметров цепи Маркова с ростом ее порядка («глубины памяти») растет экспоненциально, то использование на практике цепей Маркова высокого порядка становится малоэффективным. Для преодоления этого недостатка были разработан и исследован ряд «малопараметрических» моделей дискретных временных рядов с длинной «памятью» [3–5]. Необходимо отметить, что большинство работ, в которых рассматривают «малопараметрические» временные ряды, посвящены в первую очередь практическому применению этих моделей. В данной работе для одной из таких наиболее широко применимых моделей – MTD модели – изучаются вероятностные свойства, а также предлагаются методы и алгоритмы статистического оценивания параметров.

Путь {xt} – однородная цепь Маркова порядка s. Модель Рафтери (MTD (Mixture Transition Distribution) модель) определяется следующим образом [3]:

$$p_{i_0,\ldots,i_s} = \mathrm{P}\{x_t = i_s \mid x_{t-1} = i_{s-1},\ldots,x_{t-s} = i_0\} = \sum_{j=0}^{s-1} \lambda_j q_{i_j i_s}\ , \qquad (1)$$

где $i_0,\ldots,i_s \in A=\{0,\ldots,N-1\}$, $Q=(q_{ik})$ – стохастическая $N\times N$ матрица; $\lambda=(\lambda_0,\ldots,\lambda_{s-1})$ – s-вектор, $\lambda_j\geq 0$, $j=0,\ldots,s-1$, $\lambda_0+\ldots+\lambda_{s-1}=1$.

Рассмотрим задачу статистического оценивания параметров MTD модели. В основе метода лежит следующий результат: для стационарных маргинальных двумерных распределений $\pi^*(m)$ векторов (x_{t-m},x_t) выполнено: $\pi^*_{ki}(m) = \pi^*_k \pi^*_i + \pi^*_k \lambda_{s-m}\left(q_{ki} - \pi^*_i\right)$, где $\pi_i = =\mathrm{P}\{x_t=i\}$, $\pi_{ki}(m)=\mathrm{P}\{x_{t-m}=k, x_t=i\}$.

В дальнейшем для оценивания параметров используем подстановочный принцип, заменяя стационарные распределения на их частотные оценки. Нами было доказано, что, если матрица Q – эргодическая, то полученные таким образом статистики будут асимптотически несмещенными и состоятельными оценками параметров. Была установлена устойчивость полученных оценок в случае, когда наблюдаемые данные не могут быть точно описаны MTD моделью. На основании предложенных оценок были разработаны методы оценивания при наличии аддитивных искажений в выборке, а также при наблюдениях с пропусками.

Литература

1. *Dehnertb M., Helma W. E., Huttb M.-Th.* A discrete autoregressive process as a model for shot-range correlations in DNA sequences // Physica A, 2003, Vol. 327, pp. 535–553 .
2. *Харин Ю. С и др*. Математические и компьютерные основы криптологии. Мн.: Новое знание, 2003..
3. *Raftery A. E.* A model for high-oder Markov chains//J. R. Statist. Soc. 1985, Vol. 47, № 3, pp. 528–539.
4. *Харин Ю. С., Ярмола А. Н.* О статистическом анализе одной модели дискретной авторегрессии DAR(m)//Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер.1. 2004. № 3, с. 65–69.
5. *Jacobs P. A., Lewis P. A. W.* Discrete time series generated by mixtures// J. R. Statist. Soc. 1978, №.1, pp. 94–105.

©ВГУ

О ПРОИЗВЕДЕНИИ МАКСИМАЛЬНОГО И ПРИМАРНОГО КЛАССОВ ФИТТИНГА

***Н. В. САВЕЛЬЕВА*, Н. Т. ВОРОБЬЕВ**

It is proved that if F and H are Fitting classes such that F is π-saturated and $\mathsf{F}<\cdot\mathsf{H}\subseteq\mathsf{F}\mathsf{S}^{\pi}$ then $\mathsf{H}\subseteq\mathsf{F}\mathsf{N}_p$ for some prime $p\subseteq\pi$

Ключевые слова: класс Фиттинга, максимальный класс Фиттинга, π-насыщенный класс Фиттинга, примарный класс Фиттинга

Класс Фиттинга F называется максимальным подклассом Фиттинга класса Фиттинга H (это обозначают $\mathsf{F}<\cdot\mathsf{H}$), если $\mathsf{F}\subset\mathsf{H}$ и из $\mathsf{F}\subseteq\mathsf{M}\subset\mathsf{H}$, где M – класс Фиттинга, всегда следует, что $\mathsf{M}\in\{\mathsf{F}, \mathsf{H}\}$**.** Напомним, что если F – непустой класс Фиттинга, то через G_{F} обозначают F-радикал группы G – наибольшую из нормальных подгрупп группы G, принадлежащих F. Если F и H – классы Фиттинга, то их произведение – класс групп (G: $G/G_{\mathsf{F}}\in\mathsf{H}$).

В классе S всех конечных разрешимых групп известен результат Брайса-Косси [1] о том, что если $\mathsf{F}<\cdot\mathsf{H}$, то существует такое простое p, что $G\in\mathsf{F}\mathsf{N}_p$ для всех групп $G\in\mathsf{H}$ (здесь N_p обозначает класс всех p-групп). В частности, если $\mathsf{F}<\cdot\mathsf{S}$, то индекс $|G:G_{\mathsf{F}}|\in\{1, p\}$ для всех групп $G\in\mathsf{S}$. Последнее утверждение было расширено Лауэ [2] на случай, когда $\mathsf{F}<\cdot\mathsf{E}$, где E – класс всех конечных групп.

В связи с этим возникает задача расширения результата Брайса-Косси на случай частично разрешимых групп (в частности, π-разрешимых групп).

Пусть π – некоторое множество простых чисел. Через π' обозначим дополнение множества π до множества $\boldsymbol{P}$ всех простых чисел.

*Определение***.** Класс Фиттинга F назовем

1. π-насыщенным, если $\mathsf{F}\mathsf{E}_{\pi'}=\mathsf{F}$, где $\mathsf{E}_{\pi'}$ – класс всех конечных π'-групп;
2. примарным, если существует такое простое число p, что $\mathsf{F}=\mathsf{N}_{\mathrm{p}}$.

Доказана

Теорема. Если классы Фиттинга F и H таковы, что F является π-насыщенным и $\mathsf{F}<\cdot\mathsf{H}\subseteq\mathsf{F}\mathsf{S}^{\pi}$, то существует такое простое $p\in\pi$, что $G\in\mathsf{F}\mathsf{N}_p$ для всех групп $G\in\mathsf{H}$.

Заметим, что в случае $\pi=\boldsymbol{P}$ из теоремы вытекает

*Следствие***.** Пусть F и H – разрешимые классы Фиттинга, причем $\mathsf{F}<\cdot\mathsf{H}$. Тогда H является подклассом произведения F и некоторого примарного класса.

Литература

1. *Bryce R. A., Cossey J.* Maximal Fitting classes of finite soluble groups // Bull. Austral. Math. Soc. – 1974. – Vol. 10. – P. 169-175.
2. *Laue H.,* Über nichtauflösbare normalen Fittingklassen // J. Algebra. – 1997. – Vol. 45. – P. 274–283.
3. *Doerk K., Hawkes T.* Finite soluble groups. – Berlin-New York: Walter de Gruyter, 1992. – 891 p.

Химия

©БГУ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА 2-АДАМАНТАНОНА В КОНДЕНСИРОВАННОМ И ГАЗООБРАЗНОМ СОСТОЯНИЯХ

А. Б. БАЗЫЛЕВА, А. В. БЛОХИН

The heat capacities of 2-adamantanone (I) in the condensed state were measured in the adiabatic vacuum calorimeter in the temperature range from (6 to 320) K and in the differential scanning calorimeter of the heat bridge type between T = (290 and 610) K. The compound undergoes one solid-to-solid phase transition from the ordered crystal to the plastic one at T_{trs} = 216.4 K with $\Delta_{trs}H^{o}_{m}$ = (7.627 ± 0.014) kJ·mol^{-1} and fusion at T_{fus} = 557.5 K with $\Delta_{fus}H^{o}_{m}$ = (11.77 ± 0.24) kJ·mol^{-1}. The parameters of orientational disorder in its plastic crystals were calculated. The saturated vapour pressures for I in the range (280 to 328) K were obtained by the integral Knudsen effusion method, the undersaturation of the vapours in the effusion cell being taken into account. The sublimation enthalpy of I was obtained both in the Calvet differential heat-conducting calorimeter and from the effusion measurements; the average weighted value was $\Delta_{sub}H^{o}_{m}$ (317.3 K) = (65.76 ± 0.22) kJ·mol^{-1}. The molar thermodynamic functions of the compound in the condensed and ideal gaseous states were determined

Ключевые слова: 2-адамантанон, теплоемкость, термодинамика парообразования, термодинамические свойства, пластические кристаллы

1. Введение

Производные адамантана обладают широким спектром фармакологической и биологической активности (противопаркинсонической, противовирусной, противовоспалительной, иммунотропной и т.д.) [1]. Так, некоторые препараты на основе 2-замещенных адамантана (бромантан, АДК-910, кемантан и др.) обладают высокой психо- и иммуностимулирующей активностью, актопротекторной способностью. Для синтеза этих и ряда подобных соединений нашел широкое применение 2-адамантанон как синтетически ценный интермедиат. Однако до сих пор для него неизвестны величины теплоемкости и давления насыщенного пара, более того, нет даже надежных данных по параметрам его фазовых переходов. Все эти сведения необходимы для разработки регламентов производства лекарственных субстанций.

Особый интерес к производным адамантана связан также с тем, что многие из них образуют особые разупорядоченные кристаллические фазы – пластические кристаллы. По сравнению с обычными упорядоченными кристаллами они обладают низкой энтропией плавления ($\Delta_{fus}S$ < 21 Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$ и $\Delta_{trs}S$ / $\Delta_{fus}S$ ≥ 1). При переходе из жесткого в пластический кристалл скачкообразно увеличиваются теплоемкость и молярный объем, изменяется кристаллическая структура в сторону повышения симметрии, происходит изменение диэлектрических и оптических свойств и т.д. [2]. Все это предопределяет потенциальное применение этих фаз при разработке различных технических устройств: аккумуляторов тепловой энергии, механических и оптических затворов и т.п.

В данной работе проведено комплексное изучение термодинамических свойств 2-адамантанона в различных агрегатных состояниях. Представлены результаты измерения теплоемкости и энтальпий фазовых переходов в конденсированном состоянии; калориметрического определения энтальпии сублимации и измерения давления насыщенного пара эффузионным методом Кнудсена. Методом статистической термодинамики рассчитаны термодинамические свойства соединения в состоянии идеального газа. В работе также изучено ориентационное разупорядочение молекул в его пластических кристаллах.

2. Теплоемкость и параметры фазовых переходов

Коммерческий образец 2-адамантанона (Aldrich Chem. Co., Inc.) с исходной чистотой не менее 99 мас.% был очищен трехкратной перекристаллизацией из ацетона и последующей сублимацией при T = 333 K и p = 0.4 кПа. Чистота, определенная методом газо-жидкостной хроматографии, составила 99,96 мас.%.

Низкотемпературная теплоемкость ($C_{s,m}$) соединения в конденсированном состоянии в интервале 5 – 320 K и энтальпия его твердофазного перехода измерены в автоматическом вакуумном адиабатическом калориметре ТАУ-1, изготовленном во ВНИИФТРИ (г. Москва) и детально описанном ранее [3]. Погрешность в определении теплоемкости $C_{s,m}$ составляет ±0,4% в интервале 40 – 320 K. Ошибка возрастает при понижении температуры, но не превышает ±2% вблизи 5 K. Поправки на переход от $C_{s,m}$ к $C_{p,m}$ и сублимацию 2-адамантанона пренебрежимо малы (суммарный вклад менее 0,01% вблизи 300 K) по сравнению с экспериментальной погрешностью и не учитывались.

Измерение теплоемкости 2-адамантанона в интервале 290 – 610 K и параметров его плавления проводилось в автоматическом дифференциальном сканирующем калориметре теплового моста со сканированием температуры оболочки [3]. Погрешность определения теплоемкости на установке теплового моста составляет ±2%.

Температурная зависимость молярной теплоемкости 2-адамантанона в температурном интервале 5 – 610 K представлена на *рисунке* 1, а сглаженные значения $C_{p,m}$ приведены в *таблице* 1.

Установлено, что в исследуемом интервале 2-адамантанон испытывает один твердофазный переход при $T_{trs} = (216{,}4 \pm 0{,}1)$ K и плавление при $T_{fus} = (557{,}5 \pm 0{,}2)$ K. Энтальпия и энтропия перехода крII → крI равны $\Delta_{trs}H^{o}_{m} = (7{,}627 \pm 0{,}014)$ кДж·моль$^{-1}$ и $\Delta_{trs}S^{o}_{m} = (35{,}24 \pm 0{,}06)$ Дж·моль$^{-1}$·K^{-1}; термодинамические параметры плавления составляют $\Delta_{fus}H^{o}_{m} = (11{,}77 \pm 0.24)$ кДж·моль$^{-1}$, $\Delta_{fus}S^{o}_{m} = (21{,}1 \pm 0.4)$ Дж·моль$^{-1}$·K^{-1}.

Рис. 1. Температурная зависимость молярной теплоемкости 2-адамантанона в конденсированном состоянии: ○ – результаты измерений на адиабатическом калориметре, сплошные кривые – результаты измерений на установке теплового моста

Для экстраполяции теплоемкости кристалла крII 2-адамантанона до 0 K использовалась функция Дебая с тремя степенями свободы со средней характеристической температурой $\langle\Theta_D\rangle = (110{,}1 \pm 0{,}1)$ K, определенной по экспериментальным значениям теплоемкости из интервала 5,1 – 7,2 K. В указанном температурном интервале отклонение значений теплоемкости, рассчитанных по приближению Дебая, от экспериментальных величин не превышало 1%.

В интервале 290 – 310 K данные по теплоемкости получены как методом адиабатической калориметрии, так и ДСК. Во всем этом интервале наблюдается хорошее (в пределах 1,3 %) согласование результатов измерений обоими методами.

На основании представленных данных рассчитаны стандартные термодинамические функции 2-адамантанона в конденсированном состоянии в температурном интервале 5 – 600 K (*таблица* 1).

3. Характеристика ориентационного разупорядочения молекул в пластических кристаллах 2-адамантанона

Низкое значение энтропии плавления и соотношение $\Delta_{trs}S / \Delta_{fus}S = 1{,}7$ указывают на тот факт, что у 2-адамантанона фаза крI является пластическим кристаллом, существующим в широком темпера-

Таблица 1. **Молярные термодинамические функции 2-адамантанона в конденсированном состоянии**

T, K	$C^{o}_{p,m}$, Дж·моль$^{-1}$·K^{-1}	$(H^{o}_{T} - H^{o}_{0})/T$, Дж·моль$^{-1}$·K^{-1}	$(S^{o}_{T} - S^{o}_{0})$, Дж·моль$^{-1}$·K^{-1}	$-(G^{o}_{T} - H^{o}_{0})/T$, Дж·моль$^{-1}$·K^{-1}
		кристалл II		
5	0,1823	0,04553	0,06070	0,01518
50	40,93	18,24	28,16	9,920
100	65,70	35,96	64,40	28,44
200	120,5	63,78	125,8	61,98
216,4	132,6	68,53	135,7	67,19
		кристалл I		
216,4	144,0	103,8	171,0	67,19
298,15	196,6 ± 0,8	121,9 ± 0,5	224,9 ± 1,0	103,1±1,1
300	197,8	122,3	226,1	103,8
400	260,3	149,1	291,8	142,6
500	321,8	177,5	356,4	178,9
557,5	358,7	194,2	393,4	199,1
		Жидкость		
557,5	358,7	215,4	414,5	199,1
600	387,3	226,5	441,9	215,4

турном интервале 216,4 – 557.,5 К. Исследования методами ЯМР и некогерентного квазиупругого рассеяния нейтронов [4] указывают на осуществление в пластическом кристалле 2-адамантанона двух типов молекулярной подвижности: переориентаций молекул на угол 90° относительно оси, совпадающей с направлением главной оси молекулы, что приводит к двум различным ориентациям молекул; переориентаций дипольных молекул между шестью кристаллографическими направлениями [001]. В упорядоченной кристаллической фазе крII эта подвижность замораживается полностью.

Согласно модели пластических кристаллов [5] изменения энтропии и теплоемкости веществ при переходе «жесткий → пластический кристалл» могут быть представлены как:

$$\Delta_{\text{trs}} S = \Delta_{\text{v}} S + \Delta_{\text{конф}} S + \Delta_{\text{ориент}} S\,, \tag{1}$$

$$\Delta_{\text{trs}} C_{\text{p}} = \Delta_{\text{v}} C_{\text{p}} + \Delta_{\text{конф}} C_{\text{p}} + \Delta_{\text{ориент}} C_{\text{p}}\,, \tag{2}$$

где вклады $\Delta_{\text{v}}S$ и $\Delta_{\text{v}}C_{\text{p}}$ обусловлены перестройкой кристаллической решетки в более высокосимметричную с меньшей плотностью упаковки молекул; вклады $\Delta_{\text{конф}}S$ и $\Delta_{\text{конф}}C_{\text{p}}$ связаны со скачкообразным усложнением конформационного состава вещества в результате снятия запретов на инверсию циклов и внутреннее вращение; $\Delta_{\text{ориент}}S$ и $\Delta_{\text{ориент}}C_{\text{p}}$ – вклады, связанные с появлением в пластическом кристалле молекулярного ориентационного беспорядка в виде термически активированных вращательных переориентаций молекул в узлах решетки. Ранее [5] было показано, что $\Delta_{\text{v}}C_{\text{p}} \approx 0$. Кроме того, для 2-адамантанона конформационные вклады $\Delta_{\text{конф}}S$ и $\Delta_{\text{конф}}C_{\text{p}}$ равны 0, а непосредственный расчет $\Delta_{\text{v}}S$ не представляется возможным из-за отсутствия для него (p-V-T)-данных, но на основании анализа объемных вкладов для производных циклогексана [5] принято, что $\Delta_{\text{v}}S / \Delta_{\text{trs}}S = 0{,}4$.

Часто вблизи твердофазного перехода на нормальный ход теплоемкости оказывают влияние предпереходные эффекты, вызванные различными причинами: началом ориентационного разупорядочения молекул, появлением напряжений в кристалле и др. Поэтому для корректного расчета по модели энергетических состояний молекул в пластических кристаллах была использована процедура определения составляющей теплоемкости крII 2-адамантанона, не связанной с каким-либо разупорядочением. Для этого $C_{\text{p,m}}$ для крII была представлена в виде суммы решеточного вклада, вклада внутримолекулярных колебаний и поправки на ангармоничность [6]:

$$C_{\text{p,m}} = \left[3R \cdot D(\Theta_{\text{D}}/T) + \sum_{i=1}^{3} R \cdot E(\Theta_{\text{E}i}/T)\right]_{\text{lat}} + \left[\sum_{i=1}^{3N-6} R \cdot E(h\nu_i/kT)\right]_{\text{intr}} + ATC_{\text{v,lat}}^2\,, \tag{3}$$

где $D(x)$ и $E(x)$ – функции Дебая и Эйнштейна; Θ_{D} и $\Theta_{\text{E}i}$ – характеристические температуры Дебая и Эйнштейна; ν_i – частоты внутримолекулярных колебаний; N – число атомов в молекуле; A – эмпирически подбираемый параметр (параметр ангармоничности). Необходимый для расчета полный набор частот нормальных колебаний для 2-адамантанона взят из [7]: 2950, 2950, 2940, 2940, 2940, 2940, 2920, 2920, 2910, 2900, 2880, 2880, 2880, 2860, 1723, 1473, 1460, 1460, 1446, 1434, 1360, 1355, 1349, 1340, 1340, 1320, 1320, 1300, 1300, 1284, 1265, 1255, 1248, 1240, 1205, 1121, 1105, 1098, 1090, 1078, 1065, 1065, 1051, 1035, 1006, 971, 960, 955, 894, 884, 875, 860, 835, 810, 776, 776, 715, 620, 620, 596, 470, 440, 440, 391, 369, 369, 283, 273, 123. Другие параметры уравнения (3) определены по методу наименьших квадратов по экспериментальным значениям $C_{\text{p,m}}$ из интервала 5 – 180 К: $\Theta_{\text{D}} = 110{,}8$ К, $\Theta_{\text{E1}} = 77{,}2$ К, $\Theta_{\text{E2}} = 109{,}3$ К, $\Theta_{\text{E3}} = 155{,}5$ К и $A = 1{,}55 \cdot 10^{-5}$ Дж$^{-1}$·моль.

Полученная температурная зависимость изобарной теплоемкости была принята в качестве регулярной составляющей жесткого кристалла для определения параметров перехода крII → крI ($\Delta_{\text{trs}}S = 35{,}5$ Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$ и $\Delta_{\text{trs}}C_{\text{p}} = 14{,}9$ Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$), используемых для расчетов по модели [5]. Тогда, для 2-адамантанона рассчитаны число неэквивалентных ориентаций молекул ($n_{\text{ориент}} = 24$) и средняя разность энергий между основной и пластическими ориентациями молекул ($\Delta_{\text{ориент}}H = 4{,}9$ кДж·моль$^{-1}$). Полученное значение $n_{\text{ориент}}$ превышает в 2 раза значение, принятое для интерпретации данных ЯМР и нейтронографии [4]. Это, вероятно, связано с тем, что при трактовке результатов этих методов не учитывается возможность образования поворотных ансамблей, вероятных для молекул с большим дипольным моментом.

4. Термодинамика парообразования

Давление насыщенного пара над кристаллическим 2-адамантаноном в интервале 280 – 328 К определено интегральным эффузионным методом Кнудсена. Конструкция аппарата и процедура измерения детально описаны в [8]. Погрешность определения давления пара методом Кнудсена не превышает ±5%. В настоящей работе расчет давления пара осуществлялся по методике [8], в которой учитывается нарушение изотропии газа в ячейке, т.е. тот факт, что длина свободного пробега молекулы в объеме ячейки меньше, чем вблизи эффузионного отверстия.

Измерение давления пара 2-адамантанона были выполнены с использованием мембран с различными диаметрами эффузионных отверстий. При этом обнаружилось следующее явление: при одинаковых температурах значение давления пара, определенное с использование мембраны с эффузионным отверстием большего диаметра, всегда ниже, чем для мембраны с меньшим отверстием. Наиболее вероятной причиной этого является недонасыщение паров вещества из-за эффузии его в вакуум: уменьшение отверстия понижает эффузионный поток, давление в ячейке ближе к равновесному, поэтому выше определяемая величина давления пара. На основании анализа массовых потоков на границах «кристалл – пар» и «пар – вакуум» получено выражение, связывающее равновесное давление насыщенного пара ($p_{нас}$) и эффективное значение давления, измеряемое в опыте (p^*)

$$p^* = p_{нас} - \frac{1}{\alpha} \cdot \left(k \frac{S_{отв}}{S_{обр}} p^* \right), \qquad (4)$$

где α – коэффициент конденсации (отношение количества вещества, сконденсировавшегося в единицу времени на единице поверхности образца, к общему потоку пара к поверхности), $S_{обр}$ – площадь испарения вещества, $S_{отв}$ – площадь эффузионного отверстия. С использованием выражения (4) для 2-адамантанона были рассчитаны коэффициент α, среднее значение которого в исследуемом интервале составляет $9{,}7 \cdot 10^{-3}$, и равновесное давление насыщенного пара, которое хорошо описывается уравнением вида:

$$\ln\ (p_{нас} / \text{Па}) = (58{,}84 \pm 0{,}16) - (9377 \pm 50) \cdot\ (T / \text{K})^{-1} - (4{,}72 \pm 0{,}13) \cdot\ \ln(T / \text{K})\ . \qquad (5)$$

Измерение энтальпии сублимации исследуемого соединения проводилось в дифференциальном теплопроводящем микрокалориметре типа Кальве МИД-200 [3]. Полученное значение $\Delta_{sub} H^o_m$ (313,7 К) = (65,67 ± 0,41) кДж·моль$^{-1}$ согласуется в пределах погрешности с величиной энтальпии сублимации $\Delta_{sub} H^o_m$ (313,7 К) = (65,80 ± 0,26) кДж·моль$^{-1}$, рассчитанной из температурной зависимости давления пара (уравнение (5)). Средневзвешенное значение составило $\Delta_{sub} H^o_m$ (313,7 К) = (65,76 ± 0,22) кДж·моль$^{-1}$.

5. Термодинамические свойства в состоянии идеального газа

Процедура расчета термодинамических свойств соединения в состоянии идеального газа методом статистической термодинамики описана детально в [9]. Молярная масса 2-адамантанона равна M = 150,220 г·моль$^{-1}$, число симметрии молекулы – 2. Полный набор частот нормальных колебаний взят из [7]. Произведение главных моментов инерции ($I_A \cdot I_B \cdot I_C = 2{,}3605 \cdot 10^{-133}$ кг^3·м^6) определено по геометрическим параметрам молекулы, найденным методом молекулярной механики с силовым полем ММ3 в пакете программ Tinker 4.0. В *таблице* 2 представлены термодинамические свойства исследуемого соединения в состоянии идеального газа в интервале 100 – 1000 К.

Экспериментальное значение стандартной энтропии газообразного 2-адамантанона $\Delta^T_0 S^o_m$ = = (364,4 ± 1,2) Дж·К$^{-1}$·моль$^{-1}$ (при T = 313,7 К) согласуется в пределах погрешности с величиной (364,2 ± 1,8) Дж·К$^{-1}$·моль$^{-1}$, рассчитанной методом статистической термодинамики. Это косвенно подтверждает корректность молекулярных параметров, найденных для исследуемого соединения.

Таблица 2. **Стандартные молярные термодинамические функции 2-адамантанона в состоянии идеального газа (p^o = 10^5 Па)**

T, К	$C^o_{p,m}$, Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$	$(H^o_T - H^o_0)/T$, Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$	$(S^o_T - S^o_0)$, Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$	$-(G^o_T - H^o_0)/T$, Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$	$\Delta_f H^o_m$, кДж·моль$^{-1}$	$\Delta_f G^o_m$, кДж·моль$^{-1}$
100	50,09	38,43	258,8	220,4	-221,9	-167,7
200	96,11	54,98	306,6	251,6	-238,4	-107,0
298,15	157,2	78,26	356,0	277,7	-253,5	-39,19
300	158,4	78,75	356,9	278,2	-253,8	-37,87
400	223,6	106,9	411,5	304,6	-266,8	36,16
600	327,5	164,2	523,2	359,0	-284,0	191,8
800	397,6	214,4	627,6	413,3	-292,1	351,9
1000	446,3	256,2	721,9	465,7	-294,3	513,2

Литература

1. *Морозов И. С., Иванова И. А., Лукичева Т. А.* Актопротекторные и адаптогенные свойства производных адамантана (обзор) // Хим.-фармац. Ж. 2001. Т. 35. № 5. С. 3–6.
2. *Астон Д.* Пластические кристаллы // Сб. Физика и химия твердого состояния органических соединений. М.: Мир, 1967. С. 488–532.

3. *Kabo G. J., Blokhin A. V., Kabo A. G.* Investigation of thermodynamic properties of organic substances // Chemical Problems of Creation of New Materials and Technologies / O.A. Ivashkevich (Ed.). Vol. 1. Minsk: BSU, 2003. P. 176–193.
4. *Decressain R., Amoureux J. P., Cochon E.* Study of molecular motion in 2-adamantanone by nuclear magnetic resonance // Phys. Status Solidi B. 1995. V. 190. № 1. P. 295–306.
5. *Kabo G. J., Blokhin A. V., Charapennikau M. B., Kabo A. G., Sevruk V. M.* Thermodynamic properties of adamantane and the energy states of molecules in plastic crystals for some cage hydrocarbons // Thermochimica Acta. 2000. V. 345. P. 125–133.
6. *Takahara S., Yamamuro O., Matsuo T.* Calorimetric study of 3-bromopentane: Correlation between structural relaxation time and configurational entropy // J. Phys. Chem. 1995. V. 99. № 23. P. 9589–9592.
7. *Bistričić L., Pejov L., Baranović G.* A density functional theory analysis of Raman and IR spectra of 2-adamantanone // J. Mol. Struct. (Theochem). 2002. V. 594. P. 79–88.
8. *Zaitsau D. H., Verevkin S. P., Paulechka Y. U., Kabo G. J., Sevruk V. M.* Comprehensive study of vapor pressures and enthalpies of vaporization of cyclohexyl esters // J. Chem. Eng. Data. 2003. V. 48. № 6. P. 1393–1400.
9. *Frenkel M. L., Kabo G. J., Marsh K. N., Roganov G. N., Wilhoit R. C.* Thermodynamics of organic compounds in the gas state. TRC Data Series. College station: Texas USA, 1994. 803 p.

©БГТУ

ОСАЖДЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ

***А. К. БОЛВАКО*, А. А. ЧЕРНИК, И. М. ЖАРСКИЙ**

The method for getting thick coatings Ni-Fe by using impulses of electric current has been developed. Optimal parameters of electrolysis have been selected

Ключевые слова: электролиз, покрытие, никель, железо, алмаз

1. Введение

В последнее время в промышленности широко стали применяться композиционные электрохимические покрытия (КЭП) на основе никеля. Соосаждение мелкодисперсных частиц приводит к механическому упрочнению покрытий, повышению их антикоррозийных свойств, термостойкости и износостойкости.

Никель чаще всего служит основой для КЭП, так как обладает сродством к большинству частиц, применяемых порошков и легко образует с ними покрытия. КЭП на основе никеля характеризуется высокими твердостью и прочностью, хорошим внешним видом и стойкостью к коррозии. По назначению КЭП на основе никеля условно можно разделить на антифрикционные, жаростойкие, коррозионно-стойкие и абразивные.

Электрохимический способ изготовления алмазного инструмента прост, не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Преимущества этого способа предопределили его широкое использование для изготовления алмазного инструмента. Процесс нанесения алмазно-гальванического слоя практически можно осуществлять на обычном оборудовании, используемом в гальваническом производстве. Большой спрос на алмазный инструмент стимулирует рост его производства. Наиболее качественный алмазный инструмент получается электрохимическим способом при использовании никеля в качестве металла-связки. Однако такой инструмент достаточно дорог ввиду использования ценного металла – никеля, поэтому в настоящее время ведутся активные поиски замены никеля никелевыми сплавами.

Сплавы Fe-Ni нашли свое применение в электронной промышленности, для записи и хранения информации в компьютерах и других областях техники благодаря своим ценным магнитным свойствам. Электроосаждение – эффективный процесс для получения магнитных пленок: гибкий, дешевый, пригодный для деталей любой геометрии. Магнитные, механические и химические свойства сплавов Fe-Ni определяются рядом факторов, включающих металлургическую структуру и состав сплава. Однако получение сплавов Fe-Ni осложнено аномальным соосаждением. Поэтому изучение оптимальных режимов осаждения этих сплавов, а также получение толстослойных покрытий из них является особенно актуальным. Замена никелевого покрытия на сплав Fe-Ni позволяет значительно удешевить процесс получения коррозионно-стойких покрытий с отличными физико-механическими свойствами.

Как правило, при получении алмазного инструмента толщина осаждаемого металла составляет в зависимости от зернистости алмазов до 500 мкм. Нанесение покрытий с такой толщиной сопряжено с рядом трудностей. И в первую очередь необходимо уменьшить возможность образования дендритов. Чтобы этого избежать, можно использовать режим нестационарного тока.

Применение нестационарных токовых нагрузок в практике электроосаждения гальванических покрытий позволяет существенно увеличить число переменных факторов при ведении гальванических процессов и, тем самым, расширить возможности управления свойствами получаемых покрытий. Нанесение покрытий методом импульсного электролиза позволяет существенно улучшить их качество, уменьшить дендридообразование, увеличить блеск покрытий и получить сглаженную поверхность осаждаемого металла.

Целью данной работы является разработка технологии нанесения композиционных железо-никель-алмазных покрытий с использованием нестационарного режима электролиза. Это должно увеличить производительность за счет значительного сокращения времени процесса, повысить качество продукции, уменьшить материальные затраты на единицу продукции.

2. Методика эксперимента

Осаждение железоникелевых и железо-никель-алмазных покрытий проводилось из электролита следующего состава, г/л: $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 300; $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ – 90; лимонная кислота – 15. Температрура 70±2°С. В качестве анодов применяли никель и железо. Во избежание загрязнения электролита анодным шламом аноды заключали в чехлы из ткани «хлорин». В качестве катодов использовались железные пластины, зубной инструмент – стоматологические стальные сверла. Отношение катодной и анодной площадей составляло 1:2.

Подготовка образцов перед осаждением покрытий заключалась в шлифовании наждачной бумагой, обезжиривании, промывке, травлении, промывке. Получение железоникелевых и железо-никель-алмазных покрытий проводилось в термостойкой ячейке с крышкой.

Нанесение алмазосодержащего покрытия проводилось следующим образом. Алмазы зернистостью 160/125 помещали в металлический каркас, обтянутый тканью «хлорин», который размещали в ячейке и погружали в него катод.

Поляризация осуществлялась с помощью потенциостата ПИ-50-1.1 в комплекте с программатором ПР-8. Выход по току металла определяли гравиметрическим методом – взвешиванием на весах марки ВЛР-200 с точностью 10^{-4} г. Для определения содержания железа и никеля в полученных сплавах использовался метод кондуктометрического титрования комплексоном III.

3. Результаты исследований

Исследование влияния импульсного тока на содержание железа и никеля в сплаве проводили при постоянных времени импульса 50 мс и времени паузы 2 мс при изменении плотности тока с 10 А/дм^2 до 50 А/дм^2. Была получена серия сплавов, в которой методом кондуктометрического титрования определялось содержание желез и никеля. На основании полученных данных, как следует из *рис*. 1, прослеживается следующая зависимость: с увеличением плотности тока до 40 А/дм^2 содержание никеля в сплаве резко уменьшается.

Был проведен ряд опытов по определению содержания железа и никеля в сплаве в зависимости от времени паузы. Установлено, что с увеличением времени паузы содержание никеля в сплаве уменьшается (*рис*. 2). Исследовалось влияние времени импульса на содержание железа и никеля в сплаве. Установлено, что с увеличением времени импульса содержание никеля в сплаве уменьшается (*рис*. 3).

Исследовалось влияние плотности тока на выход по току. С этой целью варьировалась амплитудная плотность тока от 10 А/дм^2 до 70 А /дм^2 при постоянной длительности катодного импульса 50 мс и длительности паузы 2 мс при толщине покрытия 100 мкм.

Рис. 1. Влияние амплитудной плотности тока на содержание никеля в сплаве

Рис. 2. Влияние времени паузы на содержание никеля в сплаве

Рис. 3. Влияние времени импульса на содержание никеля в сплаве

Рис. 4. Влияние плотности тока на выход по току сплава

Как следует из *рис*. 4, возрастание плотности тока до 30 А/дм^2 ведет к увеличению выхода по току д о 87%. Дальнейшее увеличение плотности тока ведет к снижению выхода по току до 10,6%.

Снижение выхода по току может быть связано с ускорением побочной реакции выделения водорода, в связи с появлением в покрытии железа, на котором перенапряжение выделения водорода ниже, чем на никеле.

Это может быть вызвано тем, что никель является более электроположительным металлом, чем железо, и разряжается с большим перенапряжением. А так как увеличение плотности тока приводит к сдвигу потенциала катода в более электроотрицательную сторону, то парциальный ток осаждения железа возрастает в большей степени, чем парциальный ток осаждения никеля. Дальнейшее увеличение катодного потенциала сопровождается осаждением на катоде сплава с возрастающим содержанием железа, так как скорость процесса разряда катионов никеля может достигать предельного значения и оставаться постоянной.

При изменении длительность катодного импульса от 10 мс до 50 мс при плотности тока 30 А/дм^2 и длительностью паузы 2 мс установлено, выход по току увеличивается с увеличением катодного импульса. При этом, качественные и блестящие покрытия были получены при плотности тока 30 А/дм^2 и длительности катодного импульса от 20 до 50 мс.

Вследствие применения высоких плотностей тока всего за 2,5 мин был получен осадок толщиной 25 мкм. Осаждение при плотности тока 30 А/дм2 привело к повышению содержания железа до 45%. Максимальный выход по току наблюдается при времени импульса 50 мс и времени паузы 2 мс.

Проводились исследования зависимости выхода по току от времени паузы при плотности тока 30 А/дм2 и времени импульса 10, 20 и 50 мс при изменении времени паузы от 2 до 20 мс. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что с уменьшением времени паузы при времени импульса 50 мс выход потоку достигает 87%. Увеличение времени паузы приводит к снижению выхода по току, что особенно проявляется при времени импульса 10 и 20 мс.

Таким образом, показано, что импульсный режим обеспечивает высокую адгезию покрытия путем регулирования числа и толщины роста зародышей и их образования. При этом наблюдается обратно пропорциональная зависимость содержания никеля в сплаве от плотности тока.

Исследовалась зависимость плотностей тока и потенциала электрода от времени, которая наблюдается при поляризации электрода импульсом поляризующего тока прямоугольной формы. Для определения параметров электрохимической кинетики были получены хронопотенциограммы. Зависимость потенциала от плотности тока исследовалась в диапазоне плотностей тока от 10 А/дм^2 до 30 А/дм^2 при постоянном времени импульса (50 мс) и времени паузы (20 мс).

На основании полученных хронопотенциограмм было установлено, что с увеличением плотности тока происходит сдвиг потенциала в более электроотрицательную сторону, что способствует совместному и равномерному осаждению железа и никеля на катоде, почти пропорциональному в процентном соотношении. Это подтверждают исследования, проведенные методом низкочастотного кондуктометрического титрования комплексоном III.

Было выполнено исследование влияния интенсивности кавитационной обработки на свойства электролита и возможность практического использования гидродинамической кавитации для

интенсификации процесса осаждения никеля. Кавитационный процесс осуществлялся в полупромышленной установке, позволяющей задавать внешнее давления и фиксировать расход и температуру обрабатываемой жидкости.

В качестве объектов исследования использовалась дистиллированная вода, используемая для приготовления электролитов, и раствор никелирования следующего состава, г/л: $NiSO_4$ – 270, $NiCl_2$ – 40, H_3BO_3 – 30. Анализировались следующие параметры растворов: вязкость, капиллярность, электропроводность, а также снимались поляризационные кривые в зависимости от давления и времени воздействия кавитационной обработки на электролит.

Для получения данных о влиянии кавитационной обработки на свойства электролита никелирования использовался метод циклической вольтамперометрии. Установлено, что поляризационные кривые до и после кавитационной обработки имеют подобный вид. Сравнение полярограмм показало следующее. Обработка электролита кавитацией влияет незначительно или не влияет вовсе. После кавитационной обработки начало катодного пика восстановления ионов никеля сдвигается в катодную сторону приблизительно на 20–30 мВ. То же самое относится и к потенциалу пика. Высота пика также увеличивается приблизительно на 10 мкА. Такое небольшое увеличение поляризации и скорости процесса может быть связано, по всей видимости, с наличием в растворе ионов железа (III). Известно, что присутствие этих ионов повышает катодное перенапряжение и в некоторых случаях оказывает положительное влияние на качество осадка. Однако в данном случае о повышении качества покрытия говорить рано.

Проведенные опыты по нанесению осадков никеля на стальную основу не выявили видимых различий во внешнем виде и качестве покрытий осажденных из обычного электролита и электролита после кавитационной обработки. Выходы по току находились в пределах 93–95%.

Таким образом, можно сделать вывод, что несмотря на то, что кавитационная обработка изменяет некоторые физические параметры воды, однако ее видимое влияние на электрохимические свойства электролита никелирования не обнаружено.

4. Выводы

Проведены исследования по изучению влияния импульсного режима электролиза на качество получаемых покрытий. Определено влияние параметров нестационарного электролиза на твердость и блеск покрытий.

В результате проведенных экспериментов выявлено, что использование нестационарного электролиза позволяет значительно сократить время производственного цикла, что открывает новые возможности для повышения производственной мощности без затрат на расширение производственных площадей.

Таким образом, предложенная технология нанесения железо-никель алмазного покрытия вместо никель-алмазных покрытий, применяемых в настоящий момент в промышленности, позволяет значительно удешевить процесс нанесения покрытия, сократить время процесса и повысить качество продукции

© БГТУ

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИИМИДОВ

***А. И. ГЛОБА*, Э. Т. КРУТЬКО**

The results of the experimental investigation of aromatic threeamine in the solution of poliamicacid on the basis of anhidride of piromellitacids and diaminediphenyloxides.have been described. It is spown of effectiveness of the modificators on the optical properties of the polyimidefilms

Ключевые слова: полипиромеллитимиды, модифицирование, ароматические триамины

Введение

Современные отрасли промышленности, в частности, такие высокотехнологичные как микроэлектронная, авиационно-космическая, приборостроительная и др., выдвигают жесткие требования к эксплуатационным характеристикам материалов, используемых в них. В последние десятилетия, начиная с 60-х годов, наиболее перспективным полимерным материалом химики, конструкторы и технологи различных отраслей промышленности считают полиимиды – класс полимеров, обладающих высокими механическими, электрофизическими характеристиками, химической и радиационной стойкостью в интервале температур от – 250 до + 350°C. Материалы на основе полиимидов уже используются в передовых странах в качестве высококачественной изоляции авиационных кабелей и

проводов, пазовой изоляции мощных электродвигателей и, особенно в последние годы, в микроэлектронной промышленности.

Несмотря на достаточно большой срок, в течение которого проводятся исследования, количество научных публикаций, касающихся синтеза полиимидов с использованием новых методов и реагентов, изучения механизмов отдельных стадий процесса, исследования свойств получаемых материалов не уменьшается и в настоящее время. Это свидетельствует о незавершенности этих исследований и больших потенциальных возможностях создания на основе полиимидов материалов, оптимально соответствующих требованиям конкретных областей их использования.

В настоящее время наиболее широко применяются следующие методы регулирования свойств полиимидных материалов:

- замена компонент, используемых для синтеза форполимера (полиамидокислоты), что позволяет получать конформации макромолекул, более плотно упакованные в пространстве, что обеспечивает более сильные межцепные взаимодействия и повышенные эксплуатационные характеристики. Недостатком этого метода является необходимость промышленного синтеза как правило более дорогостоящих диаминов и диангидридов;
- получение сополиимидных композиций путем циклизации смесей полиамидокислот различного строения ;
- использование различных режимов ориентации пленочных композиционных материалов на стадии получения пленок или волокон из ПАК или уже при получении полиимидов;
- химическая модификация полиимидов путем введения в форполимер многофункциональных реакционноспособных соединений. В результате такой модификации за счет взаимодействия функциональных групп модификатора и форполимера в процессе высокотемпературной циклодегидратации в полимере образуется трехмерная сетчатая структура, увеличивающая межмолекулярное взаимодействие и, следовательно, термические и механические свойства материала.

Ранее [1] нами была изучена возможность модифицирования полипиромеллитимида эпоксипроизводными бис-имидов ненасыщенных дикарбоновых кислот различного химического строения и создания композиционных материалов на основе гетероциклических полиимидов, полученных по реакции 1,3-циклоприсоединения, а также изучены свойства полученных материалов. Установлено, что такой способ модификации позволяет существенно улучшить ряд технологических и эксплуатационных характеристик получаемых пленочных материалов. Перспективным является и способ модифицирования свойств ароматических полиимидов введением в раствор форполимера активных наполнителей, таких как аэросил [2], позволяющий получать малодефектные пленки и покрытия повышенной толщины в более экономичных технологических условиях.

Цель данной работы – изучить возможность модифицирования ароматических полиимидов другими полифункциональными реагентами, в частности? ароматическими триаминами.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Подготовка мономеров и модификаторов

При получении форполимера – полиамидокислоты (ПАК) – использовали наиболее доступные и дешевые реагенты, обеспечивающие, однако, получение ПАК с достаточно высокой молекулярной массой. Такими мономерами являются 4,4'-диаминодифинилоксид – белое кристаллическое вещество с температурой плавления 191 °С, и пиромеллитовый диангидрид – белое кристаллическое вещество с температурой плавления 286°С.

Для получения высокомолекулярной ПАК необходимо, чтобы используемые реагенты имели высокую степень чистоты. 4,4'-Диаминодифинилоксид очищали перекристаллизацией из изопропилового спирта с последующей сушкой при 100 °С в течение 1 ч. Пиромеллитовый диангидрид очищали вакуумной возгонкой (сублимацией). Оба исходных реагента хранили в условиях, исключающих попадание влаги (в эксикаторе под вакуумом).

В качестве растворителя использовали диметилформамид (ДМФА), очищенный сушкой над LiH и вакуумной перегонкой.

В качестве модифицирующих агентов испытаны ароматические триамины следующего химического строения:

I

II

которые перед введением в ПАК очищали перекристаллизацией из изопропилового спирта.

2.2. Синтез полиамидокислот

Синтез полиамидокислоты осуществляли поликонденсацией расчетных количеств пиромеллитового диангидрида и 4,4’-диаминодифенилоксида в осушенном диметилформамиде при температуре реакционной смеси 10°С (реактор охлаждали водой со льдом).

Синтез ПАК описывается уравнением:

где Q = ; R′= .

Вначале в реактор загружали расчетное количество растворителя и диамина. Количество вводимого растворителя выбиралось таким, чтобы суммарная концентрация реагентов в нем составляла 15 %. При перемешивании со скоростью вращения мешалки 1 об./с за 10–15 мин диамин полностью растворялся в ДМФА. Затем охлаждали раствор диамина до температуры ~10°С и в реактор порциями за 10 приемов в течение 30 мин вводили расчетное количество пиромеллитового диангидрида. По мере образования ПАК вязкость реакционной смеси возрастает. По окончании синтеза определяли вязкость 0,5%-го раствора ПАК в ДМФА при 20°С. При проведении эксперимента использовали образцы ПАК, относительная вязкость 0,5%-го раствора которых в ДМФА при 20°С была равна 1,75 – 1,8.

Полученный 15%-ный раствор ПАК использовали для приготовления композиций путем добавления в него расчетного количества соответствующего модификатора и перемешивания композиции в течение 2,5 ч для полного завершения взаимодействия модификатора с концевыми ангидридными группами ПАК.

2.3. Формование пленок

Формование пленок осуществляли на стеклянной пластинке. Расчетное количество вязкого раствора ПАК разбавляли ДМФА до достижения жидкой консистенции (концентрация раствора ~7 – 10%) и выливали на стеклянную пластинку, а затем равномерно распределяли по поверхности пластинки с образованием слоя определенной толщины и помещали в сушильный шкаф с температурой 60 – 70° С, где в течение 4–5 час из ПАК полностью удалялся растворитель и образовывалась твердая пленка, которую затем снимали с подложки и подвергали высокотемпературной дегидроциклизации.

2.4. Термическая имидизация ПАК-пленок

Вторая стадия – дегидроциклизация ПАК с образованием полиимида (проводится, как правило, на изделии из форполимера при ступенчатом подъеме температуры до 300–320 °С или посредством химической обработки. При термической имидизации ПАК-пленок образуются конечные продукты – полиимидные пленки.

ПАК–пленку помещали в циклизатор – колбу из кварцевого стекла, соединенную с системой подачи инертного газа (осушенного азота) и погруженную в расплав сплава Вуда. Постепенно за три часа температуру в циклизаторе поднимали до 300°С. Выделяющаяся в процессе циклизации вода в виде пара удалялась из циклизатора потоком инертного газа. После окончания имидизации циклизатор охлаждали и извлекали из него полиимидные пленки.

Процесс имидизации пленок контролировали ИК-спектроскопией по изменению интенсивности полос поглощения с максимумами при 720, 1720 и 1780 $см^{-1}$, характерных для пятичленных имидных циклов. Спектры поглощения пленок снимали на Фурье-ИК-спектрометре Nicolet 7101. Степень имидизации определяли как отношение интенсивности спектральной линии 1780 $см^{-1}$ пленки, прогретой в течение определенного времени при заданной температуре, к интенсивности этой линии для пленки, прогретой при ступенчатом подъеме температуры до 320 °С в течение 2 ч и выдержке при 320 °С в течение 15 мин, при котором процесс имидизации завершается полностью.

3. Результаты и их обсуждение

Выбор ароматических триаминов модифицирующих агентов полиимидов связан с тем, что данные соединения являются представителями веществ, способных вступать в реакцию взаимодействия с ПАК по концевым группам, если эти концевые группы являются звеньями циклического диангидрида. Для того, чтобы концевыми функциональными группами в макромолекулах ПАК были ангидридные группы, при проведении синтеза ПАК пиромеллитовый диангидрид необходимо брать с некоторым избытком по отношению к его эквимольному количеству. Поэтому одна из задач данного исследования состояла в определении оптимального избытка диангидрида при получении ПАК, используемой для модифицирования триамином. Установлено, что оптимальным избытком пиромеллитового диангидрида при получении ПАК, используемой для модифицирования, является диапазон 5 – 7 %. Более низкое содержание концевых ангидридных групп обусловливает невозможность введения такого количества модифицирующего агента, которое заметно отражалось бы на свойствах модифицированного полимера. Увеличение количества избыточного диангидрида приводит к тому, что получаемая ПАК имеет очень низкую вязкость и, следовательно, низкую молекулярную массу, что приводит к тому, что основные эксплуатационные характеристики пленок, особенно физико-механические свойства, резко снижаются. Введение же в такую ПАК соответствующего большого количества полифункционального модификатора приводит к тому, что происходит быстрая желатинизация модифицированной ПАК, что связано, вероятно, с тем, что в ней образуется плотная пространственная сетчатая структура за счет взаимодействия аминогрупп модификатора с концевыми ангидридными группами ПАК. Образование гелеобразной структуры препятствует растворению форполимера и не позволяет получать модифицированные полиимидные пленки.

Желатинизация ПАК под воздействием полифункционального модифицирующего агента может произойти и при содержании модификатора, укладывающемся в установленный диапазон (5 – 7 %), но при длительном времени взаимодействия ПАК и модификатора. Проведенным исследованием показано, что для достижения оптимальных характеристик модифицированных пленок необходимо проводить перемешивание модифицируемой ПАК с добавкой модификатора в течение не более 2 ч. Превышение этого времени приводит к потере модифицированной композицией текучести и растворимости в ДМФА.

Определяющее влияние на качество модифицированных пленкок оказывает глубина завершения процесса внутримолекулярной циклизации ПАК, протекающей с образованием сшитой полулестничной полиимидной структуры и выделением воды. Проведенное изучение термической твердофазной имидизации пленок из ПАК, модифицированных соединениями I и II, показало, что процесс протекает аналогично процессу дегидроциклизации линейных ароматических ПАК. Как видно из *рис. 1*, на котором приведены ИК-спектры пленки ПАК, модифицированной соединением I, повышение температуры и времени термообработки приводит к снижению интенсивности полос поглощения о-карбоксиамидных звеньев (область 3600–2000 $см^{-1}$) и возрастанию интенсивности полос 720, 1580, 1720 и 1780 $см^{-1}$, связанному с появлением и увеличением в макромолекулярных цепях концентрации пятичленных имидных циклов.

Приведенные на *рис. 2* кинетические кривые циклизации ПАК, модифицированной соединением I, рассчитанные по полосе поглощения 1780 $см^{-1}$, показывают, что степень циклизации полимера возрастает с повышением температуры и увеличением продолжительности термообработки, но при каждом значении температуры она достигает предельного значения.

Рис. 1. ИК-спектр полипиромеллитимидной пленки, модифицированной ароматическим триамином I:
а)– спектр пленки, термообработанной при 250 °С в течение 5 мин.; *б)*– спектр пленки, термообработанной при 300 °С в течение 15 мин

Как показало исследование, применение ароматических триаминов для модифицирования полипиромеллитимида приводит к получению полиимидных пленок, имеющих высокие механические характеристики и термостойкость, характеризующуюся температурой 5%-ной потери массы T_5 = =405 °С. Практически введение этих модификаторов в полиимид приводит к тем же результатам, что и использование других веществ, формирующих разветвленную сетчатую структуру полимера, которую можно представить схематически следующей формулой:

,

где P =

Отличительным свойством использованных модификаторов является их способность придавать полиимидным пленкам после имидизации темно-коричневую окраску, что связано, по-видимому, с тем, что в полиимидах, модифицированных данными ароматическими модификаторами, цепи полисопряжения существенно более протяженные, чем у немодифицированных. Такая темная окраска пленки открывает перспективу использования модифицированного полиимида в качестве материала межслойной изоляции БИС и СБИС с повышенной контрастностью, что особенно важно при получении элементов с микронными и субмикронными размерами.

Рис. 2. Кинетические кривые циклизации полипиромеллитамидокислоты, модифицированной триамином I при 150 (кривая 1), 200 (кривая 2) и 250 °С (кривая 3)

Литература

1. *Глоба А. И.* Композиционные материалы на основе полиимидов.// Сб. тез. докл. Междунар. студ. форума «Образование, наука, производство», ч.2. Белгород, 2002, с.24.
2. *Крутько Э. Т., Прокопчук Н. Р.,Глоба А. И.* Влияние твердой поверхности на процесс формирования и характеристики полиимидной пленки // Труды БГТУ. Серия IY. Химия и технология органических веществ. Вып.XI.2003, с.106–109.

©БГТУ

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИИМИДЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ В МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

***А. И. ГЛОБА*, Э. Т. КРУТЬКО**

Aim of research – working out polyamide composition which suitable to forming function layers different fixing in production integral shame. Modification poliamideaside on the basis of 4,4'-diaminodipheniloxide and piromellit diangidrid receive poliimide cover with higher adhesion to semiconductor materials and higher electrophisic characteristics with falling time of imidizatuon

Ключевые слова: полиимиды ароматические модифицированные

Полиимиды являются очень ценными материалами, обладающими комплексом свойств, открывающим перспективы их использования в самых различных областях новой техники для самых разнообразных целей [1–2]. Однако во многих случаях практическому использованию полиимидов препятствуют некоторые недостатки, которые могут быть хотя бы частично устранены введением в форполимер соответствующих модифицирующих агентов. Например, недостатком ароматических полиимидов при их использовании в качестве покрытий различного функционального назначения в микроэлектронных устройствах (диэлектрических слоев, пассивирующих, герметирующих покрытий) является сравнительно низкая адгезия этих покрытий к полупроводниковому материалу, металлам проводящих дорожек и другим элементам микроэлектронных устройств. Существенным недостатком полиимидов при их использовании в микроэлектронике является также то, что превращение форполимера в полиимид происходит при сравнительно высокой температуре в течение длительного времени. Это приводит к деградации электрофизических характеристик полупроводниковых материалов.

В связи с этим цель данного исследования состояла в разработке полиимидных композиций, пригодных для формирования функциональных слоев различного назначения в производстве интегральных схем.

Основным компонентом разрабатываемых композиций выбрана полиамидокислота (ПАК) на основе пиромеллитового диангидрида и 4,4'-диаминодифенилоксида как наиболее доступный форполимер, удовлетворяющий большинству требований данной области применения.

В качестве модифицирующих агентов испытаны коричная кислота (C6H5CH=CHCOOH), ацетилендикарбоновая кислота (HOOCC=CCOOH) и кетон Михлера. Выбор первых двух реагентов, содержащих ненасыщенные связи и карбоксильные группы, основан на предположении возможности образования при термообработке сшитой полимерной структуры за счет взаимодействия по реакции полиприсоединения концевых аминогрупп ПАК и двойных и тройных связей модификаторов и повышения за счет этого содержания в модифицированном полимере адгезионно-активных гидроксильных групп и ненасыщенных связей. Введением в качестве модификатора кетона Михлера предполагалось добиться ускорения процесса твердофазной имидизации ПАК и сокращение продолжительности имидизации.

При получении форполимера использованием реагенты должны иметь высокую степень чистоты. Для этого 4,4'-диаминодифинилоксид очищали перекристаллизацией из изопропилового спирта с последующей сушкой при 100 °С в течение 1 ч. Пиромеллитовый диангидрид очищали вакуумной возгонкой (сублимацией). Оба исходных реагента хранили в условиях, исключающих попадание влаги (в эксикаторе под вакуумом).

В качестве растворителя использовали диметилформамид (ДМФА), очищенный сушкой над LiH и перегонкой. Модифицирующие реагенты использовали без дополнительной очистки.

Синтез полиамидокислоты осуществляли поликонденсацией расчетных количеств пиромеллитового диангидрида и 4,4’-диаминодифенилоксида в осушенном диметилформамиде при температуре реакционной смеси 10 °С (реактор охлаждали водой со льдом).

Синтез ПАК описывается уравнением:

где Q = ; R′= .

Вначале в реактор загружали расчетное количество растворителя и диамина. Количество вводимого растворителя выбиралось таким, чтобы суммарная концентрация реагентов в нем составляла 13 %. При перемешивании со скоростью вращения мешалки 1 об/с за 10–15 мин диамин полностью растворялся в ДМФА. Затем раствор охлаждали до температуры ~10 °С и в реактор порциями за 10 приемов в течение 30 мин вводили расчетное количество пиромеллитового диангидрида. По мере образования ПАК вязкость реакционной смеси возрастает. По окончании синтеза определяли вязкость 0,5%-го раствора ПАК в ДМФА при 20°С. При проведении эксперимента использовали образцы ПАК, относительная вязкость 0,5%-ного раствора которых в ДМФА при 20°С была равна 1,75–1,8.

Полученный 13 %-ный раствор ПАК использовали для приготовления композиций путем добавления в него расчетного количества соответствующего модификатора и перемешивания композиции в течение 2,5 ч для полного завершения взаимодействия модификатора с концевыми ангидридными группами ПАК.

Каждый из модификаторов вводили в ПАК в отдельности в количестве 1,0; 2,5; 5,0; 7,0 %. Как установлено экспериментально, коричная кислота и кетон Михлера могут быть введены в ПАК в максимальном количестве 2,5 масс.% в пересчете на сухую ПАК. Введение больших количеств этих модификаторов приводит к гелеобразованию и невозможности получения качественного полиимидного покрытия. Количество вводимой ацетилендикарбоновой кислоты может составить до 7 масс.% в пересчете на сухую ПАК без изменения текучести модифицированной композиции. В связи с этим дальнейшие исследования проводили с использованием композиций следующего состава:

ПАК + 2,5 масс.% КК

ПАК + 2,5 масс.% КМ

ПАК + 7,0 масс.% АДК

Очень важное значение при использовании полимерных композиций в микроэлектронике имеет возможность формирования из них пленочных покрытий, которые должны удовлетворяют ряду требований: регулируемая и равномерная толщина, бездефектность (отсутствие трещин, вздутий, пузырей и др.). Для оценки пригодности исследуемых композиций для формирования пленок их нанесение на полупроводниковые пластины проводили методом центрифугирования. Толщина образующейся пленки определяется содержанием сухой полиамидокислоты в растворе, вязкостью ПАК и скоростью центрифуги. Содержание сухой ПАК в растворе регулировали разбавлением исходной ПАК растворителем. Раствор ПАК разбавляли диметилформамидом в пропорции (2 : 1); (3 : 1); (10:1). Порцию ПАК (3 – 5 капель) выливали на кремниевую пластинку и включали центрифугу, устанавливая скорость ее вращения на различные значения: 1450, 2400, 3400, 4400 об/мин. Раствор равномерно распределялся по поверхности пластинки с образованием слоя определенной толщины. Затем пластинки помещали в сушильный шкаф с температурой 45 – 55 °С, где в течение 30 – 40 минут из ПАК удалялось основное количество растворителя и образовывалась твердая пленка, которую затем подвергали высокотемпературной дегидроциклизации. Зависимость толщины полиимидного слоя от степени разбавления ПАК и скорости вращения центрифуги представлена в *таблице 1* и на *рисунке*. Измерение толщины проведено с помощью микроинтерферометра Линника МИИ-4 после напыления алюминия, необходимого для усиления контрастности и повышения точности измерения.

Как видно из этих данных, увеличение разбавления и скорости вращения центрифуги существенно влияет на толщину образующегося покрытия. Влияние вязкости ПАК можно установить, сравнивая данные *таблицы 1 и 2*. Так, толщина слоя при скорости 3400 об/мин для ПАК с $\eta_{уд.0,5}$ = 2,3 составляет 4,2 мкм, а для ПАК с $\eta_{уд.0,5}$ = 1,7 равна 2,8 мкм.

Таблица 1. **Зависимость толщины полиимидного покрытия от скорости вращения центрифуги при различном соотношении ПАК к ДМФА**

Скорость вращения центрифуги, об/мин	Толщина, мкм			
	ПАК без разбавления	Разбавление ПАК:ДМФА = 10:1	Разбавление ПАК:ДМФА=3:1	Разбавление ПАК:ДМФА=2:1
1450	3,40	4,00	2,50	1,53
2400	2,82	3,60	1,70	1,01
3400	2,41	3,10	1,53	0,90
4400	2,05	2,71	1,35	0,52

Таблица 2. **Толщина полиимидного покрытия из модифицированной ПАК с $\eta_{уд.0,5}$ = 1,7 при скорости центрифуги 3400 об/мин**

№ образца	Толщина, мкм	Среднее значение толщины, мкм
1	2,71	2,80
	2,90	
	2,81	
2	2,72	2,72
	2,72	
	2,70	
3	2,90	2,79
	2,77	
	2,71	
4	2,40	2,40
	2,4	
	2,37	
Образец 1 – ПАК, не содержащая модификатора; образец 2 – ПАК, содержащая 2,5 масс.% коричной кислоты; образец 3 – ПАК, содержащая 7,0 масс.% ацетилендикарбоновой кислоты; образец 4 – ПАК, содержащая 2,5 масс.% кетона Михлера		

Как видно из данных *таблицы 2* , введение в ПАК выбранных модификаторов практически не влияет на толщину образующейся полимерной пленки и ее равномерность по поверхности полупроводниковой пластины.

Вторая стадия – дегидроциклизация ПАК с образованием полиимида проводилась на изделии из форполимера при ступенчатом подъеме температуры в сушильном шкафу до 200 °С за 1 час и выдержке при этой температуре в течение определенного времени в атмосфере осушенного азота. При термической имидизации ПАК-пленок образуются конечные продукты – полиимидные пленки. Процесс имидизации описывается схемой:

Выделяющаяся в процессе циклизации вода в виде пара удалялась потоком инертного газа. После окончания имидизации термошкаф охлаждали и извлекали из него образцы.

Рис. Зависимость толщины полиимидного покрытия от скорости вращения центрифуги

◆ – без разбавления, ■ – разбавление 2:1, △ – разбавление 3:1 ✕ – разбавление 10:1

Процесс имидизации пленок контролировали ИК-спектроскопией по изменению интенсивности полос поглощения с максимумами при 720, 1720 и 1780 $см^{-1}$, характерных для пятичленных имидных циклов. Спектры поглощения пленок снимали на Фурье-ИК-спектрометре Nicolet 7101. Степень имидизации определяли как отношение интенсивности спектральной линии 1780 $см^{-1}$ пленки, прогретой в течение определенного времени при заданной температуре, к интенсивности этой линии для пленки, прогретой при ступенчатом подъеме температуры до 320 °С в течение 2 ч и выдержке при 320 °С в течение 15 мин, при котором процесс имидизации завершается полностью.

ИК-спектры немодифицированной ПАК-пленок и ПАК, модифицированной ненасыщенными кислотами и кетоном Михлера показывают, что при температуре 200 °С, использование которой допускается при формировании микроэлектронных устройств на основе арсенида галлия без снижения электрофизических параметров полупроводника, процесс

имидизации можно считать завершенным для не модифицированной ПАК и ПАК, модифицированной КК и АДК после прогрева в течение 4 часов. В композиции ПАК + кетон Михлера предельная степень имидизации достигается после прогрева при 200 °С в атмосфере осушенного азота в течение 2,5 часов. Объяснение этому влиянию модификатора на процесс имидизации можно, вероятно, найти после дополнительного изучения механизма этого взаимодействия.

В интегральных схемах полиимидное покрытие применяется как защитный слой на уже готовые микрокристаллы, защищающее их от воздействия влаги и других вредных воздействий окружающей среды. Поэтому данное покрытие не должно иметь никаких дефектов, обладать хорошей адгезией к рельефному рисунку.

Из-за невозможности определить адгезию традиционными способами – методом решетчатого надреза или методом отслаивания, адгезию модифицированных полиимидных слоев оценивают визуальным способом с помощью микроскопа по наличию в покрытии пузырей, вздутий, отслаиваний, трещин. Сравнивая общее количество годных к использованию микроэлектронных элементов на пластине при нанесении защитного слоя из немодифицированного полиимида и количество таких элементов после нанесения полиимида, модифицированных каждым их модификаторов.

Экспериментально установлено, что для образцов, модифицированных коричной кислотой и кетоном Михлера, адгезия полиимидного слоя к полупроводнику и металлической разводке увеличилась в среднем на 2,8 – 3,0 % по сравнению с немодифицированным полиимидом. Для образца, модифицированного ацетилендикарбоновой кислотой, адгезия осталась такой же как и у немодифицированной ПАК.

Полимерные слои, используемые в микроэлектронных устройствах, должны обладать высокими диэлектрическими характеристиками, без которых их функциональное использование невозможно. В связи с этим нами проведено измерение емкости и проводимости структур конденсаторного типа, в которых в качестве диэлектрика использованы модифицированные полиимидные композиции и рассчитаны для них величины диэлектрической проницаемости и тангенс угла диэлектрических потерь. Измерение емкости и проводимости структур проводили на приборе ЗОНД-А4Ш. Результаты измерений приведены в *таблице 3*.

Из *таблицы 3* видно, что введение в качестве модификатора кетона Михлера в количестве 2,5 % в пересчете на сухую полиамидокислоту, вызывает уменьшение диэлектрической проницаемости на 0,4 по сравнению с немодифицированной ПАК. Для образца, модифицированного коричной кислотой значение диэлектрической проницаемости наоборот увеличилось по сравнению с исходной ПАК, что нежелательно. Значение диэлектрической проницаемости третьей композиции осталось практически неизменным.

Таким образом, проведенное исследование показало возможность существенного улучшения свойств функциональных слоев из полупроводников путем их модифицирования разнообразными реагентами, в частности кетоном Михлера.

Таблица 3. **Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь при частоте 10^6 Гц для полиимидного покрытия**

№ образца	Емкость, пФ	Среднее значение емкости, пФ	Проводимость μS	Среднее значение проводимости, μS	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектр. потерь
Диаметр круга = 1163 мкм						
1	14,15	14,07	3,69	3,69	3,74	3,81
	14,04		3,67			
	14,02		3,72			
	14,08		3,69			
2	15,82	15,81	4,71	4,71	4,07	3,36
	15,82		4,72			
	15,85		4,71			
	15,73		4,71			
3	14,00	14,03	1,98	2,01	3,71	3,78
	14,01		2,00			
	14,04		2,02			
	14,03		2,03			
4	15,33	15,36	4,38	4,43	3,39	3,47
	15,39		4,43			
	15,30		4,46			
	15,43		4,43			

* Номера образцов аналогичны *таблице 2*

Литература

1. *Крутько Э. Т., Прокопчук Н. Р., Мартинкевич А. А., Дроздова Д. А.* Полиимиды. Синтез, свойства, применение // Мн.: БГТУ, 2002. – 303 с.
2. *Адрова Н. А., Бессонов М. И., Лайус Л. А., Рудаков А. П.* Полиимиды – новый класс термостойких полимеров // Л.: Наука, 1968. – 210 с.

© БГТУ

СИНТЕЗ ТУГОПЛАВКИХ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ СТЕКОЛ ДЛЯ ОБОЛОЧЕК ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ С ГАЛОГЕННЫМ ЦИКЛОМ

***Е. М. КОВАЛЕВА*, И. М. ТЕРЕЩЕНКО**

The experimental results of investigation of the researched glass formation after low temperature influence are represented. This glass may be ussed as material for car industries (body hallogen lamp). The temperature of synthesis this glass is about 1580°C. The properties of it: the temperature coefficient of linear expansion – $38{,}52\cdot10^{-7}$ K^{-1}, the temperature of deformation pressure –735°C, $ТК_{100}$=550°C. As a result it gives a good contact with wolframium and low economical effect

Ключевые слова: электровакуумные стекла, лампы ГЛН, спай, вольфрам

Для производства оболочек галогенных ламп накаливания (ГЛН) традиционно используется кварцевое стекло, которое наряду с несомненными достоинствами обладает рядом недостатков, в частности, оно не соответствует по ТКЛР металлической оснастке ламп (вольфрам), склонно к кристаллизации при высоких температурах. Технология получения кварцевого стекла связана с использованием специального оборудования, работающего при высоких температурах. Таким образом, его стоимость намного выше стоимости традиционных силикатных стекол. В связи с этими обстоятельствами весьма актуальной проблемой является замена кварцевого стекла оболочек ГЛН на тугоплавкие силикатные стекла, производимые по традиционной технологии при температурах варки, не превышающих 1600 °С.

Основные требования, предъявляемые к оболочкам ГЛН следующие: высокая температура начала размягчения стекла, малая склонность к кристаллизации, оптимальные значения ТКЛР стекол должны находиться в интервале $(35–42)\cdot10^{-7}$ K^{-1}, стекло должно сохранять высокие электроизоляционные свойства при рабочей температуре.

В работе синтез тугоплавких стекол проводился в области системы $RO–Al_2O_3–B_2O_3–SiO_2–P_2O_5$, где RO представлены оксидами CaO, SrO, BaO, ZnO. В опытные стекла вводились добавки оксидов щелочных металлов (<2 мол.%) для обеспечения снижения температуры варки. Варьирование составов опытных стекол осуществлялось в следующих пределах, мол.%: Al_2O_3 16–24, P_2O_5 3–9, B_2O_3 4–10 за счет уменьшения содержания SiO_2. Основным принципом в проектировании тугоплавких стекол являлась возможность их варки в ванных печах с бассейном из корундоциркониевых огнеупоров при максимальных температурах до 1580 °С. В результате проведенных исследований в качестве оптимального предлагается состав, который удовлетворительно проваривается при температуре, не превышающей 1580°С, что обеспечивает возможность его варки в традиционных регенеративных ванных печах. Он характеризуется высокой устойчивостью к воздействию перепада температуры, низкой склонностью к кристаллизации, температура начала деформации под нагрузкой составляет 735°С, ТК100=550°С, величина ТКЛР составлает $38{,}52\cdot10^{-7}$ K^{-1}, что позволяет получать согласованный спай с вольфрамом.

Основные технологические преимущества при его применении заключаются в следующем: 1) использование методов и приемов традиционной стекольной технологии при получении изделий; 2) соответствие стекла по ТКЛР вольфраму позволяет упростить конструкцию лампы, заменив ленточный спай стекла с молибденовой фольгой на стержневой с вольфрамовой проволокой в малогабаритных лампах и исключить использование переходных стекол при изготовлении токовых вводов со стержневыми спаями, предназначенных для мощных прожекторных ламп; 3) высокая устойчивость к кристаллизации позволяет исключить из технологии производства ламп ГЛН операции, направленные на устранение ее последствий; 4) более низкая температура начала размягчения стекла позволит заменить высокотемпературные кислородноводородные горелки, используемые для обработки стекла, на обычные газовые.

Применение тугоплавкого стекла для оболочек ГЛН, производимых в настоящее время в РБ Брестским электроламповым заводом, позволяет существенно снизить расходы на их производство, поскольку цена импортируемого из Польши кварцевого стекла на порядок превышает себестоимость тугоплавкого стекла, полученного в условиях предприятия.

© УО БГТУ

ОСАЖДЕНИЕ БЛЕСТЯЩИХ НИКЕЛЬ-ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ БОЛЬШОЙ ТОЛЩИНЫ

***О. А. КРАСОВСКАЯ, А. К. БОЛВАКО*, А. А. ЧЕРНИК, И. М. ЖАРСКИЙ**

The possibility of using of impulsive electrolysis for production of a Ni-Fe coatings has been studied

Ключевые слова: сплав, никель, железо, покрытие, импульсный электролиз

Введение

Сплавы Fe-Ni нашли свое применение в электронной промышленности, для записи и хранения информации в компьютерах и других областях техники благодаря своим ценным магнитным свойствам. Электроосаждение – эффективный процесс для получения магнитных пленок: гибкий, дешевый, пригодный для деталей любой геометрии. Магнитные, механические и химические свойства сплавов Fe-Ni определяются рядом факторов, включающих металлургическую структуру и состав сплава. Однако получение сплавов Fe-Ni осложнено аномальным соосаждением. Поэтому изучение оптимальных режимов осаждения этих сплавов, а также получение толстослойных покрытий из них является особенно актуальным [1]. Замена никелевого покрытия на сплав Fe-Ni позволяет значительно удешевить процесс получения коррозионно-стойких покрытий с отличными физико-механическими свойствами [1–3].

В последнее время в промышленности широко стали применяться композиционные электрохимические покрытия (КЭП) на основе никеля. Соосаждение мелкодисперсных частиц приводит к механическому упрочнению покрытий, повышению их антикоррозийных свойств, термостойкости и износостойкости.

Никель чаще всего служит основой для КЭП, так как обладает сродством к большинству частиц, применяемых порошков и легко образует с ними покрытия. КЭП на основе никеля характеризуется высокими твердостью и прочностью, хорошим внешним видом и стойкостью к коррозии. По назначению КЭП на основе никеля условно можно разделить на антифрикционные, жаростойкие, коррозионно-стойкие и абразивные.

К настоящему времени разработаны и осуществлены технологии нанесения алмазных и алмазоподобных пленок, обладающих повышенной твердостью, износостойкостью и другими качествами алмаза. Электрохимический способ изготовления алмазного инструмента прост, не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Преимущества этого способа предопределили его широкое использование для изготовления алмазного инструмента. Процесс нанесения алмазно-гальванического слоя практически можно осуществлять на обычном оборудовании, используемом в гальваническом производстве. Большой спрос на алмазный инструмент стимулирует рост его производства. Наиболее качественный алмазный инструмент получается электрохимическим способом при использовании никеля в качестве металла-связки. Однако такой инструмент достаточно дорог ввиду использования ценного металла–никеля. Поэтому в настоящее время ведутся активные поиски замены никеля никелевыми сплавами [1–3].

Как правило, при получении алмазного инструмента толщина осаждаемого металла составляет, в зависимости от зернистости алмазов, до 500 мкм. Нанесение покрытий с такой толщиной сопряжено с рядом трудностей. И в первую очередь необходимо уменьшить возможность образования дендритов. Чтобы этого избежать, можно использовать режим нестационарного тока [4–6].

Применение нестационарных токовых нагрузок в практике электроосаждения гальванических покрытий позволяет существенно увеличить число переменных факторов при ведении гальванических процессов и тем самым расширить возможности управления свойствами получаемых покрытий [7]. Нанесение покрытий методом импульсного электролиза позволяет существенно улучшить их качество, уменьшить дендридообразование, увеличить блеск покрытий и получить сглаженную поверхность осаждаемого металла. Опыт практического внедрения импульсных технологий позволяет утверждать, что в связи с все более возрастающими требованиями по использованию в электролитах поверхностно активных веществ (ПАВ) импульсные режимы являются перспективным и надежным средством простого и эффективного управления структурой и свойствами покрытий [8]. Установлено, что применение импульсного тока позволяет получать никелевые покрытия с более высокой коррозионной стойкостью.

Таким образом, целью данной работы является разработка технологии нанесения железоникелевых покрытий большой толщины с использованием нестационарного режима электролиза. Это должно увеличить производительность за счет значительного сокращения времени процесса, повысить качество продукции, уменьшить материальные затраты на единицу продукции.

Рис. 1 Внешний вид катодов

1. Методика исследований

Осаждение железоникелевых и железо-никель-алмазных покрытий проводилось из электролита следующего состава, г/л: $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 300, $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ – 90, лимонная кислота – 15. Температура – 70–2°С.

В качестве анодов применяли никель и железо. Во избежание загрязнения электролита анодным шламом аноды заключали в чехлы из ткани «хлорин», которую предварительно обрабатывали 2–10%-ной соляной кислотой. В качестве катодов использовались железные пластины, зубной инструмент – стоматологические стальные сверла (*рис. 1а, б*). Отношение катодной и анодной площадей составляло 1:2.

Подготовка образцов перед осаждением покрытий заключалась в шлифовании наждачной бумагой, обезжиривании, промывке, травлении, промывке. Обезжиривание образцов проводилось в растворе следующего состава, г/л: NaOH – 350, Na_2CO_3 – 30, Na_3PO_4 – 50 при температуре 50°С. Время обработки 5–10 мин. Травление стальных образцов проводилось в растворе следующего состава, г/л: H_2SO_4 (ρ=1,8 г/см^3) – 300 мл/л, глицерин – 10 мл/л при температуре 18–25 °С. Длительность обработки 3 мин.

Время осаждения определялось параметрами электролиза и толщиной покрытия. Как правило, толщина осаждаемого слоя составляла 100 мкм. При осаждении покрытий в импульсных режимах электролиза (пульсирующий ток) изменяемыми были следующие параметры: импульсная плотность тока ($i_{имп}$), время паузы ($\tau_п$) и время импульса ($\tau_и$). Плотность импульсного тока изменялась в интервале от 20 до 50 А/дм^2. Время паузы изменялось от 2 до 20 мс. Время импульса изменялось от 2 до 100 мс.

Импульсная поляризация осуществлялась потенциостатом марки ПИ-50-1.1 в комплекте с программатором ПР-8. Выход по току металла определяли гравиметрически – взвешиванием на весах марки ВЛР-200 с точностью 10^{-5} г.

Внешний вид покрытий контролировался визуально и с помощью металлографического микроскопа стереоскопического марки МБС-10 с увеличением в 100 раз с последующим фотографированием образцов.

Все поляризационные измерения проводились в стандартной трехэлектродной электрохимической ячейке ЯСЭ-2 с никелевым противоэлектродом с помощью потенциостата марки ПИ-50-1.1 в комплекте с программатором ПР-8 и двухкоординатным графопостроителем ПДА-1. Потенциалы измерялись относительно насыщенного хлорсеребряного электрода сравнения ЭВЛ-1М3, соединенного с ячейкой жидкостным мостиком, заполненным исследуемым раствором. Все потенциалы, приведенные в работе, пересчитаны в шкалу нормального водородного электрода.

Рис. 2 Хронопотенциограммы рабочего электрода (время импульса 50 мс, время паузы 20 мс) от плотности тока:
1 – 10 А/дм^2, *2* – 20 А/дм^2, *3* – 30 А/дм^2

Определения содержания железа и никеля в сплавах осуществлялось методом кондуктометрического титрования комплексоном III по разработанной методике [9].

Все графические зависимости строились и обрабатывались с помощью программного пакета Excel 2000. Все числовые результаты обрабатывались с помощью программного математического пакета MathCAD 2001.

Остальные условия экспериментов приведены далее в тексте и в подрисуночных подписях.

2. Результаты и обсуждение

Для исследования параметров электрохимической системы подвергающейся поляризацией импульсами тока прямоугольной формы, были получены хронопотенциограммы как

Рис. 3 Влияние амплитудной плотности тока на содержание никеля в сплаве *(а)* и на катодный выход по току сплава *(б)* (время импульса 50 мс, время паузы 2 мс). Толщина покрытия 100 мкм

показано на *рис. 2*. Как следует из рисунка, с увеличением плотности тока происходит сдвиг потенциала в более электроотрицательную сторону, что способствует совместному и равномерному осаждению железа и никеля на катоде, почти пропорциональному в процентном соотношении, что подтверждается данными химического состава сплава. На *рис. 3а* представлена зависимость содержания никеля в сплаве в зависимости от плотности тока в импульсе. Как следует из *рис. 3а* с увеличением плотности тока до 40 А/дм^2 содержание никеля в сплаве резко уменьшается до 40%. Это может быть вызвано тем, что никель является более электроположительным металлом, чем железо, и разряжается с большим перенапряжением. А так как увеличение плотности тока приводит к сдвигу потенциала катода в более электроотрицательную сторону, то парциальный ток осаждения железа возрастает в большей степени, чем парциальный ток осаждения никеля. Дальнейшее увеличение катодного потенциала сопровождается осаждением на катоде сплава с возрастающим содержанием железа, так как скорость процесса разряда катионов никеля может достигать предельного значения и оставаться постоянной.

Вторым переменным фактором, влияющем на процесс электрокристаллизации сплава в импульсном режиме является время паузы. На основании полученных хронопотенциограмм построены гальваностатические поляризационные кривые *(рис. 4)*, отражающие влияние времени паузы. Как следует из *рис. 4,* с увеличением времени паузы потенциал электрода становится электроположительнее, что создает условия для более длительного разряда электроположительного компонента (никеля) на поверхности электрода. Из этого следует, что увеличение времени паузы ведет к снижению никеля в осадке. Последнее утверждение подтверждается экспериментальными данными: увеличение времени паузы с 2 до 100 мс приводило к снижению содержания никеля в сплаве с 65 до 15%, а также к снижению выхода по току сплава в зависимости от плотности тока на 20–40%. Кроме того установлено, что чем короче время паузы, тем лучше и равномернее получаемое покрытие (более мелкозернистое и блестящее).

Данные факты можно объяснить следующим образом. Во время перерыва тока происходит пассивирование поверхности катода, заключающееся в окислении поверхности или адсорбции на активных участках вводимых ПАВ. В результате пассивирования происходит уменьшение числа активных участков поверхности катода. Вследствие этого при наложении импульса тока происходит резкое увеличение истинной плотности тока и соответственно увеличение доли тока на процесс разряда водорода.

Третьим переменным фактором импульсного электролиза является время импульса. Крутой спад прямых импульсов тока вызывает увеличение размаха колебаний потенциала электрода. Это влияет на структуру поверхностных кристаллических новообразований. С ростом амплитуды прямого импульса повышается скорость образования кристаллических зародышей и, соответственно, это влияет на скорость роста кристаллов. Сплошной начальный слой металла превращается в подкладку, т.е. основу для дальнейшего роста покрытий. Наличие такой сплошной мелкокристаллической подкладки способствует в последующем получению мелкокристаллического равномерного осадка. Хронопотенциограмма, представленная на *рис. 5* отражает следующую зависимость: при увеличении времени импульса амплитудные значения катодного потенциала достигают наибольших значений, что приводит к перераспределению парциальных составляющих токов восстановления никеля, железа и водорода. Это позволяет водороду, выделившемуся в большом количестве на катоде, внедряться в кристаллическую решетку металла. Следовательно, большие значения катодного потенциала и малая

Рис. 4. Гальваностатические поляризационные кривые при времени паузы 50 и 20 мс

Рис. 5. Хронопотенциограммы рабочего электрода (плотность тока 10 А/дм^2, время импульса 50 мс) при времени импульса *1* –2 мс, *2* – 10 мс, *3*– 20 мс

скорость его уменьшения способствует образованию «сидячих» водородных пузырьков, что способствует улучшению получаемого покрытия ввиду уменьшения содержания в нем посторонних примесей.

С ростом времени импульса с 10 до 100 мс происходит уменьшение содержания никеля в сплаве с 75 до 35% и увеличение выхода по току сплава до 85% при плотности тока 30 А/дм^2 и длительностью паузы 2 мс. Такие же зависимости наблюдались и при других режимах электролиза.

Наиболее качественные и блестящие покрытия были получены при плотности тока 30 А/дм^2 и длительности катодного импульса от 20 до 50 мс.

Важным фактором при осаждении сплавов является постоянство состава электролита, а в случае сплава железо-никель еще и содержание катионов Fe^{3+} в растворе. Данные химического анализа представлены в *табл.* 1. Как следует из представленных данных, электролиз при оптимальных условиях не приводит к изменению концентрации ионов никеля в растворе, а уменьшение содержания Fe^{2+} находится в допустимом интервале. Концентрация ионов Fe^{3+} изменяется незначительно и не влияет на качество получаемых осадков.

Табл. 1 **Изменение концентрации катионов Ni^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+} в растворе во время электролиза**

Время, мин	8,5	17	25,5	34	42,5	51
c(Ni^{2+}), г/л	73	73	73	73	73	73
c(Fe^{2+}), г/л	270	268	265	255	251	248
c(Fe^{3+}), г/л	0	0,0235	0,0456	0,0623	0,0865	0,1026

Заключение

Таким образом, анализ всех данных, полученных в ходе проведенных экспериментов, позволяет проследить динамику осаждения сплава железо-никель методом импульсного режима. С увеличением длительности катодного импульса увеличивается скорость образования кристаллических зародышей и скорость роста кристаллов. В зависимости от длительности паузы происходит полное или частичное выравнивание концентрации катионов в католите. Внешний вид полученных покрытий позволяет сделать вывод о том, что с увеличением длительности катодного импульса наблюдается улучшение качества покрытия и увеличение его блеска. Увеличение плотности тока, времени паузы и времени импульса приводит к снижению содержания никеля в сплаве. Выход по току сплава растет с увеличением времени импульса и уменьшением времени паузы.

Литература

1. *Черник А. А., Красовская О. А., Болвако А. К., Жарский И. М.* Использование импульсного электролиза для получения блестящих покрытий на основе сплава Ni-Fe // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей», 8–11 сентября 2003г. Кострома.
2. *Черник А. А., Красовская О. А., Болвако А. К., Жарский И. М.* Новая технология получения никель-железных покрытий // Материалы Междунарной нучно-технической конференции «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов» 26–28 ноября 2003 г. Минск. – С. 385–386.
3. *Красовская О. А., Болвако А. К., Черник А. А.* Использование нестационарного электролиза для получения функциональных покрытий // Пятьдесят шестая студенческая научная конференция. 22 апреля 2003 г., Ярославль: Тезисы докладов. -Ярославль: Изд-во ЯГТУ, – 2003. – 244 с. С. 124–125.
4. *Черник А. А., Болвако А. К., Жарский И. М.* Получение толстых блестящих осадков никеля с использованием импульсного тока // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей», 8–11 сентября 2003г. Кострома. С.
5. *Рогозина С. Н., Болвако А. К., Черник А. А.* Нанесение блестящих никелевых покрытий с использованием импульсного электролиза // Сборник статей VII Республиканской научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС-2002). УО «ВГТУ». – Витебск, – 2002. – 405 с. С. 123–125.
6. *Черник А. А., Рогозина С. Н., Болвако А. К., Жарский И. М.* Интенсификация процесса нанесения КЭП Ni-алмаз на стоматологический инструмент // Материалы Международной научно-технической конференции «Новые технологии в химической промышленности», 20–22 ноября 2002. Минск. Ч.2 296с. – С.156–160.

7. *Костин Н. А.*/Перспективы развития импульсного электролиза в гальванотехнике // Гальванотехника и обработка поверхности.– 1992.– Т.1, №1.– С. 16–18.
8. *Иванова Н. П., Капица М. С., Смоляг Н. Л., Жарский И. М.* Использование нестационарных токовых режимов электролиза при осаждении гальванических покрытий // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2000.– Вып.8. – С. 34–44.
9. *Красовская О. А., Поповская Н. Ф.* Определение железа в сплавах, полученных в импульсном режиме // Материалы 54-й студенческая научно-техническая конференции. 19–24 мая 2003 г., г. Минск. Мн.: БГТУ, 2003. Ч.2. 324с. С. 23–24.

©БГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

***С. В. НЕСТЕРОВА*, Э. Т. КРУТЬКО, С. Г. МИХАЛЕНОК**

Functionally replaced derivatives of pyrazole lines synthesized by the reaction of 1,3-dipolar cycloaddition. On the basis of the spectral data, chemical transformations and physical and chemical constans the structure of the products is established. Hardening ability of azoles and amides is investigated on an example of epoxy melamineformaldehyde coverings. The mechanism of hardening under action of amide type modifiers is offered. Process of a photo- and thermostabilization of polythene is investigated on the basis of action of stabilizers of analogues of the substances entering an intramolecular oxidation reduction transformation.

Ключевые слова: азосоединения, отвердитель, полиолефин, стабилизатор, окислительно-восстановительная перегруппировка

Сегодня тонкие химические технологии характеризуются повышенным интересом к области азосоединений. В результате исследований синтезиуются не описанные ранее вещества, содержащие новые структурные фрагменты. Задача исследователя в этом случае состоит не только в отработке оптимальных условий синтеза, но и в доказательстве его практической значимости.

В качестве покрытий широко применяются эпоксидные и меламино-формальдегидные олигомеры, но расширению границ их использования препятствуют высокая хрупкость, плохая адгезия к покрываемым материалам. У модифицированных олигомеров физико-механические, диэлектрические показатели значительно улучшаются.

На первом этапе работы был проведен синтез амидных потенциальных отверждающих добавок образцов эпоксидных смол. Оказалось, что наивысшие механические и прочностные качества достигаются при введении отвердителей в концентрации 0,8–2% мас. Так, добавление 0,8% мас. амида увеличивает ударную прочность образца в 2 раза. Твердость по маятнику возрастает от 3% до 10%. Сопоставление условий образования пространственной структуры приводит к выводу, что оптимальными условиями отверждения являются температура 100–110°С и время 3,5 ч. Предположительно, в данном случае идет отверждение аминного типа, которое включает в себя стадию полимеризации эпоксидного цикла по ионному механизму. Тогда очевидно, что наилучшими показателями будет обладать покрытие, модифицированное амидом, в котором метильная группа, являющаяся электронодонором, находится в *п*-положении по отношению к амидной и увеличивает электронную плотность на атоме азота.

Исследование отверждающей способности проводилось также на образцах меламино-формальдегидной смолы. Модификаторами выступали амиды и функционально замещенные производные 4,5-дигидро-1Н-пиразолов. Предполагалось, что за счет химического взаимодействия гидроксиметильных групп с амидной группой или в результате присоединения к гетероциклу (в случае азолов), олигомер будет приобретать пространственное строение, что приведет к улучшению механических характеристик, но анализ данных показал снижение эксплуатационных свойств. Вероятно, отрицательный результат обусловлен пространственными затруднениями образования трехмерной сетки. Исходя из имеющихся реакционных центров в добавках, химическая модификация полимера все же представляется возможной. Этого можно достичь, если модификаторы вводить на стадии поликонденсации олигомера, т. к. в промежуточных продуктах синтеза содержится большое количество реакционно-способных групп.

Третий этап работы был посвящен исследованию возможности применения азосоединений в качестве свето- и термостабилизаторов полимеров. Открытая ранее внутримолекулярная окислительно-восстановительная перегруппировка эпоксиалканоилпиразолинов, которая включает миграцию протона от C_3–Н пиразолинового кольца первичного аддукта, енолизацию и 1,5-сигматропный сдвиг, результатом чего являются ароматизация азольного и восстановительное раскрытие оксиранового циклов, дала возможность предположить, что аналоги данных соединений, не содержащие эпоксиалканоильный фрагмент, могут восстанавливать гидропероксидные и эпоксидные группы, возникающие в процессе термодеструкции полиолефинов. В результате идет поглощение избыточной энергии

и разложение кислородсодержащих связей. Показано, что это предположение находится в согласии с данными дифференциально-термического и термогравиметрического анализа модифицированных образцов. Наилучшими стабилизирующими свойствами обладают соединения, в структуре которых присутствуют электроноакцепторные группы, облегчающие протекание вышеописанного процесса.

©БГТУ

ЭМИССИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТАДИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю. В. ПОЛЯНСКАЯ, **В. Т. ЛИПИК, Н. Р. ПРОКОПЧУК**

In this work the researches of emission definition from polyvinylchlorid, polystyrene, polyethyletherephtalate at an using stage are carried out. The gas chromatography was applied for identification and quantitative definition of emission products. Mainly the oxidation products of macromolecules trailer sites and sites of an irregular structure of polymers prevail in emission at heating of polymers. Benzene, styrene, acetaldehyde, toluene, phenol, ethylene and other hydrocarbons have been found in structure of a gas phase at heating of polymers up to 100°C. Temperatures when emission of hydrocarbons starts from polymers are established. It were 50°C for polystyrene, and 60°C for polyethyletherephtalate and polyvinylchlorid

Ключевые слова: полимерные материалы, окислительная термодеструкция, эмиссия

Введение

Полимерные материалы все большие и больше входят в повседневную жизнь человека. XX век называют веком полимерных материалов. Благодаря своим незаменимым свойствам они широко представлены в сфере потребления, заменяя изделия из дерева, стекла, металлов. Обладая рядом полезных качеств, полимерные материалы могут являться фактором опасности для человека на различных стадиях жизненного цикла – от производства до утилизации. Например, более половины веществ, содержащихся в воздухе жилых помещений, представлены продуктами, выделяющимися из полимерных изделий. Это мономеры, пластификаторы и другие вещества, входящие в состав разнообразных полимерных композиций. То есть применение полимерных материалов имеет и положительные и отрицательные стороны. С одной стороны использование полимеров сокращает потребление других материалов, продлевает срок службы изделий. С другой стороны применение, утилизация полимерных материалов порождает ряд проблем, иногда являющихся следствием их достоинств. Стойкость к воздействию атмосферных факторов, многокомпонентный состав, неподверженность биодеградации обеспечивает длительное хроническое воздействие на окружающую среду. То есть при оценке «экологичности» производимой продукции необходимо оценить ее воздействие на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла. Это позволит получить не только реальное представление о воздействии полимерных материалов на окружающую среду, но и обоснованно подходить к созданию новых полимерных композиционных материалов, применению того или иного полимера в различных отраслях. На стадии использования полимерные материалы в наибольшей степени оказывают влияние на человека, поскольку он подвержен длительной экспозиции вредных веществ, выделяющихся из полимеров, которые окружают его в повседневной жизни дома и на работе.

Данное воздействие полимерных материалов чрезвычайно сложно установить, поскольку вредные вещества выделяются из полимеров в очень малых количествах. Опасность такого хронического воздействия в том, что оно не отражается на здоровье человека в виде острых заболеваний. Поскольку концентрации вредных веществ, попадающих в окружающую человека среду из полимеров в результате деструкции под воздействием атмосферных факторов чрезвычайно малы, то имеет место хроническое воздействие, последствия которого проявляются через отдаленные промежутки времени. При деструкции полимера в среде воздуха при температурах 50–1000 °С, имеет место окислительная термодеструкция с участием кислорода. При горении деструкция происходит за счет разложения полимера под воздействием тепла и, как установлено, без участия кислорода. Кислород участвует лишь в окислении продуктов деструкции [1]. Таким образом, продукты окислительной термодеструкции и термической деструкции отличаются коренным образом. Поэтому невозможно проводить экстраполяции между горением и окислительной термодеструкцией, поскольку различен механизм. Безусловно, эмиссия вредных веществ из полимеров при температурах до 1000 °С чрезвычайно мала. Но выделение вредных веществ из полимеров при этом все же происходит пусть даже в незначительных количествах. Поэтому представляет интерес установить качественную и количественную эмиссию из полимерных материалов на стадии использования, чтобы определить возможные последствия, которые несет массовое применение полимерных материалов организму человека.

Среди всех полимерных материалов, кроме полиолефинов, полистирол, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат используются в наибольшем количестве и именно их воздействие на организм че-

ловека проявляется в наибольшей степени, потому что полистирол и полиэтилентерефталат используются в качестве упаковки пищевых продуктов, и вещества, выделяющиеся в результате деструкции данных полимеров, попадают перорально в организм человека. Поливинилхлорид и полистирол используются в строительной индустрии и окружают человека как отделочные материалы. Продукты их деструкции попадают в организм человека ингаляционно. Именно вышеописанные полимерные материалы были использованы в эксперименте для исследования эмиссии вредных веществ в окружающую среду во время эксплуатации изделия. Целью исследования было определение качественной и количественной эмиссии углеводородов из полимеров при температурах 50–1000 °С и установление возможности применения для этой цели газовой хроматографии.

Таблица 1. **Эмиссия из полиэтилентерефталата, мкг/кг полимера**

Вещества	Температура, °С		
	60	80	100
Ацетальдегид	23	45	53
Бензол	–	18	32
Стирол	3	3	5
Ацетофенон	–	–	6

1. Приборы и материалы

В качестве предмета исследования были использованы гранулы полиэтилентерефталата, применяемые для изготовления полиэфирных волокон на ОАО «Могилевхимволокно», оконный поливинилхлоридный профиль фирмы Rehau и измельченные полистирольные стаканы производства ОАО «Полимиз». Исследуемый измельченный до размеров 5×5 мм толщиной 1–2 мм полимер в количестве 100–120 г загружался в герметичную емкость объемом 500 мл, которую затем нагревали в течение заданного времени при необходимой температуре. После нагрева шприцом через герметичную пробку отбиралась газовая проба в количестве 5 мл и проводился анализ продуктов термодеструкции. Эмиссия вредных веществ исследовалась в диапазоне температур 20–100 °С с шагом в 10 °С. При этом полимерные изделия подвергались температурной экспозиции от 5 минут до 3 часов.

Для анализа состава газовой фазы при термодеструкции поливинилхлорида применяли газожидкостную хроматографию. Исследование продуктов эмиссии полимеров проводилось на газовом хроматографе Цвет-800 с пламенно-ионизационным детектором, с пределом детектирования 4×10^{-12}г/см^3. Разделение продуктов термодеструкции исследуемых полимеров осуществлялось на колонке длиной 4 м, диаметром 3 мм, заполненной силохромом С-80 фракции 0,16–0,25 мм. В качестве газа-носителя использовался азот, расход которого составлял 30 мл/мин. Расход воздуха – 400 мл/мин, водорода – 30 мл/мин, температура детектора – 220°С, температура колонок термостата изменялась от 50 до 200°С со скоростью 8°С/мин. Для идентификации продуктов эмиссии применяли также капиллярную колонку, длиной 25 м, диаметром 0,25 мм, со стационарной фазой HP-5MS (Crosslinked 5% PH ME Siloxan). Каждый эксперимент был проведен три раза с последующим усреднением результатов.

2. Эмиссия из полиэтилентерефталата

Известно, что полиэтилентерефталат широко используется для изготовления тары для хранения напитков. Данный полимер является устойчивым к влиянию атмосферных факторов, но все же медленная деструкция полиэфира имеет место. ПЭТ разлагается с выделением ацетальдегида, бензола, бензойной кислоты, оксида и монооксида углерода. В мировой практике ПЭТ, контактирующий с продуктами питания, подвергается тестированию на выделение терефталевой, изофталевой кислот, этиленгликоля и ацетальдегида [2]. Данные вещества могут накапливаться в продуктах, контактирующих с полимером и оказывать негативное воздействие на организм человека.

Полиэтилентерефталат оказался наиболее устойчивым полимером к нагреванию из исследованных полимеров. При изучении выделения химических веществ из ПЭТ, начиная лишь с 600°С, в газовой фазе качественно были обнаружены продукты окислительной термодеструции. На хроматограмме газовой фазы были качественно идентифицированы пики этилена и ацетальдегида, говорящие о возможных процессах термодеструкции, происходящих в полимере. Массовая доля выделившегося этилена от массы полимера составляет 1,5×10–5%. При более высокой температуре термодеструкция ПЭТ протекает с выделением ряда веществ. При 1000°С происходит эмиссия ацетальдегида, бензола, фталевого ангидрида. Массовая доля выделившихся продуктов при этом составляет порядка 10–4 % от массы полимера. Состав продуктов термодеструкции, выделяющихся из полиэтилентерефталата представлен в *табл. 1*.

Исходя из данных *таблицы 1*, можно утверждать, что до 60 °С не наблюдается существенной деструкции полимера, а выделяемые вещества можно оценивать как остаточное количество продуктов термодеструкции, оставшихся в полимерной матрице при изготовлении полимера и формовании изделия из него. Даже при температуре 100 °С не наблюдается резкого увеличения эмиссии, что позволяет предположить, что окислительная термодеструкция при данной температуре не происходит или имеет место в незначительной степени, а скорее всего происходит усиление процесса миграции ранее

Таблица 2. **Эмиссия вредных веществ из поливинилхлорида, мг/кг полимера**

Идентифицируемые вещества	Температура, °С		
	60	80	100
Этилен	–	1,26	3,24
Пропилен	–	1,915	2,18
Бензол	2,9	31,25	61,75
Толуол	–	3,1	9,37

образовавшихся продуктов деструкции из более глубоких слоев полимерной матрицы. Однако состав идентифицируемых веществ позволяет предположить, что в результате формования изделия или экспозиции полимера в условиях проводимого эксперимента при температуре до 100°С возможно происходила деструкция концевых участков макромолекул полиэтилентерефталата.

3. Эмиссия из поливинилхлорида

В последние годы в качестве отделочного материала чрезвычайно широко применяется поливинилхлорид (ПВХ). Около 50% изготавливаемого в мире ПВХ в 2000 году использовалось при изготовлении изделий для строительства (окна, двери, ламинированные полы, внутренний и внешний сайдинг, профили, мебельная фурнитура и др.) [3]. В Японии в 1996 году 90% всех изготавливаемых обоев было сделано из ПВХ. Около 74% всех полимерных труб – это трубы из ПВХ. ПВХ широко используется в медицине (4–5% от общего потребления). Твердый (непластифицированный) ПВХ применяется чаще, чем пластифицированный (мягкий). Потребление твердого ПВХ составляет около 66% от общего потребления [4]. В современном автомобиле 8–9% применяемых пластиков приходится на долю ПВХ. Для Западной Европы характерна следующая структура потребления ПВХ: строительство – 55%, упаковка – 15%, электротехника – 9%, бытовые изделия – 9%, транспорт – 3%, прочие – 9%. В СССР ПВХ использовался для изготовления следующих изделий: трубы – 23,3%, листы – 27,7%, профили – 31%, грампластинки – 0,9%. Ежегодный рост производства ПВХ обусловлен высоким качеством изготавливаемых изделий, их экономичностью. Изделия из ПВХ в среднем на 30% дешевле аналогов из альтернативных материалов. За последние пять лет (1997–2002) производство ПВХ выросло на 5,4%. Возможная опасность изделий из ПВХ при эксплуатации в том, что некоторые компоненты, входящие в состав полимерной композиции ПВХ, могут мигрировать в контактирующие с ним среды. Мигрировать в окружающую среду может остаточный мономер и используемые добавки: пластификаторы, стабилизаторы. Возможность миграции из ПВХ токсичных веществ обусловлена непрочными связями полимерной цепи с пластификаторами, стабилизаторами, наполнителями. Например, исследовалась экстракция винилхлорида из ПВХ водой, уксусной кислотой, этиловым спиртом, маслом. Концентрация винилхлорида в экстрактах достигала 0,01–0,2 мг/л, а максимум – в этиловом спирте 0,365 мг/л. Наблюдалась миграция свинца, цинка из ПВХ водопроводных труб в концентрациях, превышающих предельно допустимые [5]. Значительное количество исследований посвящено миграции пластификаторов из ПВХ. Причем пластификаторы мигрируют не только из ПВХ, но и из других полимеров, в которые они добавляются. Некоторые пластификаторы (диоктилфталат) выполняют роль стабилизаторов, предохраняющих ПВХ от излучения. Диоктилфталат может переходить в жиросодержащие среды при повышенных температурах и продолжительном контакте. В течение 30 суток при 400 °С из ПВХ пленки, содержащей 30% диоктилфталата в различные животные жиры переходило до 35% пластификатора.

При температурах порядка 40–500 °С в газовой фазе при термодеструкции ПВХ хроматографическим методом не было обнаружено пиков, по которым можно было бы количественно определить содержание вещества. Но при нагревании ПВХ до 600°С в составе продуктов эмиссии можно идентифицировать вещества, по времени выхода соответствующие бензолу и этилену. При нагревании ПВХ, начиная с 800°С, в газовой фазе были обнаружены этилен, метан, бензол. Количество бензола, выделившегося из ПВХ при этом, составляло 5×10^{-5} % от массы полимера. В *табл. 2* представлен состав веществ, выделяющихся из поливинилхлорида при температурах до 1000°С.

Из данных исследований следует, что из поливинилхлорида даже при невысоких температурах эксплуатации происходит выделение ряда веществ: непредельных и ароматических углеводородов. Используя полученные данные можно заключить, что в условиях эксплуатации важно использовать полимер при температурах, не превышающих 40–50°С, поскольку дальнейшее повышение температуры приводит к увеличению эмиссии.

4. Эмиссия из полистирола

В 1970 году мировое производство полистирола, его сополимеров и пластиков на его основе составило около 13 % от общего выпуска пластмасс. В настоящее время это число выросла до 18 %, и по объему производства полистирол занимает третье место после полиэтилена и поливинилхлоридных пластиков. Стирол производят блочным, суспензионным и эмульсионным способами. Возможность использования блочного полистирола для изготовления технических деталей и широкого ассортимента изделий бытового назначения (галантерея, игрушки и др.), также его более низкая стои-

мость сравнительно с суспензионным и эмульсионным полистиролом явились основанием для преимущественного развития производства полистирола блочным методом. Объем производства эмульсионным методом невелик, основное его назначение – производство некоторых марок газонаполненных полистиролов. Суспензионный полистирол используется главным образом для производства изделий, в которых содержание остаточного полистирола должно быть минимальным (пищевая промышленность и др.).

Таблица 3. **Эмиссия из ударопрочного полистирола, мг/кг полимера**

Вещества	Температура термодеструкции, °С		
	60	80	100
Бензол	–	1,50	20,51
Толуол	–	13,90	232,64
Стирол	4,5	15,50	283,56

Несмотря на наличие многочисленных работ по исследованию механизма термодеструкции полистиролов, комплексное изучение эмиссии вредных веществ из полимера на стадии использования не проводилось. Полистирол оказывает воздействие на окружающую среду главным образом по причине выделения стирола. Стирол выделяется из полимерной матрицы из-за частичной деструкции и старения. Помимо этого полимер может удерживать небольшое количество остаточного мономера, который постепенно выделяется по мере эксплуатации изделия. Поэтому определение эмиссии из полистирольных полимерных материалов при воздействии на них температур порядка до 100°С актуально в плане определения как механизма деструкции полимера под влиянием атмосферных факторов, так и их воздействия на организм человека на стадии использования.

В качестве объекта исследования был использован ударопрочный полистирол, применяющийся для изготовления одноразовой посуды, содержащий добавку каучука для придания материалу прочности. Можно определить содержание мономера и примесей в полимере путем растворения [6]. Но нет данных о том, сколько этих примесей диффундирует в окружающую среду на стадии использования полимера.

Первые признаки эмиссии из полистирола при проводимом нами исследовании стали заметны при температуре 50°С. При температуре 50°С в продуктах термодеструкции полистирола присутствует бензол в следовых количествах. При температуре 60°С от структурных звеньев нерегулярного строения и от концевых участков макромолекул полистирола начинают отщепляться ароматические кольца, образуя бензол, толуол, фенол. На хроматограмме газовой фазы при 60°С уже отчетливо наблюдаются бензол и толуол, образующиеся, вероятно при отрыве от полимерной цепи ароматических колец с образованием двойной связи в макромолекуле в месте отрыва. Количественно же оценить состав газовой фазы оказалось сложно, можно только утверждать о качественном наличии данных веществ в продуктах выбросов. При повышении температуры выше 60°С в продуктах окислительной термодеструкции полистирола помимо бензола, толуола и фенола появляется стирол, очевидно, являющийся остаточным мономером, поскольку его массовая доля составляет всего лишь 0,001% масс от массы полимерного образца. В незначительных количествах в продуктах термодеструкции присутствует этилен. При повышении температуры до 100°С эмиссия стирола начинает доминировать над выделением других вредных веществ. Полимерная цепь деструктирует хаотично, поэтому в продуктах деструкции присутствует также изопропилбензол и фенилпропан, возможно, обязанные своим выходом тем участкам, от которых уже отщепилось ароматическое кольцо. Изопропилбензол частично разлагается до фенола и ацетона, которые присутствуют в газовой фазе в небольшом количестве. Количественная оценка наиболее ярко выраженных продуктов эмиссии из полистирола до температуры 100°С представлена в *табл. 3*.

В продуктах деструкции присутствуют также несколько изомеров различного строения с тремя (фенилпропен) и четырьмя атомами углерода – 2,4-дифенил-1-бутен, 3-фенил-1-бутен и др (*схема 1*).

Схема 1. Термодеструкция полистирола

Именно таким хаотичным механизмом разрушения макромолекулы можно объяснить наличие в продуктах деструкции изомеров ароматических соединений, таких как стирол, этилбензол, изопропилбензол, толуол, бутилбензолы. В результате термодеструкции полистирола при температуре до 100°С возможно преобладает отщепление от полимерной цепи фенильной составляющей в результате распада нерегулярных полимерных структур, а также диффузия из полимера продуктов деструкции. В результате в газовой фазе присутствуют простые ароматические вещества, а также продукты их окисления, выделяющиеся с поверхности полимера. При повышении температуры процессы разрушения полимерной цепи начинают преобладать, и состав продуктов газовой фазы усложняется присутствием стирола, кумола, а также фенилпропенов–пропанов, фенилбутенов–бутанов и фенилбутадиенов. Но данный процесс практически незаметен до температуры 100°С.

Заключение

В результате работы была установлена эмиссия вредных веществ из полимерных материалов при воздействии температур, которым полимерные изделия подвергаются при эксплуатации; от комнатной до 100°С. С помощью газовой хроматографии была установлена эмиссия из полимеров ряда углеводородов ароматического и алифатического строения. Незначительность эмиссии и ее видовой состав позволяют предположить, что при температурах, при которых полимерные образцы выдерживались в результате эксперимента, скорее всего происходит выделение веществ, которые образовались при деструкции полимеров при их производстве и формовании изделий. Данная миграция начинает отчетливо наблюдаться при температуре 60°С. Наибольшая эмиссия вредных веществ, как количественная, так и качественная, в рассматриваемом диапазоне температур наблюдается у наименее стабильного в этом плане полимера – полистирола. Наибольшую стабильность при экспозиции в условиях эксперимента проявил полиэтилентерефталат. Эмиссия вредных веществ, определенная в результате проведения исследований невелика, но ее необходимо принимать во внимание при интенсивном и массовом использовании полимерных материалов в жилых помещениях и в помещениях с повышенной температурой. Эмиссия вредных веществ происходит в малых количествах, но выделяющиеся вещества постоянно воздействуют на организм человека, находящегося, например, в помещении, отделанном с применением большого количества полимерных материалов и т.п. Преимущественно все выделяющиеся вещества принадлежат к одному и тому же классу веществ по токсикологическому действию, поэтому оценивать вредное воздействие полимеров в условиях помещения необходимо по всем веществам эмиссии, а не по конкретным соединениям, мономерам и т.п. Полученные в результате работы данные применимы при разработке технических условий эксплуатации полимеров, санитарно-гигиенических нормативов и оценке эмиссии вредных веществ из полимеров, оценки воздействия полимерных материалов на организм человека и на окружающую среду.

Литература

1. *Коварская Б. М., Блюменфельд А. Б., Левантовская И. И.* Термическая стабильность гетероцепных полимеров. М.: Химия, 1977. 263 с.
2. Технические и руководящие принципы идентификации и экологически обоснованного регулирования пластмассовых отходов и их удаления . Конференция сторон базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. Женева, 9–13 декабря 2002. 84 с.
3. *Сыркина И. Г., Трегер Ю. А.* Поливинилхлорид: настоящее и будущее // Экология и промышленность России. 2000. №6. С. 29–31.
4. Le PVC et ses application. Lyon : Atochem, Techno-Nathan. 1991. 23 p.
5. *Рублева М. Н.* Миграция токсичных веществ из полимерных трубопроводов // Водоснабжение и санитарная техника. 1956. №1. С. 20–23.
6. *Peter Kusch, Gerd Knupp.* Headspace-SPME-GC-MS Identification of Volatile Organic Compounds Released from Expanded Polystyrene // Journal of Polymers and Environment 2004. №12 (2). P. 83–87.

© БГТУ

ТЕРМОСТОЙКИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МАЛОРАСШИРЯЮЩИХСЯ ФАЗ

***Н. В. СМОЛЬСКАЯ*, Е. М. ДЯТЛОВА**

Technological peculiarities of the ceramic materials synthesis with the low temperature coefficient of linear expansion have been studied. Ceramic materials have been get by two methods: direct synthesis from raw materials and by means of addition in the ceramic mass of preliminary synthesized crystalline phases. Advantage of the direct method from raw materials has been shown. This method provides assigned complex of thermal and physical and mechanical properties

Ключевые слова: термостойкая керамика, кордиерит, эвкриптит, модифицирующая добавка

С развитием новых отраслей высокотемпературной техники вопросы повышения термостойкости оксидной керамики с улучшенными физико-техническими характеристиками становятся все более актуальными. Предприятия Республики Беларусь испытывают большую потребность в конструкционных материалах, способных работать в современных высокотемпературных установках (индукторах, печах сопротивления, лазерах) в условиях резких температурных перепадов, не разрушаясь при этом и сохраняя высокие показатели механических, электро- и теплотехнических свойств. Такие материалы должны обладать одновременно не только механической прочностью, стойкостью к воздействию высоких температур, но и быть термостойкими. Одним из основных факторов, определяющих стойкость материалов к термоудару, является малая величина его температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР).

Целью работы являлась разработка материалов на основе сочетания различных фаз, имеющих положительные свойства: высокую термостойкость и механическую прочность, низкий ТКЛР, хорошие электроизоляционные свойства.

Исследования проводились на основе системы $Li_2O–MgO–Al_2O_3–SiO_2$, в области кристаллизации кордиерита и эвкриптита. Керамический материал оптимального состава, полученный на ее основе, имеет положительный ТКЛР, равный $10·10^{-7}$ K^{-1}. Однако он имеет недостатки: узкий интервал спекания, низкую механическую прочность и электрическое сопротивление (10^9–10^{10}Ом·см), что обусловлено наличием подвижного иона лития; невысокую температуру эксплуатации до 1200°С. В качестве марганецсодержащих компонентов использовали предварительно спеченный при температурах 1100–1280°С пирофанит в количестве 5–15%, а также вводили оксиды марганца и титана в стехиометрическом соотношении пирофанита (2:1) с обеспечением аналогичного количества данной фазы в матрице.

Для синтеза опытных образцов использовали глину огнеупорную, тальк онотский, глинозем, карбонат лития и различные добавки. Помол материалов осуществляли в вибромельнице до остатка на сите 0,01 не более 2%. Влажность пресспорошка составляла 7–10%. Образцы формовали полусухим прессованием в виде дисков размерами: диаметр 30 мм и высота 15 мм. Сушку образцов проводили в сушильном шкафу при температуре 100±5°С, обжиг – в электрической печи в интервале температур 1100–1200°С.

На основании проведенного исследования установлены зависимости ТКЛР от параметров спекания и выбран оптимальный температурный режим термообработки – 1100 °С с выдержкой 1 ч. Значения ТКЛР находятся в интервале от $–0,6·10^{-6}$ K^{-1} до $+1,2·10^{-6}$ K^{-1} и непосредственно связаны с технологическими приемами синтеза, а именно введением оксидов или введением спеков. ТКЛР опытных образцов уменьшается, причем более эффективно его снижают оксиды.

В результате выбран оптимальный состав с содержанием отдельно введенных оксидов марганца и титана в количестве 4,7 и 5,3% соответственно. Синтезированная термостойкая керамика на основе оптимального состава имеет следующие характеристики: водопоглощение – 9,2%; пористость – 21,2%; плотность – 2100 кг/м^3; ТКЛР – $4,6·10^{-7}$ град$^{-1}$; теплопроводность – 0,93 Вт/м·К; механическая прочность при сжатии – 63 МПа; термостойкость – более 100 теплосмен.

Фазовый состав керамики оптимального состава представлен сапфирином, форстеритом, сподуменом, шпинелью и соединением Li_2MnTiO_4. Преобладающими фазами являются сподумен, шпинель, форстерит, а остальные – сопутствующие.

Таким образом подтверждена перспективность синтеза марганецсодержащей кордиеритовой керамики, обладающей чрезвычайно низкими ТКЛР, что позволит использовать ее в тепловых установках, работающих в условиях резкого термоциклирования.

©БГТУ

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ, НАПОЛНЕННЫХ ДРЕВЕСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

***Е. В. ШУБЕНКОВА*, В. П. СТАВРОВ**

We have studied the influence of filling and wood-article dimansion degree on structure characteristics, elastic and strength properties of composite material on polypropylene basis in flat articles, made by pressing preplacticized composites

Ключевые слова: композиционные материалы, полипропилен, древесные отходы, прогнозирование

Композиционные материалы, содержащие волокнистые наполнители растительного происхождения и термопластичные полимеры в качестве матрицы, в связи с возрастающими требованиями к экологической чистоте, энергоемкости и трудоемкости промышленной продукции относятся к перспективным конструкционным материалам. Цель данной работы – оценка влияния стохастической ориентации частиц на деформационные свойства композиции в изделиях.

Таблица **Постоянные упругости композиций с различной степенью наполнения и ориентацией древесных частиц**

Ориентация частиц	P	E_1, ГПа	E_2, ГПа	E_3, ГПа	μ_{23}	μ_{12}	μ_{13}	G_{23}, ГПа	G_{12}, ГПа	G_{13}, ГПа
Хаотическая в пространстве	0,2	2,23			0,34			0,84		
	0,4	2,71			0,32			1,03		
Хаотическая в плоскости	0,2	1,87	3,02	3,02	0,29	0,41	0,41	1,17	0,61	0,61
	0,4	1,92	4,36	4,36	0,26	0,46	0,46	1,73	0,54	0,54
Преимуществен-но вдоль оси x_3	0,2	1,80	1,80	3,76	0,39	0,43	0,39	0,90	0,71	0,90
	0,4	1,81	1,81	5,91	0,43	0,46	0,43	1,16	0,74	1,16

Композицию «термопластичный полимер – древесные частицы» рассматривали как систему анизометрических частиц, стохастически расположенных в матричном материале. Статистическую модель системы частиц, хаотически расположенных в плоскости, строили путем задания совокупности параметров, определяющих длину и расположение на плоскости *x*, *y* проекций осей частиц, имеющих форму прямоугольного параллелепипеда с размерами *L*, *b*, *h*, которые являются случайными величинами [2]. Задавали также хаотическое расположение частиц в пространстве (квазиизотропная структура) и текстуру вращения – с преимущественной ориентацией в направлении оси x_3. Находили средние значения (по Фойгту) модулей упругости [3]. Расчеты выполнены для частиц – сосны [3, с. 67], матрица – полипропилен. Результаты расчетов представлены в таблице (P – объемная доля частиц, E_i – модули Юнга в направлении главных осей, μ_{ij} – коэффициенты Пуассона, G_{ij} – модули сдвига).

Таким образом, в результате расчетов установлено существенное влияние ориентации частиц в изделии на постоянные упругости композиций «древесные частицы – полипропилен». Ориентацию частиц следует учитывать при оценке упругих свойств композиций и расчетах изделий на жесткость и прочность.

Литература

1. *Свириденок А. И.* и др. Экологически чистые композиционные материалы на основе вторичных растительных ресурсов и термопластичных полимеров // Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности: Матер. конф. Минск: БГТУ. 1999. – С. 340–342.
2. *Волков С. Д., Ставров В. П.* Статистическая механика композитных материалов. Минск: Изд-во БГУ, 1978.
3. *Ашкенази Е. К., Ганов Э. В.* Анизотропия конструкционных материалов. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1972.

Биология
Науки о Земле

©БГУ

ЭЛЕКТРОДИФФУЗИОННАЯ МОДЕЛЬ ВОЗБУДИМОЙ КЛЕТОЧНОЙ МЕМБРАНЫ

***Д. С. АФАНАСЕНКОВ*, П. М. БУЛАЙ**

In this article the model of active cell membrane is described. The model is based on the Poisson-Nernst-Planck electrodiffusion theory and the Hodgkin-Haxley equetions. As a results of the work action potential and ionic currents through membrane is obtained

Ключевые слова: нервный импульс, клеточная мембрана, электродиффузия

Электродиффузионная теория Нернста-Планка-Пуассона широко используется для моделирования и описания транспорта ионов через каналы биологических мембран [1; 2]. Целью данной работы было создание электродиффузионной модели возбудимой мембраны для описания формирования внутриклеточного и внешнего потенциала в ходе развития потенциала действия.

В ходе моделирования был рассмотрен одномерный случай формирования потенциала в системе состоящей из однородной мембраны толщиной 10 нм и прилегающих областей внеклеточной и внутриклеточной среды 15 мкм и 3 мкм соответственно. В заданных областях численно решалась система уравнений Нернста-Планка-Пуассона:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\varepsilon \frac{\partial \phi}{\partial x}) = -\frac{F}{\varepsilon_0}\sum_i z_i c_i \ , \tag{1}$$

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}(D_i \frac{\partial c_i}{\partial x} + D_i \frac{F}{RT} z_i c_i \frac{\partial \phi}{\partial x}), \tag{2}$$

Рис.1. Потенциал действия при температуре 0 °С, полученный с помощью разработанной модели

где ϕ – электрический потенциал, z_i – валентность иона типа i, c_i – концентрация иона типа i, D_i– коэффициент диффузии концентрация иона типа i, ε – диэлектрическая проницаемость, F – постоянная Фарадея, ε_0 – электрическая постоянная, R – газовая постоянная, T – абсолютная температура.

Модель описывает электродиффузию трех типов ионов: натрий, калий и хлор. Коэффициент диффузии каждого иона в растворе считается постоянным. Коэффициент диффузии в мембране определялся в зависимости от трансмембранной разности потенциалов и времени аналогично проводимости в модели Ходжкина-Хаксли [3]. При начальных значениях потенциала ниже порогового в системе устанавливается равновесие. Возбуждение системы приложенным трансмембранным током приводит к развитию потенциала действия, как показано на *рис. 1*.

Литература

1. *Gardner C. L., Jerome J. W., Eisenberg R. S.,* Electrodiffusion model of rectangular current pulses in ionic channels of cellular membranes // J.Applied Mathemetics 1999, Vol.61, No. 3, p. 792
2. *Kurnikova M. G., Coalson R. D.,.Graf P, Nitzan A., A* Lattice Relaxation Algorithm for Three-Dimensional Poisson-Nernst-Planck Theory with Application to Ion Transport through the Gramicidin A Channel // Biophysical Journal 1999,Vol. 76, p. 642–656
3. *Hodgkin A. L., Huxley A. F.* A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve // J. Physiol. 1952 . v. 117 p.500–544.

© БГТУ

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ *BACILLUS MUCILAGINOSUS* И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

***Н. А. БАГНЮК*, Р. М. МАРКЕВИЧ**

Influencing conditions of cultivating *Bacillus mucilaginosus* on properties of cultivated fluid, and her affecting on clay raw is established(installed).

Ключевые слова: керамическая масса, *Bacillus mucilaginosus,* пластичность, коэффициент чувствительности к сушке

Бактерии Bacillus *mucilaginosus* оказывают положительное воздействие на реологические, структурно-механические и сушильные свойства керамических масс [1]. Механизм влияния микроорганизмов объясняют действием продуктов метаболизма, главным образом, полисахаридов и органических кислот. Они образуют комплексные связи с элементами, входящими в состав кристаллических решеток минералов, переводят их в раствор, тем самым способствуют диспергации минералов и повышению пластичности керамических масс.

В литературе отсутствуют точные сведения о характере метаболитов, благодаря которым осуществляется диспергация минералов. Предполагается, что наиболее существенное влияние могут оказывать ди -, три - и поликарбоновые кислоты, окси-, кето- и аминокислоты, гумусовые кислоты. Относительно экзополисахаридов имеется сообщение, что это могут быть полисахариды, содержащие галактозу, глюкозу, маннозу и в небольшом количестве – аминосахара.

Задача наших исследований заключалась в установлении влияния условий культивирования *Bacillus mucilaginosus* на свойства культуральной жидкости, свидетельствующие о накоплении метаболитов, и ее воздействие на глинистое сырье.

Культура *Bacillus mucilaginosus* в виде спорового материала получена из лаборатории МолдНИИстромпроект (г. Кишинев, Молдова). Выращивание бактерий осуществляли на трех видах питательных сред. Для каждого вида питательной среды культуру сначала наращивали в пробирках на агаризованной среде, затем в качалочных колбах при температуре 30 °С. В ходе процесса культивирования через определенные промежутки времени определяли экстинкцию, как показатель, характеризующий накопление биомассы, значение pH культуральной жидкости. Для установления факта синтеза полисахаридов проводили контроль вязкости культуральной жидкости по сравнению с вязкостью исходной питательной среды. Анализ кислот в форме их метиловых эфиров провели методом ГЖХ.

Определена оптимальная среда поверхностного выращивания *Bacillus mucilaginosus* для обработки образцов глины белорусского месторождения «Гайдуковка» слизью, приводящей к более существенному повышению пластичности, снижению коэффициента чувствительности к сушке.

© БГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕСТРУКЦИИ ТОКСИЧНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ ПО «ПОЛИМИР» В АНАЭРОБНОМ БИОРЕАКТОРЕ С ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

***М. В. КУЗНЕЦОВА*, Н. С. РУЧАЙ**

The process of toxic compounds' anaerobic destruction in synthetic fibres production wastewater has been investigated. The extent of biodegradation by anaerobic microorganisms for acetonitrile, methylacrylate and acrylonitrile has been determined. The possibility of the using the anaerobic method for peelings of the sewage of the enterprise has been shown

Ключевые слова: сточная вода, анаэробная деструкция, токсичные соединения, иммобилизованные микроорганизмы

Цель настоящей работы состояла в исследовании анаэробного процесса деструкции токсичных загрязнений сточной воды новополоцкого ОАО ПО «Полимир» в биореакторах с иммобилизованными на волокнистом носителе (насадке «ВИЯ») спонтанно развивающимися микроорганизмами.

В результате проведенных исследований получены данные, показывающие, что эффективность очистки сточной воды и скорость анаэробной биодеградации токсичных соединений возрастают при увеличении температуры процесса в интервале 20–37°С. Наиболее эффективно протекает процесс очистки сточной воды ОАО ПО «Полимир» в анаэробных условиях при температуре 37°С, степень деструкции загрязнений по ХПК при этом составила 73,9%.

Определена степень деструкции отдельных токсичных компонентов сточной воды (ацетонитрила, нитрила акриловой кислоты и метилакрилата) в условиях анаэробной обработки при 30°С с использованием метода газожидкостной хроматографии для количественного определения соединений. Все исследованные токсичные соединения деструктируются анаэробными микроорганизмами. Высокая концентрация токсичных компонентов в сточной воде не оказывает значительного ингибирующего действия на микроорганизмы-деструкторы, степень очистки сточной воды по показателю ХПК составляет 40–87 %. Процесс деструкции микроорганизмами метилакрилата отличается заметным адаптационным периодом, это соединение труднее деградируется микроорганизмами, чем остальные. В наименьшей степени влияет на функционирование активного ила ацетонитрил. Снижение концентрации исследуемых компонентов в исходной сточной воде до 0,05–0,15% приводит к существенному увеличению степени деструкции ацетонитрила и нитрила акриловой кислоты (на 25–30%).

На основании проведенных исследований предложена технологическая схема локальных очистных сооружений ОАО ПО «Полимир». Предварительная очистка химически загрязнённых стоков предприятия осуществляется в анаэробных биореакторах гибридного типа. Параллельно осуществляется сбраживание отходов аэробной очистки стоков в метантенках. Часть надиловой воды метантенков используется для подпитки анаэробных микроорганизмов гибридных биореакторов биогенными элементами. Частично очищенный сток направляется на доочистку на аэробные очистные сооружения. Биогаз, образующийся при сбраживании, используется в качестве топлива в котельных предприятия, осадки из анаэробных биореакторов перерабатываются в биогумус путем вермитрансформации.

Предварительные экономические расчеты свидетельствуют, что в результате внедрения локальной предварительной очистки снизится себестоимость очистки стоков на 15%, норма расхода электроэнергии на очистку 1 м^3 сточной воды – на 25%. Для строительства разработанной установки необходимы инвестиции в размере 860 млн. руб., но эти капиталовложения окупятся через 1,5 года после ввода установки в действие.

© БГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХСПИРАЛЬНЫХ СТРУКТУР МОЛЕКУЛЫ ДНК

***А. В. ШИРКО*, В. Б. НЕМЦОВ, А. Н. КАМЛЮК**

The DNA models in the form of the elastic rod and of the double-helix structure are considered. The parameters for the supercoiled DNA molecule are calculated

Ключевые слова: молекула ДНК, деформация, сверхспирализация

ДНК, дезоксирибонуклеиновые кислоты – это биологический полимер, который играет основную роль в передаче генетической информации. Молекулы ДНК существуют в виде линейной или кольцевой формы. ДНК многих бактерий, вирусов и митохондрий обнаруживаются в форме петель. В этом случае говорят, что она находится в сверхспирали [1, 2].

Простая модель молекулы ДНК в виде цилиндрического упругого стержня дает объяснение многим свойствам ее крупномасштабного поведения, в том числе и сверхспирализации.

Известно, что длинный прямой стержень, закручиваемый двумя моментами, может при определенных условиях потерять устойчивость [3]. Такого рода потеря устойчивости наиболее наглядно проявляется при кручении нитей и канатов. Если нить закручивать, то она очень быстро примет криволинейную форму. Используя подобную модель, была найдена зависимость критического крутящего момента от растягивающей силы.

Интересно определить условия силового и контактного взаимодействия ветвей (жил) и установить, от каких параметров и каким образом зависит угол свивки β.

Задача рассматривается в предположении, что к выходной (замыкающей) петле никаких сил не приложено. Естественно принять, что угол свивки β остается постоянным, а между жилами возникает равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q. Линия контакта представляет собой прямую, а осевая линия каждой жилы – винтовую линию, радиус которой равен радиусу поперечного сечения жилы. В результате была получена зависимость угла свивки β от упругих характеристик молекулы ДНК, а также установлены внутренние силовые факторы как функции этих характеристик.

Молекулу ДНК можно рассматривать как упругий стержень лишь в начальном приближении, т. к. известно, что молекула имеет спиральную структуру [4]. При учете естественной спиральности молекулы ДНК внутренние силовые факторы оказываются зависимыми не только от упругих характеристик молекулы ДНК, но и от угла свивки.

Отличительной особенностью двух представленных моделей сверхспирализации, является то, что модель упругого стержня при известных параметрах жесткости может образовывать свивку только с углом $\beta = 20°$. Напротив, модель, учитывающая спиральность самой молекулы, может образовывает свивку в интервале углов β (от 0 до 330).

Сравнивая результаты вычисления силовых взаимодействий без учета спиральности молекулы ДНК (модель упругого стержня) с результатами, учитывающими спиральность, видно, что при использовании более точной модели строения молекулы силовые показатели несколько выше. Это связано с возможностью получения сверхспиральной структуры с большим углом свивки β за счет исходной спиральности самой молекулы. Однако, следует помнить, что силовые факторы определялись для максимально возможного угла свивки, и при уменьшении β они значительно уменьшаются.

Литература

1. *Marco J. F.* // Europhys. Lett. – 1997/ – V. 38, N. 3. – P. 183–188.
2. *Kamien R. D., Lubensky T. C., Nelson P., O'Hern C. S.* // Europhys. Lett. – 1997. – V. 38, N. 3. – P. 237–242.

3. *Феодосьев В. И.* Избранные вопросы по сопротивлению материалов. М.: Наука 1996.
4. *Nemtsov V. B., Kamluk A. N.* // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2001. – V. 74, N. 5. – P. 1253–1261.

©БГМУ

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ДИСТАНЦИИ И СКОРОСТЬ ЭВОЛЮЦИИ АЛКОГОЛЬДЕГИДРОГЕНАЗ КЛАССА I ХОРДОВЫХ ЖИВОТНЫХ

***А. В. БУТВИЛОВСКИЙ*, Е. В. БАРКОВСКИЙ**

We studied class I alcohol dehydrogenase mRNA sequences in the chordates. We determined that these sequences evolved with approximately constant rate, equal to $0{,}60 \cdot 10^{-9}$ substitutions per site per year. Divergence times for different taxonomic groups in the chordates, that were established using alcohol dehydrogenase mRNA sequences, conform with molecular evolution's data

Ключевые слова: алкогольдегидрогеназа, эволюционная дистанция, скорость молекулярной эволюции

1. Введение

Алкогольдегидрогеназа (АДГ) является представителем широко распространенного семейства цинк-содержащих ферментов. К настоящему времени идентифицированы семь различных генов (АДГ1-АДГ7), кодирующих алкогольдегидрогеназы человека. Гены АДГ1-АДГ5 кодируют α, β, γ, π и χ-субъединицы, соответственно. Ген АДГ7 кодирует σ-субъединицу, а белок, кодируемый АДГ6 геном, не выделен in vivo. По гомологии нуклеотидных последовательностей мРНК и аминокислотных последовательностей, электрофоретическим и энзиматическим свойствам АДГ человека объединены в 5 классов. Первый класс объединяет три изофермента (αα, ββ и γγ). Ко второму классу относится ππ-изофермент, к третьему – χχ, к четвертому – σσ, а к пятому классу АДГ6 [1, 12, 16]. Изоферменты алкогольдегидрогеназ возникли в результате дупликаций генов. Установлено, что наиболее филогенетически древней формой является алкогольдегидрогеназа класса III (глутатион-зависимая формальдегид дегидрогеназа), обнаруженная у бактерий, грибов, растений и животных [7, 25]. Первая дупликация гена, кодирующего этот фермент, произошла на уровне костных рыб (405–450 млн. лет назад), что привело к возникновению АДГ класса I (классической печеночной алкогольдегидрогеназы) [7]. Этот факт подтверждается наличием у костных рыб общего структурно-типового фермента, что позволяет рассматривать АДГ класса III ланцетника в качестве эволюционного предшественника алкогольдегидрогеназ класса I [7]. Последующие дупликации генов привели к возникновению АДГ второго, четвертого и пятого классов. Возникновение трех типов (α, β, γ) алкогольдегидрогеназ первого класса также связано с дупликациями генов, произошедших на уровне приматов [25].

Цель исследования: определение эволюционных дистанций и скоростей эволюции нуклеотидных последовательностей мРНК алкогольдегидрогеназы класса I хордовых животных.

2. Материалы и методы

Проанализированы нуклеотидные последовательности мРНК алкогольдегидрогеназы класса III ланцетника (Branchiostoma fluoridae – B.f. [5, 6]), являющаяся эволюционным предшественником классических печеночных АДГ, а также алкогольдегидрогеназ класса I земноводных (Xenopus laevis - X.l. [14]), птиц (Gallus gallus – G.g. [9], Apteryx australis – A.a. [13]), грызунов (Mus musculus – M.m. [26]), непарнокопытных (Equus caballus – E. c. [24]), зайцеобразных (Oryctolagus cuniculus – O.c. [15]) и приматов (ββ-изофермент Papio hamadryas – P.h. [31], ββ-изофермент Pan troglodytes – P.t. [23] и αα-, ββ-, γγ-изоферменты Homo sapiens [8, 17]– H.s. 1, 2 и 3, соответственно).

Для выравнивания нуклеотидных последовательностей использовалась программа Clustal W [30]. Для определения картины замещений в сравниваемых последовательностях рассчитан индекс несоответствия (index disparity – ID) и использован ID-тест для определения вероятности (P) отклонения нулевой гипотезы о гомогенной картине замещений нуклеотидов на 5%-ном уровне [20, 21]. В случае гомогенной картины замещений эволюционные дистанции (K) рассчитаны по методам Джукса-Кантора [18], Кимура [19], Тадзима-Ней [27], Тамура [28], Тамура-Ней [29]; в случае гетерогенной – по методам Тадзима-Ней [27], Тамура [28], Тамура-Ней [29]. Скорость эволюционных замен оснований на сайт в год вычисляли по формуле: $k_{нукл.} = K/2T$, где T – число лет, прошедших после эволюционной дивергенции двух цепей от общей для них предковой цепи: множитель 2 в знаменателе соответствует двум ветвям подразумеваемого филогенетического древа [2].

3. Результаты и их обсуждение

Для определения картины замещений в нуклеотидных последовательностях алкогольдегидрогеназ класса I хордовых животных проведены их попарные сравнения, а также определены индекс несоответствия (ID) и вероятность (P) отклонения нулевой гипотезы о гомогенной картине замещений нуклеотидов на 5%-ном уровне (*табл. 1*).

Таблица 1. **Значения индекса несоответствия и вероятности отклонения нулевой гипотезы о гомогенной картине замещений нуклеотидов на пятипроцентном уровне для первого класса алкогольдегидрогеназ хордовых животных**

Вид	H.s.1	H.s.2	H.s.3	P. t.	P. h.	O. c.	E. c.	M. m	A. a.	G. g.	X. l.	B. f.
H.s.1		0,149	0,000	0,255	0,199	0,048	0,227	1,263	0,000	2,674	0,984	9,072
H.s.2	**<0,05**		0,048	0,007	0,000	0,000	0,000	0,547	0,000	2,618	1,563	6,657
H.s.3	**>0,05**	**>0,05**		0,107	0,065	0,000	0,077	1,097	0,000	2,580	1,122	8,247
P. t.	**<0,05**	**>0,05**	**<0,05**		0,000	0,000	0,000	0,514	0,000	2,678	1,830	6,192
P. h.	**<0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**		0,000	0,000	0,644	0,000	2,635	1,552	6,493
O. c.	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**		0,000	0,652	0,000	3,047	1,668	6,775
E. c.	**<0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**		0,360	0,000	2,796	2,661	5,921
M. m.	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**		0,223	3,329	3,034	4,339
A. a.	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**	**>0,05**		2,433	1,051	6,889
G. g.	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**		3,507	9,638
X. l.	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**		10,48
B. f.	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	**<0,05**	

Примечание. Значения P выделены жирным шрифтом. Ячейки с P>0,05 выделены серым цветом.

Таблица 2. **Средние эволюционные дистанции в расчете на нуклеотидный сайт и их стандартная ошибка, полученные различными методами с учетом соответствующих картин замещения, для первого класса алкогольдегидрогеназ хордовых**

Вид	H.s. 1	H.s. 2	H.s. 3	P. t.	P. h.	O. c.	E. c.	M. m	A. a.	G. g.	X. l.	B. f.
H.s.1		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
H.s.2	**0,052**		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
H.s.3	**0,064**	**0,046**		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,002	0,001
P.t.	**0,053**	**0,007**	**0,052**		0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
P.h.	**0,067**	**0,026**	**0,056**	**0,028**		0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
O.c.	**0,130**	**0,137**	**0,128**	**0,134**	**0,137**		0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001
E.c.	**0,148**	**0,150**	**0,150**	**0,149**	**0,155**	**0,140**		0,001	0,001	0,002	0,002	0,001
M.m.	**0,217**	**0,209**	**0,204**	**0,212**	**0,216**	**0,204**	**0,210**		0,001	0,003	0,003	0,001
A.a.	**0,375**	**0,361**	**0,366**	**0,357**	**0,363**	**0,371**	**0,359**	**0,390**		0,000	0,002	0,001
G.g.	**0,404**	**0,388**	**0,401**	**0,388**	**0,394**	**0,402**	**0,392**	**0,431**	**0,139**		0,003	0,000
X.l.	**0,423**	**0,422**	**0,429**	**0,422**	**0,426**	**0,429**	**0,432**	**0,431**	**0,390**	**0,407**		0,000
B.f.	**0,589**	**0,579**	**0,591**	**0,582**	**0,590**	**0,592**	**0,581**	**0,598**	**0,592**	**0,598**	**0,543**	

Примечание. Эволюционные дистанции выделены жирным шрифтом

Если величина P больше 0,05, то картину замещений принято считать гомогенной, в обратном случае – гетерогенной. Гомогенная картина замещений наблюдается в 24 из 66 проведенных попарных сравнений (36,36%), а гетерогенная – в 63,64%. Наличие двух картин замещений в нуклеотидных последовательностях алкогольдегидрогеназ класса I хордовых животных свидетельствует о необходимости дифференцированного подхода при определении эволюционных дистанций. В *табл. 2* представлены средние эволюционные дистанции по трем положениям нуклеотида в кодоне, полученные различными методами с учетом соответствующих картин замещения, для первого класса алкогольдегидрогеназ хордовых животных.

Для получения средних значений эволюционных дистанций для каждого из организмов необходимо учитывать только эволюционные дистанции, полученные при сравнении последовательности мРНК этого организма с последовательностями мРНК таксономически вышестоящих организмов. Так, при расчете средней эволюционной дистанции для птиц следует учитывать эволюционные дистанции, полученные при сравнении нуклеотидных последовательностей их мРНК алкогольдегидрогеназ класса I с таковыми грызунов, непарнокопытных, зайцеобразных и приматов. Для ланцетника среднее значение $K = 0{,}5855 \pm 0{,}0049$, для земноводных $K = 0{,}4216 \pm 0{,}0044$, для птиц $K = 0{,}3845 \pm 0{,}0227$, для грызунов $K = 0{,}2109 \pm 0{,}0021$, для непарнокопытных $K = 0{,}1491 \pm 0{,}0023$, для зайцеобразных $K = 0{,}1337 \pm 0{,}0022$, для павиана $K = 0{,}0263 \pm 0{,}0000$, а для шимпанзе – $K = 0{,}0071 \pm 0{,}0000$. Из приведенных данных можно сделать вывод о существовании четкого параллелизма между временем дивергенции и расчетными значениями числа нуклеотидных замен, происшедших в ходе эволюции.

На рис. 1 приведен график, на котором точки соответствуют расчетным значениям числа нуклеотидных замен (*K*), приуроченным к соответствующим временам дивергенции (*T*). Так, точка под номером *1* – среднее значение *K* для ланцетника и предполагаемое время дивергенции (550 млн. лет [3]). Точка *2* – среднее *K* для земноводных (365 млн. лет), точка *3* – среднее *K* для птиц (310 млн. лет), точка *4* – среднее К для грызунов (110 млн. лет), точка *5* – среднее *K* для непарнокопытных (92 млн. лет), точка *6* – среднее *K* для зайцеобразных (91 млн. лет), точка *7* – среднее *K* для павиана и точка *8* – среднее *K* для шимпанзе и ββ-изофермента человека (6 млн. лет [10]). Из *рис. 1* видно, что все точки, за исключением точек 1 и 4, довольно хорошо ложатся на прямую. Наклон этой прямой равен 0,0012, что дает $k_{нукл.} = K/2T \approx 0{,}60 \cdot 10^{-9}$ замен на нуклеотидный сайт в год. Другими словами, темпы нуклеотидных замен в разных ветвях родословного древа хордовых были примерно одинаковыми. Значительное отклонение наблюдается только при сравнении мыши с другими млекопитающими, что свидетельствует в пользу предположения о более высокой скорости эволюции АДГ грызунов, если, конечно, здесь нет ошибки в определении времени дивергенции. В свою очередь высокая скорость эволюции изучаемой последовательности мРНК АДГ класса I у грызунов может быть объяснена коротким периодом их жизни, высокой активностью метаболических процессов и низким уровнем репарации ДНК [4, 22]. Что же касается точки 1, то ее отклонение от прямой ожидаемо, поскольку она соответствует расчетному значению числа нуклеотидных замен для другого структурно-функционального класса алкогольдегидрогеназ (класса III), эволюционирующих по нашим данным с меньшей скоростью, равной $0{,}40 \cdot 10^{-9}$ замен на нуклеотидный сайт в год.

Рис. 1. Зависимость между значениями эволюционных дистанций и временем дивергенции мРНК алкогольдегидрогеназ класса I хордовых животных

На *рис. 2* представлена дендрограмма, отражающая родственные отношения между алкоголь

Рис. 2. Родственные отношения между алкогольдегидрогеназами класса I хордовых животных: ADH I beta Homo sapiens - β-изофермент алкогольдегидрогеназы класса I человека, ADH I beta Pan troglodytes - β-изофермент алкогольдегидрогеназы класса I шимпанзе, ADH I beta Papio hamadryas - β-изофермент алкогольдегидрогеназы класса I павиана, ADH I gamma Homo sapiens - γ-изофермент алкогольдегидрогеназы класса I человека, ADH I alpha Homo sapiens - α-изофермент алкогольдегидрогеназы класса I человека, ADH IE Equus caballus – этанол-активный изофермент алкогольдегидрогеназы класса I лошади, ADH I Oryctolagus cuniculus - алкогольдегидрогеназа класса I кролика, ADH I Mus musculus - алкогольдегидрогеназа класса I мыши, ADH I Apteryx australis - алкогольдегидрогеназа класса I киви, ADH I Gallus gallus - алкогольдегидрогеназа класса I курицы, ADH I Xenopus laevis - алкогольдегидрогеназа класса I шпорцевой лягушки, ADH III Branchiostoma floridae - алкогольдегидрогеназа класса III ланцетника. Цифрами обозначены полученные времена дивергенции

дегидрогеназами класса I хордовых животных, сгруппированных методом UPGMA на основании значений эволюционных дистанций между последовательностями их мРНК, рассчитанных методом Кимуры по первому и второму положениям кодонов. Такой подход позволяет получить более точные времена дивергенции [11].

Для определения времен дивергенции в качестве калибровочной точки взято общепринятое время дивергенции птиц от общего предшественника с таксономически вышестоящими организмами (310 млн. лет). На основании этой дендрограммы можно говорить о том, что дивергенция алкогольдегидрогеназ класса Iβ Homo sapiens и Pan troglodytes произошла 6 млн. лет назад, Papio hamadryas – 26 млн. лет назад, класса Iγ Homo sapiens – 44 млн. лет назад, класса Iα Homo sapiens – 57 млн. лет назад. В соответствии с дендрограммой дивергенция алкогольдегидрогеназ класса I Oryctolagus cuniculus и таксономически вышестоящих организмов произошла 117 млн. лет назад, Equus caballus – 108 млн. лет назад, Mus musculus – 147 млн. лет назад, Xenopus laevis – 358 млн. лет назад и, наконец, Branchiostoma fluoridae – 584 млн. лет назад. Полученные данные для Pan troglodytes, Papio hamadryas, Oryctolagus cuniculus, Equus caballus, Xenopus laevis и Branchiostoma fluoridae согласуются с таковыми, принятыми в эволюционной биохимии и молекулярной эволюции (6, 25, 92, 91, 365, 550 млн. лет, соответственно [3, 10]). Единственным несовпадающим с общепринятым значением времени дивергенции (110 млн. лет назад) является время дивергенции Mus musculus (147 млн. лет назад), что может быть объяснено вышеназванными причинами.

4. Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований можно придти к следующему заключению: 1) сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей мРНК алкогольдегидрогеназы класса I хордовых животных выявил две картины замещений нуклеотидов: гомогенную и гетерогенную; 2) эволюция нуклеотидных последовательностей мРНК АДГ класса I хордовых животных происходила с приблизительно постоянной скоростью, равной $0{,}60 \cdot 10^{-9}$ замен на нуклеотидный сайт в год; 3) времена дивергенции различных таксономических групп хордовых животных, установленные при сравнительном анализе нуклеотидных последовательностей мРНК алкогольдегидрогеназы первого класса, согласуются с таковыми, общепринятыми в эволюционной биохимии и молекулярной эволюции.

Литература

1. *Ашмарин И. П.* // Успехи биологической химии. – 2003. – т. 43.– С. 3–18.
2. *Кимура М.* Молекулярная эволюция: теория нейтральности. – 1985. – М.: Мир. – С. 323.
3. *Малахов В. В.* // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – т. 7. – С. 2–9.
4. *Bromham L.* // Mol. Biol. Evol.. – 2002. – Vol. 19. – P. 302–309.
5. *Canestro C., Albalat R., Hjelmqvist L., Godoy L., Jornvall H., Gonzalez–Duarte R.* // J. Mol. Evol.. – 2002. – Vol. 54 (1). – P. 81–89.
6. *Canestro C., Hjelmqvist L., Albalat R., Garcia–Fernandez J., Gonzales–Duarte R., Jornvall H.* // Eur. J. Biochem.. – 2000. – Vol. 267. – P. 6511–6518.
7. *Danielsson O., Jornvall H.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1992. – Vol. 89. – P. 9247–9251.
8. *Duester G., Farres J., Felder M. R., Holmes R. S., Hoog J. O., Pares X., Plapp B. V., Yin S. J., Jornvall H.* // Biochem. Pharmacol.. – 1999. Vol. 58 (3). – P. 389–395.
9. *Estonius M., Karlsson C., Fox E. A., Hoog J. O., Holmquist B., Vallee B. L., Davidson W. S., Jornvall H.* // Eur. J. Biochem.. – 1990. – Vol. 194 (2). – P. 593–602.
10. *Feng D.–F., Cho G., Doolittle R. F.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1997. – Vol. 94. – P. 13028–13033.
11. *Glazko G. V., Nei M.* // Mol. Biol. Evol.. – 2003. – Vol. 20 (3). – P. 424–434.
12. *Jornvall H., Hempel J., Bahr–Lindstrom H., Hoog J.O., Vallee B.L.* // Alcohol Alcohol.. – 1987. – Vol. 1. – P. 13–23.
13. *Hjelmqvist L., Metsis M., Persson H., Hoog J. O., McLennan J., Jornvall H.* // FEBS Lett.. – 1995. – Vol. 367 (3). – P. 306–310.
14. *Hoffmann I., Ang H. L., Duester G.* // Dev. Dyn.. – 1998. – Vol. 213 (3). – P. 261–270.
15. *Hoog J. O., Vagelopoulos N., Yip P. K., Keung W. M., Jornvall H.* // Eur. J. Biochem.. – 1993. – Vol. 213 (1). – P. 31–38.
16. *Hurley T. D., Bosron W. F., Stone C. L., Amzel L. M.* // J. Mol. Biol.. – 1994. – Vol. 239(3). – P. 415–429.
17. *Ikuta T., Szeto S., Yoshida A.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1986. – Vol. 83 (3). – P. 634–638.
18. *Jukes T. H., Cantor C. R.* // Academic Press, N.Y. – 1969. – P. 121–132.
19. *Kimura M.* // J. Mol. Evol.. – 1980. – Vol. 16. – P. 111–120.
20. *Kumar S., Gadagkar S. R.* // Genetics. – 2001. – Vol. 158. – P. 1321–1327.
21. *Kumar S., Tamura K., Nei M.* // Brief. Bionform.. – 2004. – Vol. 5. – P. 150–163.
22. *Li W., Gouy M., Sharp P. M., O´HUigin C., Yang Y.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1990. – Vol. 87. – P. 6703–6707.
23. *Osada N., Wu C.I.* // Genetics. – 2005. – Vol. 169 (1). – P. 259–264.
24. *Park D. H., Plapp B. V.* // J. Biol. Chem.. – 1991. – Vol. 266 (20). – P. 13296–13302.
25. *Shafqat J., El–Ahmad M., Danielsson O., Martínez M. C., Persson B., Parés X., Jörnvall H.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1996. – Vol. 93. – P. 5595–5599.
26. *Strausberg R. L., Feingold E. A., Grouse L. H., Derge J. G.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2002. – Vol. 99 (26). – P. 16899–16903.
27. *Tajima F., Nei M.* // Mol. Biol. Evol.. – 1984. – Vol. 1. – P. 269–285.
28. *Tamura K.* // Mol. Biol. Evol.. – 1992. – Vol. 9. – P. 678–687.

29. *Tamura K., Nei M.* // Mol. Biol. Evol.. – 1993. – Vol. 10. – P. 512–526.
30. *Tompson J. D., Higgins D. G., Gibson T. J.* // Nucl. Acids Res.. – 1994. – Vol. 22. – P. 4673–4680.
31. *Trezise A. E., Godfrey E. A., Holmes R. S., Beacham I. R.* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1989. –Vol. 86 (14). – P. 5454–5458.

© ГГУ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АВИФАУНЫ И НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСОВ ГОРОДА ГОМЕЛЯ

***Н. В. КАРЛИОНОВА*, А. Н. КУСЕНКОВ**

The estimation of long-term dynamics avifauna and the population of birds of suburban woods of city of Gomel is given. It is established, that the suburban wood of city of Gomel represents a buffer zone in which typically wood kinds of birds and the kinds found in suburban wood favorable trophic conditions are in the best way combined. Their number grows, and the area of distribution increases

Ключевые слова: авифауна, плотность населения, пригородные леса, антропогенная нагрузка, многолетняя динамика, тенденции изменения, трансформация

Задачей наших исследований было определить видовой состав и плотность населения птиц на территории пригородных лесов города Гомеля, а также проанализировать динамику качественных и количественных показателей авифауны за 40-летний период.

Для решения поставленных задач был выбран стационар на территории урочища «Старые Ченки», где орнитологические исследования проводились, начиная с 1968 г. (Григорьев, 1968). Далее в 80-е гг. исследования были продолжены А.Н. Кусенковым. Наши исследования проводились в 1999–2002 гг. Для выполнения работы применялся маршрутный метод учета на строго фиксированной полосе (Новиков, 1953).

Всего на территории стационара за период с 1968 по 2002 год отмечено 166 видов птиц, что составляет 51% птиц Беларуси. Из 166 отмеченных видов, 156 гнездящиеся; 9 – транзитно мигрирующие; 3 – зимующие. Отмеченные виды птиц относятся к 15 отрядам, 42 семействам. Наиболее полно представлен отряд воробьинообразные – 49% от местных видов птиц.

Авифауну пригородных лесов города Гомеля, испытывающих рекреационное воздействие человека, формируют виды птиц, относящиеся к европейскому типу фауны, лесному и древесно-кустарниковому орнитокомплексам, являющиеся преимущественно энтомофагами. Сходные данные получены по плотностям населения птиц.

За период с середины 50-х гг. лесные массивы претерпели заметную трансформацию. В период организации станции это был практически нетронутый деятельностью человека уголок природы, представленный преимущественно естественными биотопами. В последующие годы пригородный лес города Гомеля претерпел заметные изменения: построены оздоровительные лагеря, санатории, все пригодные участки были отданы под дачные хозяйства. Создана одна из самых крупных зон отдыха города Гомеля.

В 1968 г. на исследуемой территории было учтено 100 видов птиц, относящихся к 13 отрядам, 37 семействам. В 1988 г. было отмечено 130 видов птиц, относящихся к 15 отрядам, 39 семействам. Нами в 2002 г. отмечено 77 видов птиц, которые относятся к 9 отрядам, 29 семействам. Низкое количество учтенных нами видов никак не может говорить о том, что почти половина видов исчезла с изучаемой территории за последние 20 лет, и вызвано разницей в сроках проведения учетов, и степени охвата биотопов.

Результатом сукцессионных изменений в лесах, выраженных в увеличении возраста лесных насаждений и появлении большего количества топических ниш, является увеличение количества видов лесного и древесно-кустарникового комплексов, а также увеличение плотности населения видов птиц лесного орнитокомплекса.

С увеличением возраста лесных насаждений связано, на наш взгляд, и увеличение численности видов-дуплогнездников – дятлов, все виды мухоловок, обыкновенного поползня, синиц.

Отрицательным моментом антропогенной нагрузки, возможно, является отсутствие в наших учетах таких видов, как тетерев, вальдшнеп, тетеревятник.

Усиление антропогенной нагрузки повлекло за собой рост числа видов и плотности населения видов птиц синантропного орнитокомплекса. Домовый и полевой воробьи – типичные синантропные виды, чье пребывание в лесных местообитаниях всегда связано с той или иной их антропогенной трансформацией. Так, в 1968 г. на исследуемой территории отмечался только полевой воробей, а спустя двадцатилетний промежуток времени, домовый воробей не только появился, но и стал довольно многочисленным на территории санаторно-курортной зоны.

Практически все виды семейства врановых (сойка, сорока, серая ворона, галка, ворон) оказываются чрезвычайно пластичными ко всяким антропогенным воздействиям, включая рекреационное. На территории пригородного леса города Гомеля в своем большинстве они не только не избегают мест массового отдыха, а напротив, тяготеют к ним, и численность, например, серой вороны и сороки, здесь значительно выше, чем в малопосещаемых лесных массивах.

Исчезновение и появление некоторых видов птиц соответствует тенденциям, характерным для всего европейского ареала этих видов. Так, например, исчезновение кобчика, сизоворонки совпадает с резким сокращением численности этих птиц во многих европейских странах, то же характерно и для чернолобого сорокопута, численность которого сокращается не так резко. В качестве противоположного примера можно привести поручейника и европейского вьюрка, для первого характерно продвижение ареала в северо-западном направлении, для второго – в северо-восточном.

Для ряда видов птиц (пестрый дятел, большая синица, зяблик, обыкновенная зеленушка, лесной конек) каких либо заметных тенденций изменения их плотности населения не выявлено, что говорит о высокой степени пластичности этих видов.

Таким образом, пригородный лес города Гомеля представляет собой буферную зону, в которой наилучшим образом сочетаются типично лесные виды птиц, а также эврибионтные виды, которые находят благоприятную трофическую обстановку в природно-антропогенных биотопах данного ландшафта и населенного пункта, их численность возрастает, а область распространения увеличивается.

© ВГУ

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ ФЕРМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КСЕНОБИОТИКОВ

***Н. Т. КОЗИНА*, Т. А. ТОЛКАЧЕВА, Н. А.СТЕПАНОВА**

The paper shows that the dry chemistry test stripes can be considered as appropriate models for studying cation and anion action on immobilized enzyme and indicator systems. Lead, cadmium, and cobalt ions can be present in human organism in amounts able to lower precision in detecting cholesterol and uric acid by the dry chemistry techniques. There are differences in anion (nitrate- and nitrite-) and cation (potassium, sodium) influence on analytic technique for quantitative detecting cholesterol and uric acid

Ключевые слова: сухая химия, иммобилизованные ферменты, тест-полоски, ксенобиотики

Тест-системы с иммобилизованными ферментами завоевали видное место в системе лабораторного контроля, но точность, воспроизводимость и специфичность определения тех или иных показателей требуют дальнейшей разработки. Целью работы явилось изучение действия различных экзогенных факторов (анионов и катионов) на течение в тест-системах ферментативного аналитического процесса определения интегральных биохимических показателей – холестерола и мочевой кислоты в биологических жидкостях. В работе использованы биохимические и статистические методы исследования. Для измерения интенсивности окрашивания индикаторов тест-полосок «Cholesterol» и «Uric acid» использован метод рефрактометрии в шаре Ульбрихта.

Объектом исследования являются иммобилизованные ферменты тест-систем средств сухой химии. Предмет исследования – влияние неорганических ксенобиотиков на точность определения холестерола и мочевой кислоты ферментативным путем.

Результаты. Ионы свинца(II), кадмия(II), кобальта(II), нитрит-ионы активируют иммобилизованные ферментативные системы определения холестерола. Аналогичный эффект наблюдается при действии указанных катионов металлов (кроме кадмия) на аналитические ферментативные системы определения мочевой кислоты. Имеются отличия в действии анионов (нитрат-, нитрит-ион) и катионов (калия и натрия) на аналитическую процедуру определения холестерола и мочевой кислоты средствами сухой химии. Тест-полоски сухой химии могут рассматриваться как удобные модели для изучения действия катионов и анионов на иммобилизованные ферментативные и индикаторные системы.

Предварительная обработка ферментов растворами солей свинца и кадмия нивелирует эффект влияния катионов на определение мочевой кислоты в воде. Наличие белка в анализируемой жидкости (сыворотка крови) частично защищает иммобилизованные ферменты аналитической тест-системы от действия катионов. Ферментативные тест-системы можно использовать для экспресс-оценки некоторых пищевых продуктов.

Выводы. В результате проведенных 1332 анализов ферментативными тест-системами средств сухой химии показано, что катионы свинца, кадмия и кобальта, анионы – нитраты, нитриты могут появляться в организме в количествах, которые оказывают модифицирующее влияние на точность определения холестерола и мочевой кислоты средствами сухой химии. Это может служить объектив-

ным тестом для оценки загрязненности жидкостей (воды, продуктов питания, сыворотки крови) минеральными ксенобиотиками. Результаты работы могут быть использованы в лабораториях липидных центров и групп, а также в лекционных курсах и на практических занятиях по биохимии и биоэкологии.

© БГУ

АНАЛИЗ Na^+/K^+ – СЕЛЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМАЛЕММЫ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНСЕКТИЦИДА ДИМЕТОАТА

***Н. О. КОЗЛОВСКАЯ*, Т. И. ДИТЧЕНКО**

Influence organophosphate insecticide dimethoate on a plasmatic membrane algae Nitella flexilis is investigated. The quantitative estimation of changes of membrane permeability to ions Na^+ and K^+ at the presence of 10^{-4}–5×10^{-4} mol/l tested chemical is made

Ключевые слова: nitella flexilis, плазматическая мембрана, Na^+/K^+ – селективность, фосфорорганические инсектициды

В настоящее время производство пестицидов – одна из наиболее мощных отраслей химической промышленности, в результате деятельности которой в биосферу попадает огромное количество биологически активных веществ. Наряду с количественным ростом постоянно расширяется ассортимент пестицидов [2]. Большинство проблем, связанных с экологическими последствиями широкомасштабного применения пестицидов, в том числе и инсектицидов, заключается в том, что практически все они являются ксенобиотиками, т.е. химическими веществами чуждыми живой природе. По существующим в настоящее время оценкам только 5–40 % объема применяемых пестицидов достигает цели, остальное количество теряется, что приводит к отравлению вод, деградации почв, изменению состава воздуха, отравлению человека. Вследствие аккумуляции в воде, воздухе или почве пестициды и продукты их превращения могут стать весьма опасными для живых организмов. Многочисленные изменения, которые производят современные пестициды в биогеоценозах, нарушая жизнедеятельность широкого спектра организмов, не являющихся мишенями их применения – неотъемлемая и антиэкологическая характеристика любых ядохимикатов [9].

Второе место по объемам производства и применения среди пестицидов принадлежит инсектицидам [4; 7]. Наиболее широко применяемыми инсектицидами являются фосфорорганические соединения (ФОС). Существующие в настоящее время представления о влиянии ФОС на жизнедеятельность гидрофитов, и в частности водорослей, имеют довольно частный характер, а их анализ позволяет заключить, что состояние разработки вопросов, касающихся степени безопасности рассматриваемых препаратов, впрочем, как и других инсектицидов, для водной растительности значительно уступает таковому для отдельных классов гербицидов [1; 3].

Практически не изученными остаются и мембранотропные эффекты фосфорорганических инсектицидов. Хотя известно, что внешняя плазматическая мембрана клеток является первичной мишенью воздействия различных экзогенных соединений, а происходящие при этом изменения ее барьерно-транспортных функций могут предшествовать развитию других негативных реакций [5; 10].

В связи с этим целью настоящей работы явилось установление характера модификации ионной проницаемости плазмалеммы растительной клетки под действием одного из широко применяемых в настоящее время представителей фосфорорганических инсектицидов диметоата.

В работе использовались гигантские интернодальные клетки пресноводной харовой водоросли Nitella flexilis, плазмалемма которой является классическим объектом для изучения физиологии транспорта ионов и регистрации мембранотропных эффектов [10; 11].

Эксперименты производили с помощью стандартной микроэлектродной техники [11]. В работе был использован инсектицид диметоат (0,0 – диметил – S – (N – метилкарбомоилметил) дитиофосфат).

В ходе проведения экспериментов получали зависимости разности электрических потенциалов (РЭП) и сопротивления мембраны в покое от концентрации ионов K^+ в наружной среде ($C_K^н$) в контроле и в присутствии инсектицида. В экспериментах использовали адаптированные к темноте в течение не менее трех суток клетки, что позволяло практически полностью ингибировать функциональную активность электрогенной протонной помпы. За сутки до эксперимента клетки помещались в раствор $5\cdot10^{-3}$ моль/л NaCI для удаления ионов Ca^{2+} из клеточной стенки. Проведение данной процедуры было обусловлено тем, что именно при полном удалении обменного Ca^{2+} из клеточной стенки обеспечивается наилучшее соответствие экспериментально найденной концентрационной зависимости РЭП уравнению Гольдмана [12]. Изменение $C_K^н$ от 10^{-4} до 10^{-3} моль/л осуществлялось за счет концентрации ионов Na^+ ($C_{Na}^н$) при условии $C_K^н + C_{Na}^н=1{,}1\cdot10^{-3}$ моль/л. Значения pH поддерживалось на постоянном уровне 7,0 ± 0,2 с помощью буферной системы ТРИС-HCI. Эксперименты проводи-

Таблица 1. **Изменения ионной проницаемости плазмалеммы под действием диметоата**

Концентрация, моль/л	P_K	P_J
10^{-7}	*	–
10^{-6}	–	*
10^{-5}	–	*
$5\cdot10^{-5}$	–	+
10^{-4}	–	*
$5\cdot10^{-4}$	*	+
Примечание: + увеличивается, – уменьшается, * неинтерпретируемые сдвиги		

лись в темноте. Полученные экспериментальные зависимости были проанализированы в рамках модели Гольдмана [12].

На первом этапе исследований был установлен характер влияния инсектицида на общие электрофизиологические показатели плазмалеммы [6; 8]. На основании анализа данных сдвигов регистрируемых параметров при действии исследуемого инсектицида в рамках модельных представлений, изложенных в работе [10], можно получить качественные оценки изменения проницаемости мембраны к ионам K^+ (P_K) и прочим ионам (P_J) (*табл.* 1).

Из приведенных в таблице данных видно, что присутствие инсектицида диметоата в среде в концентрации 10^{-7} моль/л может приводить к уменьшению проницаемости плазмалеммы к ионам натрия и хлора, в концентрациях 10^{-6} – 10^{-4} моль/л – к снижению коэффициента калиевой проницаемости, а в концентрации $5\cdot10^{-4}$ моль/л – к росту ионной проницаемости плазматической мембраны.

Однако данное предположение о характере изменения ионной проницаемости плазмалеммы под действием диметоата требовало экспериментальной проверки. С этой целью эксперимент усложнили, а именно, исследовали влияние 10^{-4} и $5\cdot10^{-4}$ моль/л инсектицида на биоэлектрические параметры плазмалеммы в условиях варьирования концентрации ионов K^+ и Na^+ в среде (KCl + NaCl = cons = $1{,}1\cdot10^{-3}$ моль/л), что позволило получить количественные оценки изменения ионной проницаемости плазматической мембраны.

Было установлено, что при увеличении концентрации ионов калия в среде в контроле наблюдалась деполяризация плазматической мембраны, которая составляла в среднем (40 ± 3) мВ. В присутствии диметоата в концентрации 10^{-4} моль/л при десятикратном изменении соотношения Na^+/K^+ деполяризующий эффект калия незначительно отличался от такового в контроле. Однако при воздействии $5\cdot10^{-4}$ моль/л инсектицида деполяризация плазмалеммы при изменении концентрации K^+ от 10^{-4} до 10^{-3} моль/л была значительно меньше по сравнению с контролем (26 ± 3) мВ.

Увеличение концентрации ионов калия в среде также приводило к снижению мембранного сопротивления в контроле. В присутствии 10^{-4} моль/л диметоата при низких концентрациях калия в среде наблюдалось некоторое увеличение сопротивления по сравнению с контролем, тогда как при наружных концентрациях калия от $8\cdot10^{-4}$ до 10^{-3} моль/л происходило его уменьшение. Воздействие диметоата в концентрации $5\cdot10^{-4}$ моль/л приводило к падению сопротивления плазмалеммы в среднем в 1,7 – 2,1 раза по сравнению с контролем во всем диапазоне концентраций ионов калия в наружной среде.

Результаты аппроксимации значений РЭП уравнением Гольдмана [12] показали рост коэффициента α, характеризующего отношение коэффициента проницаемости мембраны к ионам натрия (P_{Na}) к коэффициенту проницаемости к ионам калия (P_K) [10]. Согласно полученным данным присутствие в среде диметоата в концентрации 10^{-4} моль/л вызывало рост коэффициента Na^+/K^+ селективности в 1,4 раза по сравнению с контролем, а в концентрации $5\cdot10^{-4}$ моль/л – в 1,5 раза (*табл. 2*).

Увеличение коэффициента Na^+/K^+– селективности мембраны под действием инсектицида может быть обусловлено как ростом проницаемости мембраны к ионам Na^+, так и уменьшением коэффициента проницаемости по K^+. В связи с этим была проведена оценка сдвигов калиевой и натриевой проницаемости плазмалеммы под влиянием исследуемого препарата. Было установлено, что при низких концентрациях ионов калия в наружном растворе (10^{-4} – $5\cdot10^{-4}$ моль/л) рост коэффициента натрий-калиевой селективности плазмалеммы в присутствии 10^{-4} моль/л диметоата осуществлялся в основном за счет уменьшения проницаемости мембраны к ионам калия. Снижение P_K в данном случае составляло в с реднем 25 %. Однако при увеличении концентрации калия в среде до $8\cdot10^{-4}$ – 10^{-3} моль/л рост коэффициента α под действием указанной концентрации инсектицида осуществлялся как за счет увеличения P_{Na}, так и за счет увеличения P_K. Причем необходимо отметить, что изменение коэффициента Na^+/K^+– селективности мембраны в большей степени было обусловлено увеличением проницаемости мембраны к ионам натрия. Так, рост натриевой проницаемости мембраны в данном случае составлял в среднем 97 % по сравнению с контролем, а рост P_K – 40 %.

Таблица 2. **Изменение коэффициента α под действием диметоата**

Вариант	α
Контроль	0,15
Диметоат, 10^{-4} моль/л	0,21
Контроль	0,17
Диметоат, $5\cdot10^{-4}$ моль/л	0,25

Было установлено, что воздействие $5\cdot10^{-4}$ моль/л диметоата во всем диапазоне концентраций ионов калия приводило к

увеличению коэффициентов как натриевой, так и калиевой проницаемости плазмалеммы. Однако рост PNa в значительной степени превышал увеличение PK. Так, если возрастание коэффициентов проницаемости плазмалеммы к ионам калия в присутствии диметоата составляло 1,4 – 1,8 раза по сравнению с контролем, то натриевая проницаемость мембраны при этом увеличивалась в 2,1 – 2,6 раза. Наиболее значительные эффекты были обнаружены при наружной концентрации калия равной $8 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Таким образом, рост коэффициента α в присутствии $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л инсектицида осуществлялся преимущественно за счет увеличения PNa.

В целом полученные данные позволяют сделать вывод о том, что характер модификации ионной проницаемости плазмалеммы под действием 10^{-4} моль/л инсектицида диметоата зависит от концентрации ионов калия и натрия в среде. При низких концентрациях калия (10^{-4} – $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) инсектицид главным образом вызывал снижение калиевой проницаемости плазматической мембраны, а при высоких концентрациях калия ($8 \cdot 10^{-4}$ – 10^{-3} моль/л) – увеличение ее натриевой и калиевой проницаемости. В свою очередь, присутствие $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л диметоата приводило к увеличению как натриевой, так и калиевой проницаемости плазмалеммы независимо от наружной концентрации ионов K+.

Таким образом, одним из первичных мембранотропных эффектов фосфорорганического инсектицида диметоата является изменение селективных свойств плазматической мембраны. Обнаруженная модификация транспорта катионов через плазмалемму растительной клетки в присутствии диметоата способна выступать в качестве мощного регуляторного фактора по отношению к процессам внутриклеточного метаболизма в целом, а также свидетельствует о потенциальной опасности данного препарата для гидрофитов, и в частности, водорослей. Знание закономерностей первичного действия инсектицидов на транспортные свойства плазмалеммы защищаемых организмов (растения), с одной стороны, создает необходимые предпосылки для целенаправленного синтеза высокоизбирательных препаратов, характеризующихся отсутствием негативных эффектов для полезной флоры и фауны, а с другой – позволяет организовать экспрессную систему их испытаний на биологическую безопасность. Апробированные в настоящей работе методические схемы, позволяющие провести изучение влияния инсектицидов на плазмалемму, могут быть применены для анализа действия различных пестицидов на растительный организм.

Литература

1. *Багоцкий С. В., Санин М. В., Эйнор Л. О.* Пестициды и их воздействие на водные экосистемы. М.: ВНИИТЭИагропром, 1992. 49 с.
2. *Баренбойм Г. М., Маленков А. Г.* Биологически активные вещества. Новые принципы поиска. М.: Наука, 1986. 363 с.
3. *Брагинский Л. П.* Пресноводный планктон в токсической среде. Киев: Наук. думка, 1987. 179 с.
4. *Буга С. Ф., Протасов Н. И., Самерсов В. Ф.* Защита растений. Мн: Ураджай, 2001. 307 с.
5. *Голубев В.Н.* Механизмы взаимодействия пестицидов с липидным бислоем клеточных мембран // Успехи химии. 1993. Т. 62, №7. С. 726–734.
6. *Дитченко Т. И., Козловская Н. О., Сенько Н. И., Кудряшов А. П., Юрин В. М.* Характер биоэлектрической реакции растительной клетки на действие фосфорорганического инсектицида диметоата // Экологические проблемы XXI века: Материалы Международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов. Мн., 2003. С. 192–193.
7. *Захаренко В. А., Мельников Н. Н.* Пестициды в современном мире // Агрохимия. 1996, №1. С. 48–52.
8. *Сенько Н. И., Дитченко Т. И., Козловская Н. О.* Влияние инсектицида диметоата на электрофизиологические характеристики плазмалеммы клеток водоросли Nitella flexilis // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы II Международной научной конференции, Мн – Нарочь, 2003. С. 209–211.
9. *Федоров Л. А., Яблоков А. В.* Пестициды – токсический удар по биосфере. // М.: Наука, 1999. 546 с.
10. *Юрин В. М., Иванченко В. М., Галактионов С. Г.* Регуляция функций мембран растительных клеток // Мн: Наука и техника, 1979. 199 с
11. *Юрин В. М., Соколик А. И., Кудряшов А. П.* Регуляция ионного транспорта через мембраны растительной клетки. Мн: Навука і тэхніка, 1991. 267 с.
12. *Goldman D. E.* Potential, impendance, and rectification in membrane // J. Gen. Physiol. 1943. Vol. 27, №1. P. 37–60.

©БГУИР, БГУ

ИНТЕГРАЦИЯ ГИС- И САПР-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ВЕДЕНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

О. Н. ГУЩИНСКАЯ, **М. А. ЖУРАВКОВ**

In the report the problems of using GIS- and CAD-technologies in geomechanics are discussed. It is very convenient, modern computer systems for solution wide spectrum of geomechanical problems are based on GIS- and CAD-projects. In the report such technology is considered on the example the system of computer modeling and analyses of geomechanical processes in a neighborhood of underground buildings, definition of service life of underground cavities/ The given system is founded on the GIS- and CAD-project «Mine maps» and uses databases of the geologic, surveying and mining-design information about mine workings/ In turn, the computer complex project «Mine maps» is included into integrated program complex MapManager, being an information core of a common system of geomechanical moni-

toring. On the basis of a system MapManager the specialized package used at mining of underground deposits of solid mineral resources is developed

Ключевые слова: автоматизация, программное обеспечение, информационная технология (ИТ), корпоративная информационная система (КИС), географическая информационная система (ГИС), система автоматизированного проектирования (САПР)

При разработке архитектуры общей корпоративной автоматизированной системы ведения и сопровождения горных работ на РУП ПО «Беларуськалий» была очевидной необходимость создания в рамках ее автоматизированной системы проектирования и сопровождения горных работ (АСПиСГР), так как оперативное и качественное решение этих вопросов, несомненно, является важнейшей частью общего технологического горно-добывающего процесса. Требовалось интегрировать работу инженеров-проектировщиков и специалистов геологического и маркшейдерского отделов, наладить между ними эффективный обмен данными. Совместная работа над электронными планами должна была помочь на раннем этапе разработки проектов ведения горных работ исключить неточности и снизить влияние человеческого фактора, что положительно отразилось бы на времени и качестве подготовки проектной документации.

Чтобы предоставить специалистам-проектировщикам развитый инструментарий для составления сложных инженерных чертежей, необходимо было подключить в разрабатываемую систему программные средства, реализующие функции САПР, и создать механизм конвертации данных между используемыми форматами. Такой механизм должен был позволять оперативно представлять данные в формате, необходимом пользователю, сохраняя при этом их целостность и информативность.

Из вышесказанного можно выделить основные требования, которые предъявлялись к разрабатываемой АСПиСГР:

- реализация функций компьютерного проектирования, позволяющих легко создавать и корректировать планы горных работ, проектировать новые горные объекты с заданными параметрами, сохранять типовые чертежи в графических библиотеках;
- интеграция среды, в которой будут работать специалисты бюро проектирования рудника, с существующей автоматизированной системой. Обеспечение удобного обмена данными между приложениями и пользователями.

Так как в бюро проектирования рудников РУП ПО «Беларуськалий» широкое распространение имеет САПР-пакет AutoCad, то было принято решение интегрировать этот программный продукт в общую корпоративную систему предприятия, и с помощью его возможностей предоставить специалистам функции компьютерного проектирования. Такое решение, с одной стороны, является удобным для пользователей, так как они будут продолжать работать в привычной для них программной среде, а, с другой стороны, снизит время на обучение персонала и сократит сроки ввода в эксплуатацию разрабатываемой системы. Кроме того, так как в бюро проектирования рудников и в соответствующих отделах объединения имеется большое число чертежей, созданных в среде AutoCad, то было предложено проанализировать имеющиеся наработки и создать подключаемые графические библиотеки, которые позволят эффективно использовать приобретенный опыт в создании проектной документации.

После того, как был выбран инструмент для работы специалистов-проектировщиков, нужно было реализовать механизм, который бы обеспечивал оперативный обмен данными между САПР-пакетом AutoCad (в котором будут храниться чертежи проектов отработки новых участков горных работ) и ГИС MapManager (в которой будут содержаться актуальные электронные планы шахтных полей). Такой механизм был разработан на основе трех компонентов:

- специального сетевого графического проекта;
- специализированных модулей, подключаемых к системе MapManager;
- совокупности таблиц в базе данных Oracle.

При выполнении подготовительной работы по созданию проекта отработки нового участка шахтного поля инженер-проектировщик берет необходимые ему исходные данные с существующих планов горных работ маркшейдеров (информация о пройденных горных выработках, технических границах, маркшейдерской сети, скважинах детальной разведки и т. д.) и геологов (геоколонки). Обычно на этом этапе используется ксерокопирование необходимых фрагментов планов и вклейка ксерокопий на чертежи проектировщиков. Очевидно, что при таком методе работы возникают неточности при привязке проектируемых объектов к уже существующим. Особенные неудобства возникают при совмещении чертежей, выполненных в системе AutoCAD и распечатанных на плоттере, с ксерокопиями, в то время как от проектов требуется повышенная точность. Следует отметить, что постоянный обмен бумажными документами между специалистами увеличивает время подготовки новых проектов отработки, а в случае с геоколонками иногда приводит к утере документов, что является недопустимым.

Включение проектировщика в общую корпоративную систему в корне изменяет сложившуюся ситуацию. Теперь инженер-проектировщик со своего рабочего места имеет доступ к графической информации, введенной маркшейдерами и геологами. Тем более что он имеет возможность не просто просматривать планы горных работ и геоколонки, но и экспортировать их в удобный для него формат данных, чтобы вести с ними работу в AutoCAD.

Поскольку геоколонка несет скорее справочную информацию и координатно не привязывается к проектируемым объектам, ее экспорт осуществляется через промежуточный файл dxf. Это делает ее довольно самостоятельным объектом, который при необходимости можно включать в нужные чертежи проектов отработки, паспорта крепления капитальных и подготовительных выработок и другие документы.

Так как для правильного отображения геоколонок необходим целый набор специализированных заливок, то в системе AutoCAD был создан набор файлов, описывающих стандартные заливки, используемые в РУП ПО «Беларуськалий». Этот набор входит в состав АСПиСГР и поставляется вместе с ней.

На *рис. 1* приведен пример выделения фрагмента шахтного поля, необходимого для создания проекта новой панели.

На *рис. 2* приведен результат экспорта выделенного фрагмента шахтного поля вместе с геоколонкой в систему AutoCAD.

После того, как файл с нужными исходными данными создан в AutoCAD, проектировщик приступает ко второму этапу своей работы – непосредственно к проектированию нового участка шахтного поля.

Рис. 1. Выделение фрагмента в ММ-проекте

Рис. 2. AutoCad-проект, полученный на основе выделения фрагмента из ММ-проекта

Рис. 3 Проект, выполненный в системе AutoCAD

Рис. 4. ММ-проект после публикации проекта 16-й юго-восточной панели горизонта –420м рудника 3РУ

В дополнение к стандартным возможностям системы AutoCAD для инженеров-проектировщиков были разработаны специализированные библиотеки чертежей AutoCad и параметризованных объектов, включающие специальные чертежи специалистов бюро проектирования горных работ рудников всех четырех рудоуправлений и горного отдела РУП ПО «Беларуськалий». Использование таких библиотек позволяет сократить время создания новой проектной документации и значительным образом упростить процедуру создания графических объектов.

Пользуясь стандартными возможностями AutoCAD и функциями разработанных специализированных библиотек, инженеры-проектировщики в результате своей работы получают проект отработки нового участка шахтного поля. На *рис. 3* представлен проект панели, созданный в системе AutoCAD.

Когда работа над проектом в системе AutoCad завершена, результаты проектирования публикуются на сетевые слои проектировщиков, чтобы специалисты смежных подразделений смогли с ними ознакомиться и использовать в своей работе.

Копия утвержденного проекта записывается в базу данных, и после этого любой специалист может уточнить интересующие его детали, открыв файл для просмотра в AutoCAD. Публикация проектных решений на электронные планы, доступные маркшейдерам, позволяет провести анализ качества отработки участков горных работ, соответствия реальных выработок запроектированным. *На рис.4* представлен фрагмент ММ-проекта после публикации проекта панели.

Применение АСПиСГР на руднике 3РУ Объединения показало, что работа в корпоративной среде во много раз повышает оперативность, точность и качество разработки проектной документации. Предоставленная проектировщикам возможность публикации проектов на общие планы развития горных работ позволяет эффективно отслеживать соблюдение технологии и своевременно вносить изменения. Использование при работе графических библиотек чертежей и параметризованных объектов существенно снижает затраты времени на разработку проекта и позволяет обмениваться подобными библиотеками, эффективно и бережно используя опыт и труд коллег.

Перспективы развития АСПиСГР заключаются в разработке специализированных программных модулей, позволяющих решать, в частности, следующие задачи, стоящие перед специалистами бюро проектирования горных работ:

- Выбор привязки кровли для обеспечения устойчивости выработки и оптимального содержания полезного компонента в добытой из нее руде;
- Расчет проектируемых объемов добычи и потерь полезного компонента;
- Формирование паспорта крепления и управления кровлей;
- Составление перспективных планов развития горных работ.

Литература

1. *Журавков М. А. Видякин В. В.* ГИС-технологии в прикладной механики: Учеб. пособие. – Мн.: БГУ, 2000. – 154 с.

©БГУ

СТВАРЭННЕ ЭКАЛАГІЧНАЙ ЭКСПЕРТНАЙ СІСТЭМЫ ГОРАДА З ВЫКАРЫСТАННЕМ ГІС-МАДЭЛЯВАННЯ

***В. В. КІРЭЕЎ*, А. Ф. ЧАРНЫШ**

The question driving the study is how physical, social, economic and political factors in an urbanized area interact and how they can be considered when setting local Agenda 21. The city of Mahilew has been chosen for its dramatic environmental, economic, social and political contradictions, enormous for Belarusian scale. To address this question small watersheds have been defined as the main spatial units of urban ecosystem, since all the human activities are resulted in the certain indexes of rivers' ecosystems stability. The expert system consists of an environmental GIS with data stored in cells size of 100 m, sets of databases, modelling software attached to thematic layers, and statistical software; assignments are performed within the sections on ecological vulnerability, environmental impacts, quality of life, and society and economy

Ключевые слова: экалагічная ацэнка, экспертныя сістэмы, экалагічная экспертыза, геаінфармацыйныя сістэмы, штучны інтэлект

Большасць сучасных тэхналогій ГІС-мадэлявання з'явілася ўжо ў 60-я гады мінулага стагоддзя. За гэты час яны добра засвоіліся ў правядзенні шматлікіх экалагічных даследаванняў. Найбольш поўна магчымасці ГІС-мадэлявання выкарыстоўваюцца ў вывучэнні гарадскога асяроддзя. На жаль у геаграфічных інфармацыйных сістэмах функцыі статыстычнага аналізу, мадэлявання працэсаў і нават прасторавага аналізу распрацаваны даволі слаба. Таму ў розных абласцях пачалі з'яўляцца спробы інтэграцыі ГІС з экспертнымі і аналітычнымі сістэмамі.

У рабоце распрацавана канцэпцыя стварэння, архітэктура, аналітычная структура выхадных дадзеных і функцыі сістэмы, каторая складаецца з геаграфічнай інфармацыйнай сістэмы, прыладаў для мадэлявання і статыстычнага аналізу, сістэмы кіравання базамі дадзеных і механізма, які ажыццяўляе ўзаемадзеянне ўсіх названых функцыянальных частак паміж сабой і ўсёй сістэмы ў цэлым з карыстальнікам. Гэтая сістэма ўтрымлівае экалагічную ГІС (дадзеныя ў каторай захоўваюцца ў кластарах 100×100 м), базы ведаў і базы дадзеных па экалогіі горада. Маніпуляцыя адбываецца праз секцыі: экалагічнай устойлівасці, уздзеянняў на навакольнае асяроддзе, якасці жыцця і сацыяльна-эканамічных чыннікаў. Экалагічная экспертная сістэма можа выкарыстоўвацца ў такіх практычных задачах, як вывучэнне эвалюцыі характарыстык навакольнага асяроддзя, вызначэнне велічыні ўздзеяння на навакольнае асяроддзе аб'ектаў, каторыя павіны быць размешчаны ў пэўным месцы, і пошук альтэрнатыўных месцазнаходжанняў.

Дадзеная работа з'яўляецца першай часткай даследавання па стварэнню ЭЭС. Але ўжо на гэтай стадыі распрацоўкі можна зрабіць наступныя высновы па стварэнню і выкарыстанню гарадской ЭЭС і яе кампанентаў:

- Абавязковай умовай эфектыўнага выкарыстання ЭЭС з'ўляецца своечасовае абнаўленне яе баз дадзеных і геаграфічнай асновы, а таксама падтрымка модулю набыцця ведаў;
- Карысць ад функцыянавання ЭЭС значна ўзрасце, калі вольны доступ да яе атрымаюць не толькі ўстановы дзяржаўнага кіравання, але таксама грамадзяне, навучальныя ўстановы і недзяржаўныя арганізацыі;
- З пашырэннем экспертных сістэмаў у экалогіі палепшыцца захоўваемасць экалагічных ведаў і магчымасці іх далейшага папаўнення і ўдасканалення, спецыялісты атрымаюць магчымасць выкарыстоўваць тэхніку для удакладнення, пашырэння, прапаганды, а галоўнае – атрымання новых ведаў па навакольнаму асяроддзю;
- Ва ўмовах Беларусі стварэнне дастаткова складанай ЭЭС, спецыяльна спраектаванай для ўмоваў пэўнага горада (у дадзеным даследаванні – Магілёва), магчыма нават пры нізкім інвестыцыйным патэнцыяле заказчыка, у той час як мэтазгоднае выкарыстанне ЭЭС дазволіць зрабіць экалагічна эфектыўныя рашэнні эканамічна магчымымі.

©БГСХА

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС «ARCVIEW» И «MAPINFO»

***К. К. КОРШУНОВ*, Д. А. ЧИЖ**

The issues of applying GIS systems for farm boundary adjustment, particularly, for the agriecological territory zoning are considered in the article. The theoretical and methodic aspects of GIS technologies for the purpose of organizing the territory of agricultural enterprises are given

Ключевые слова: землеустройство, зонирование территории, ГИС ArcView

Зонирование территории достаточно распространенный вид землеустроительной деятельности. До недавнего времени эти работы были, в основном, связаны с агроэкологическим зонированием территории для обоснования использования сельскохозяйственных земель в проектах внутрихозяйственного землеустройства и схемах землеустройства административных районов. С принятием изменений в Кодексе Республики Беларусь о земле [1, ст. 143] требуется внесение в регистр земельных участков сведений об ограничениях в использовании земельных участков. Согласно закону «О государственной регистрации недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним» [2, ст.8] государственной регистрации подлежат не только возникновение, переход, прекращение права собственности, а также ограничения (обременения) прав. К таким относятся: земли, находящиеся в водоохранных зонах и прибрежных полосах рек и водоемов; земли, находящиеся в зонах санитарной охраны поверхностных и подземных источников водоснабжения хозяйственно-питьевого назначения; земли, подвергшиеся радиоактивному загрязнению; земли оздоровительного назначения и другие.

Охранные зоны относятся к территориальным единицам, появление которых влечет возникновение ограничений прав пользования земельными участками. С возникновением охранной зоны граница ее должна быть отображена в кадастровой карте и должна быть произведена государственная регистрация возникновения ограничений прав на недвижимое имущество в охранной зоне с обязательным уведомлением обладателей прав [2, ст. 64]. Поэтому данный вид деятельности является важнейшим инструментом управления земельными ресурсами, который должен осуществлять на основе современных геоинформационных технологий.

В ходе исследований с использованием геоинформационной системы ArcView 3.2 разработана технология расчета площади земель, находящихся в природоохранных зонах, основанная на применении пространственных операций, которая позволяет отказаться от применения механических средств определения площадей (планиметры, дигитайзеры и т.д.), и позволяющая повысить точность и оперативность определения площадей. На ее основе может составляться существующая и проектная экспликация земель. Данная технология может достаточно легко быть интегрирована в технологию разработки проекта внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций.

Сравнительный анализ методов построения буферных зон в геоинформационных системах ArcView 3.2 и MapInfo 5.0, возможностей конвертирования пространственно-распределенных данных, требований к ПЭВМ, показывает, что более гибким инструментом в зонировании территории является ГИС MapInfo.

Однако, учитывая распространенность программных продуктов компании ESRI в предприятиях республиканского унитарного предприятия «Белгипрозем», «БелНИЦЗем», «Национальное кадастровое агентство», становится очевидным преимущество ГИС ArcView.

Литература

1. Кодекс Республики Беларусь о земле от 4.11.1999 №226-З // Земельные отношения в Республике Беларусь: Сб. нормативн. прав. актов / Сост. А. А. Гаев и др. – Мн.; Беларуская навука, 2003. – С.49–110.
2. О государственной регистрации надвижимости и имущества, прав на него и сделок с ним. Закон республики Беларусь от 22.7.2002 №133-З // Земельные отношения в Республике Беларусь: Сб. нормативн. прав. актов / Сост. А. А. Гаев и др. – Мн.: Беларуская навука, 2003. – С.119–159.

© БГМУ

О МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ А-СУБЪЕДИНИЦЫ S2 ГЕТЕРОТРИМЕРНОГО G_S-БЕЛКА ПОЗВОНОЧНЫХ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

***А. В.* БУТВИЛОВСКИЙ, Е. В. БАРКОВСКИЙ, О. В. АЧИНОВИЧ**

This research presents data concerning molecular evolution of amino acid sequences of Gs-protein α-subunits that occur in different animals

Ключевые слова: G-белок, молекулярная эволюция, α-субъединица, скорость молекулярной эволюции

1. Введение

Взаимосвязь клетки с окружающей средой осуществляется посредством клеточных сигнальных систем. В настоящее время известны следующие сигнальные системы: аденилатциклазная, гуанилатциклазная, кальциевая и инозитолтрифосфатная. Предполагается возможное существование пероксидной и инсулиновой систем.

Рис. 1. Механизм функционирования аденилатциклазной системы

Однако наибольшее значение всегда отводилось аденилатциклазной системе передачи сигнала, так как через нее в клетку поступает приблизительно 90% информации [4]. Эта система состоит из трех компонентов: рецептора, аденилатциклазы и G-белка, являющегося посредником между ними. Аденилатциклаза, локализованная на внутренней поверхности плазматической мембраны, катализирует образование **цАМФ** из **АТФ** в присутствии $\mathbf{Mg^{2+}}$**.** В эукариотических клетках цАМФ связывается с протеинкиназой – гетеротетрамерным белком, состоящим из двух регуляторных (R) и двух каталитических (C) субъединиц. Связывание цАМФ протекает следующим образом:

$$4cAMP + R_2C_2 = R_2{\cdot}(4cAMP) + 2C.$$

Комплекс R_2C_2 лишен ферментативной активности, но при связывании cAMP с R-субъединицами происходит диссоциация R и C, и тем самым активируется C-субъединица. Последняя катализирует перенос концевой (γ) фосфатной группы от ATP (Mg^{2+}) на остаток серина или треонина в различных белках. Участками фосфорилирования обычно служат последовательности -Arg-Arg-X-Ser- и -Lys-Arg-X-X-Ser-, где X – любая аминокислота. Механизм функционирования аденилатциклазной системы представлен в виде *рисунка 1.*

Данная работа посвящена G-белкам, являющимся гетеротримерными структурами и состоящими из трех различных субъединиц: α, β и γ [13, 26]. Наиболее функционально важной субъединицей является α-субъединица, содержащая нуклеотид-связывающий сайт (ГТФ или ГДФ) и обладающая собственной ГТФ-азной активностью [12].

В настоящее время известно 18 типов G_α-субъединиц, которые по гомологии аминокислотных последовательностей делятся на 4 класса. Первый класс - это $G_s\alpha$ (клетки печени, почек, жировой ткани и фолликулы яичников) и G_{olf} (нейроэпителиальные клетки слизистой оболочки носовой полости). Класс II объединяет $G_i\alpha$ (кардиомиоциты, нейроны мозга), $G_t\alpha$ (клетки сетчатки), $G_o\alpha$ (нейроны мозга), $G_g\alpha$, $G_z\alpha$-субъединицы. Класс III - это $G_q\alpha$ (клетки гладких мышц кровеносных сосудов), Gα11, Gα14, Gα15 и Gα16-субъединицы. Наименее изучен класс IV, представленный Gα12 и Gα13-субъединицами [1]. Раньше считалось, что существует множество генов, кодирующих $G_s\alpha$, однако результаты проведенного сазерн-блот анализа свидетельствуют о том, что гаплоидный геном человека содержит только один ген, несущий информацию о α-субъединице стимулирующего G-белка. Этот ген был изолирован, используя как образец кДНК $G_s\alpha$ крысы, и назван GNAS1 (Guanine Nucleotide Alpha Stimulating 1). GNAS1 содержит 12 интронов и 13 экзонов [18]. Использование информации различных экзонов объясняет существование четырех вариантов $G_s\alpha$-субъединицы: вариант транскрипта 1 (S2), транскрипта 2 (S1), транскрипта 3 (XL – extra large) и транскрипта 4 (S4) [9, 10, 12]. Наиболее высокая степень гомологии характерна для вариантов транскрипта 1 и транскрипта 2. Вариант транскрипта 1 отличается по кДНК от варианта транскрипта 2 наличием участка, состоящего из 42 нуклеотидов (214–255), и наличием замещений G на C в 213-ом положении и G на A – в 256-ом. Это приводит к соответствующим различиям в аминокислотном составе – одна из субъединиц короче на 14 аминокислотных остатков и содержит 2 замены (Asp на Glu, Ser на Gly). Mattera и соавторы, обнаружившие эти различия, назвали меньшую суъединицу αs1, а большую – αs2 [19].

Каждая из α-субъединиц состоит из 4-х доменов: N-терминального (содержит участок пальмитирования), RAS1 (содежит первый нуклеотид-связывающий сайт), спирального (helical domain, содержит первый сайт связывания с аденилатциклазой) и RAS2 (содержит второй и третий нуклеотид-связывающие сайты, а также второй и третий сайты связывания с аденилатциклазой) [23, 26].

2. Цель исследования

Установить основные закономерности эволюции аминокислотных последовательностей α-субъединиц Gs-белков беспозвоночных и позвоночных животных.

3. Задачи исследования

1. Сравнить скорость эволюционных замен аминокислот α-субъединиц Gs-белков беспозвоночных и позвоночных животных;

2. определить наиболее консервативные участки α-субъединиц Gs-белков;
3. определить наиболее изменчивые домены α-субъединиц Gs-белков беспозвоночных и позвоночных животных;
4. сравнить остальные участки α-субъединиц Gs-белков с наиболее и наименее быстро эволюционирующими доменами.

4. Материалы и методы исследования

Проанализированы аминокислотные последовательности Gsα-субъединицы S2 различных позвоночных и беспозвоночных животных: плоских червей (Schistosoma mansoni) [16], круглых червей (Caenorhabditis elegans) [21], моллюсков (Lymnaea stagnalis) [17], ракообразных (Homarus americanus) [15], насекомых (Drosophila melanogaster) [25], земноводных (Xenopus laevis) [20], грызунов (Mus musculus) [22] и приматов (Homo sapiens) [14]. Для выравнивания аминокислотных последовательностей использовалась программа CLUSTAL W [24].

Среднее число аминокислотных замен, приходящихся на пару гомологичных сайтов двух сравниваемых белков (K_{aa}), рассчитывали по формуле:

$$K_{aa} = -\ln (1 - Pd - 1/5Pd^2), \quad (1)$$

где $Pd = d_{aa}/n_{aa}$ – доля аминокислотных сайтов, по которым сравниваются две гомологичные белковые последовательности, d_{aa} – число отличающихся друг от друга сайтов, n_{aa} – число аминокислотных сайтов, по которым сравниваются две последовательности [2, 3, 6]. При подсчете числа различий участки, не имеющие соответствия с одной из сопоставляемых последовательностей («пробелы») и возникшие в результате вставок и делеций, не рассматривались.

Стандартную ошибку K_{aa} ($\sigma_{K_{aa}}$) рассчитывали по формуле:

$$\sigma_{K_{aa}} = \sqrt{\frac{Pd}{(1-Pd)\times n_{aa}}}. \quad (2)$$

Скорость эволюционных замен аминокислот (k_{aa}) на сайт в год вычисляли по формуле:

$$k_{aa} = K_{aa}/2T. \quad (3)$$

где T – число лет, прошедших после эволюционной дивергенции двух цепей от общей для них предковой цепи: множитель 2 в знаменателе соответствует двум ветвям подразумеваемого филогенетического древа [5, 7].

5. Результаты исследования и их обсуждение

Используя формулы (1 и 2), рассчитаны средние числа аминокислотных замен, приходящихся на пару гомологичных сайтов двух сравниваемых белков (см. *табл. 1, 2*) [8]. Максимальные значения Kaa у беспозвоночных получены при сравнении аминокислотных последовательностей Gsα-субъединицы S2 плоских и круглых червей (0,52±0,04), а минимальные - при сравнении моллюсков и ракообразных (0,21±0,02). При этом для всех пар сравниваемых последовательностей наибольшие значения Kaa характерны для N-терминального домена, а наименьшие – для RAS-1 домена. Полученные данные по Kaa позволили установить следующую закономерность: N-terminal > H-domain > RAS-2 > RAS-1.

У позвоночных животных максимальные значения Kaa отмечены при сравнении аминокислотных последовательностей Gsα-субъединицы S2 земноводных и грызунов (0,12±0,02), а минимальные - при сравнении последовательностей грызунов и человека (0,04±0,01). Как и у беспозвоночных животных, для всех пар сравниваемых последовательностей наибольшие значения Kaa характерны для N-терминального домена, а наименьшие, в отличие от них, для RAS-2 домена. Закономерность по величинам Kaa у позвоночных животных выглядит так: N-terminal > H-domain > RAS-1 ≥ RAS-2. Исключение составляют результаты, полученные при сравнении аминокислотных последовательностей земноводных и человека, где наибольшее количество аминокислотных замен встречается в спиральном домене, а остальные домены имеют приблизительно равные значения Kaa.

Учитывая то, что плоские черви дивергировали от общего предшественника 1050 млн. лет назад, круглые черви – 930, моллюски – 590, ракообразные – 550 можно перенести на временную шкалу средние значения Kaa, полученные нами (см. *диаграмму 1*). Особенности эволюции N-терминального домена не анализировались нами в виду его уникальности и требуют дальнейшего изучения. Видно, что во всех случаях происходит уменьшение Kaa в процессе эволюции.

Скорости эволюционных замен аминокислот для α-субъединиц S2 стимулирующих G-белков беспозвоночных и позвоночных животных рассчитаны с помощью формулы (3) и представлены в форме *таблицы 3*.

Таблица 1. **Значения Каа для Gsα-субъединицы S2 беспозвоночных животных**

		N-term	RAS-1	H-domain	RAS-2	Общее
Sm[1]	Ce[2]	1,46±0,25	0,07±0,05	0,74±0,09	0,39±0,05	0,52±0,04
	Ls[3]	1,12±0,21	0,11±0,06	0,57±0,07	0,23±0,04	0,38±0,03
	Ha[4]	1,46±0,24	0,07±0,05	0,59±0,08	0,25±0,04	0,40±0,03
	Dm[5]	2,05±0,29	0,07±0,05	0,49±0,07	0,31±0,04	0,43±0,10
Ce	Ls	0,80±0,17	0,07±0,05	0,70±0,08	0,25±0,04	0,40±0,03
	Ha	0,65±0,15	0,07±0,05	0,68±0,08	0,24±0,04	0,38±0,03
	Dm	1,07±0,21	0,07±0,05	0,76±0,09	0,27±0,04	0,44±0,04
Ls	Ha	0,57±0,14	0,07±0,05	0,35±0,06	0,10±0,02	0,21±0,02
	Dm	0,84±0,17	0,07±0,05	0,34±0,06	0,15±0,03	0,25±0,03
Ha	Dm	0,80±0,16	0	0,38±0,06	0,10±0,02	0,22±0,03

Примечание: [1] – плоские черви (Schistosoma mansoni); [2] – круглые черви (Caenorhabditis elegans); [3] – моллюски (Lymnaea stagnalis); [4] – ракообразные (Homarus americanus); [5] – насекомые (Drosophila melanogaster).

Таблица 2. **Значения Каа для α-субъединиц Gs-белков позвоночных животных**

		N-term	RAS-1	H-domain	RAS-2	общее
Xl[6]	Mm[7]	0,49±0,13	0,04±0,04	0,22±0,04	0,02±0,01	0,12±0,02
	Hs[8]	0,05±0,04	0,04±0,04	0,21±0,04	0,02±0,01	0,08±0,02
Mm	Hs	0,39±0,11	0	0,02±0,01	0	0,04±0,01

Примечание: [6] – земноводные (Xenopus laevis); приматы (Homo sapiens); [7]– грызуны (Mus musculus); [8] – приматы (Homo sapiens).

Диаграмма 1. Средние значения Каа для α-субъединиц Gs-белков беспозвоночных животных, перенесенные на шкалу времени

Таблица 3. **Скорости молекулярной эволюции аминокислотных последовательностей α-субъединиц S2 Gs-белков беспозвоночных и позвоночных животных ($\cdot 10^{-9}$ на аминокислотный сайт в год)**

Домен	N-term	RAS-1	H-domain	RAS-2	Общая
Sm	0,72	0,04	0,29	0,21	0,21
Ce	0,45	0,04	0,59	0,38	0,22
Ls	0,60	0,06	0,44	0,11	0,19
Ha	0,73	0	0,50	0,09	0,20
Xl	0,45	0,07	0,37	0,03	0,17
Mm	2,44	0	0,13	0	0,25

Таблица 4. **Средние скорости молекулярной эволюции α-субъединицы S2 Gs-белка беспозвоночных и позвоночных животных ($\cdot 10^{-9}$ на аминокислотный сайт в год)**

Домен	N-terminal	RAS-1	H-domain	RAS-2	Общее
Беспозвоночные животные	0,63	0,04	0,46	0,20	0,21
Позвоночные животные	1,45	0,04	0,25	0,02	0,21

Проанализировав эти данные, можно установить следующую закономерность: скорости молекулярной эволюции для беспозвоночных животных и позвоночных животных выглядит так: **Sm ~ Ce ~ Ls ~ Ha < Mm > Xl.** Относительно высокая скорость эволюции аминокислотной последовательности α-субъединицы S2 Gs-белка мыши обусловлена высокой степенью изменчивости N-терминального домена.

Для остальных последовательностей скорость эволюции отдельных доменов подчиняется закономерностям, описанным выше, за исключением круглых червей (H-domain > N-terminal > RAS-2 ≥ RAS-1), имеющих уникальный спиральный домен.

Нами также рассчитаны средние скорости молекулярной эволюции α-субъединицы S2 Gs-белка беспозвоночных и позвоночных животных (см. *табл. 4*). Полученные данные по скорости эволюции отдельных доменов полностью соответствуют ранее описанным закономерностям.

Скорость молекулярной эволюции аминокислотных последовательностей данного белка у беспозвоночных животных равна таковой у позвоночных и составляет $0{,}21 \cdot 10^{-9}$ на аминокислотный сайт в год. Значения k_{aa} для N-терминального домена беспозвоночных животных в 2,3 раза меньше аналогичных значений для позвоночных. Скорость аминокислотных замен для RAS-1 домена одинакова у указанных выше групп организмов ($0{,}04 \cdot 10^{-9}$ на сайт в год). Скорость изменений аминокислот для H-домена беспозвоночных животных в 1,8 раз, а для RAS-2 домена в 10 раз выше значений, полученных для позвоночных.

6. Выводы

1. Скорость эволюционных замен аминокислот α-субъединиц Gs-белков беспозвоночных животных равна таковой для позвоночных животных.
2. RAS-домены являются наиболее консервативными участками α-субъединиц Gs-белков, так как содержат нуклеотид-связывающие сайты и сайты связывания с аденилатциклазой.
3. N-терминальный домен является наиболее изменчивым доменом;
4. Спиральный домен занимает промежуточное положение между N-терминальным и RAS-доменами.

Литература

1. *Барковский Е. В., Кубарко А. И., Кухта В. К., Олецкий Э. И.* G-белки: классификация, механизм действия, функции. //Здравоохранение – 2000. – №2. – С.30 –33.
2. *Барковский Е. В., Ачинович О. В., Бутвиловский А. В.* Скорость эволюции мембраносвязанной аденилатциклазы 9 типа. // Здравоохранение. Научно-практический ежемесячный журнал. – Минск, 2002, №6. – С. 12–14.
3. *Барковский Е. В., Ачинович О. В., Бутвиловский А. В.* Темпы эволюционных изменений различных участков мембраносвязанных аденилатциклаз 9 типа. //Здравоохранение. Научно-практический ежемесячный журнал. – Минск, 2002, №7. – С. 16–19.
4. *Барковский Е. В., Ачинович О. В., Бутвиловский А. В., Королев В. А.* Мембраносвязанные аденилатциклазы млекопитающих: классификация, состав, строение, функция. // Биофизика живых систем: от молекул к организму / Под. ред. И. Д. Волотовского. – Мн.: Белсэнс, 2002, с. 73–86.
5. *Барковский Е. В., Ачинович О. В., Бутвиловский А. В.* Эволюция аминокислотных замен в мембраносвязанных аденилатциклазах VI и IX типов. // Белорусский медицинский журнал. – Минск, 2002, №1. – с. 41–43.
6. *Барковский Е. В., Ачинович О. В., Барабаш С. Г., Бутвиловский А. В.* О вероятностях трансверсий и транзиций в мРНК мембраносвязанной аденилатциклазы VII типа. // Белорусский медицинский журнал. – Минск, 2002, №2. – с. 49–52.
7. *Барковский Е. В., Цыганков В. Г., Ачинович О. В., Бутвиловский А. В.* Сравнительный анализ скоростей молекулярной эволюции аденилатциклаз VI и IX типов. // Здоровье и окружающая среда: Сб. науч. тр. к 75-летию НИИ санитарии и гигиены; под. ред. С. М. Соколова, В. Г. Цыганкова. – Барановичи; Баранов. укрупн. тип., 2002, с. 74–80.
8. *Бутвиловский А. В.* Скорость молекулярной эволюции различных участков α-субъединицы S2 гетеротримерного Gs-белка позвоночных и беспозвоночных животных.// Актуальные вопросы современной медицины и фармации. Материалы конференции студентов и молодых ученых. – Витебск: ВГМУ, 2003. – с. 19–21.
9. *Бутвиловский А. В.* О тразициях и трансверсиях в кодирующей области мРНК α-субъединицы S4 гетеротримерного Gs-белка мыши и человека. Сообщение 2. //Студенческая медицинская наука XXI века. Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции. – Витебск, 2002. – с.19–20.
10. *Бутвиловский А. В.* О тразициях и трансверсиях в кодирующей области мРНК α-субъединицы S4 гетеротримерного Gs-белка мыши и человека. Сообщение 1. //Актуальные проблемы медицины. Сборник материалов международной конференции студентов и молодых ученых. – Минск, 2002. – с.36–38.
11. *Волькенштейн М. В.* Биофизика. М., 1981
12. *Bray P., Carter A., Simons C., Guo V., Puckett C., Kamholz J., Spiegel A., Nirenberg M.*// Proc. Natl. Acad. Sci. USA.– 1986.– Vol.83 (23).–P.8893 – 8897.
13. *Hamm H. E.*// Annu. Rev. Biochem. – 1998. – Vol.66. – P.669 – 672.
14. *Harris B. A.//* Nucl. Acids Res.–1988.–Vol.16 (8).–P.3585.
15. *Hollins B., Xu F., Gress A. M., Landers T. M., McClintock T. S.* Molecular cloning and characterization of a lobster G alphas protein expressed in neurons of olphactory organs and brain. // J. Neurochem. – 1997. – Vol. 69 (5). – P. 1793-1800.
16. *Iltzsch M. H., Bieber D., Vijayaasarathy S., Webster P., Zurita M., Ding J., Mansour T. E.* Cloning and characterizatuin of a cDNA coding for the alpha-subunit of a stimulatory G protein from Schistosoma mansoni.// J. Biol. Chem. – 1992. – Vol. 267 (20). – P. 14504 – 14508.
17. *Knol J. S., Weidemann W., Planta R. J., Vreugdenhil E., van Heerikhuizen H.* Molecular cloning of G protein alpha subunits from the central nervous system of the mollusk Lymnaea stagnalis. // FEBS Lett. – 1992. – Vol. 314 (3). – P. 215–219.
18. *Kozasa T., itoh H., Tsukamoto T., Kaziro Y.*// Proc. Natl. Acad. Sci. USA.– 1988.– Vol.85 (7).–P.2081–2085.
19. *Mattera R., Codina J., Crozat A., Kidd V., Woo SL., Birnbaumer L.//* FEBS Lett. – 1986. – Vol . 206 (1). – P. 36–42.
20. *Olate J., Martinez S., Purcell P., Jorquera H., Codina J., Birnbaumer L., Allende J.* Molecular cloning and sequence determination of four different cDNA species coding for alpha-subunits of G-proteins from Xenopsus laevis oocytes. ///FEBS Lett. – 1990. – Vol . 268 (1). – P. 27–31.
21. *Park J. H., Ohshima S., Tani T., Ohshima Y.* Structure and expression of the gsa-1 gene encoding a G protein alpha (s) subunit in C. elegans. // Gene. – 1997. – Vol. 194 (2). – P. 183-190.
22. *Peters J., Wroe S. F., Wells C. A., Miller H. J., Bodle D., Beechey C. V., Williamson C. M., Kelsey G.*// Proc. Natl. Acad. Sci. USA.– 1999.– Vol.96 (7).–P.3830 – 3835.
23. *Sprang S. R.*// Annu. Rev. Biochem. – 1998. – Vol.66. – P.639 – 678.
24. *Tompson J. D., Higgins D. G., Gibson T. J.* //Nucl. Acids Res.–1994.–Vol.22.–P.4673–4680.
25. *Quan F., Forte M. A.* Two forms of Drosophila melanogaster Gs alpha are produced by alternate splicing involving an unusual splice site. // Moll. Cell. Biol. – 1990. – Vol. 10 (3). – P. 910-917.
26. *Wei Liu, John K.* Northup // Proc. Natl. Acad. Sci. USA.– 1998.– Vol.95.–P.12878 – 12883.

Технические науки

© ВА РБ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ НИЗКОЛЕТЯЩЕЙ ЦЕЛИ АКУСТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

***Ю. В. БЕЛЬКО*, В. В. ВОИНОВ**

This work analyses the capabilities of the low-altitude flying targets acquisition acoustic-electrical method and deals with the development of the range-detection device based on this method. According to the given requirement the passive different range measuring of range detection

Ключевые слова: устройство, низколетящая цель, акустоэлектрический метод, микросейсмическая волна, земная поверхность

Военные конфликты последних лет показывают решающую роль разведки при ведении противовоздушной обороны (ПВО). Современная система разведки должна иметь высокую устойчивость, что достигается повышением ее помехозащищенности, живучести средств, дублированием источников информации. Она должна характеризоваться большой глубиной разведки и высокими степенями автоматизации сбора, обработки и выдачи информации в реальном масштабе времени, сопряжения с автоматизированными системами управления войсками и боевыми средствами. Для наращивания возможностей системы разведки и предупреждения необходимо организовать комплексное использование всех видов и средств разведки.

Анализ существующих методов обнаружения низколетящих целей (НЛЦ) дает возможность выделить общий недостаток: они не позволяют вести обнаружение средств воздушного нападения, находящихся за горизонтом или за пределами прямой видимости.

Сущность акустоэлектрического метода обнаружения НЛЦ основана на том, что летательный аппарат при движении в атмосфере производит ее возбуждение, которое проявляется в изменении давления, плотности, температуры и т.д. В результате движения НЛЦ возникает акустоэлектрическая волна, которая достигает земной поверхности и взаимодействует с ней. Это взаимодействие приводит к тому, что в земной поверхности возникают микросейсмические волны сжатия и сдвига, т.е. продольные и поперечные, которые распространяются в ней со своими скоростями. Так как скорости обеих волн значительно превышают скорости движения воздушных объектов, то их распространение является демаскирующим фактором, который может служить параметром для обнаружения НЛЦ.

Известно, что в земной коре существует электрическое поле, которое переходит по границе раздела в электрическое поле тропосферы.

В невозбужденном состоянии параметры электрического и магнитного полей Земли сохраняют постоянными свои количественные значения, точнее являются медленно меняющимися функциями времени (суточные, сезонные, годовые и т.д. флуктуации). Распространяющиеся микросейсмические волны приводят к модуляции электрического поля Земли. Возможна регистрация возникающих флуктуаций поля в приповерхностном слое. При этом микросейсмические волны вызывают флуктуации электрического поля Земли как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Направление распространения флуктуаций наибольшей мощности соответствует направлению распространения микросейсмической волны. Очевидно, что распространяющаяся микросейсмическая волна вызовет флуктуации вектора напряженности электрического поля Земли, которые непосредственно (в соответствии с законом полного тока) приведут к флуктуациям вектора напряженности магнитного поля в перпендикулярных направлениях.

Из этого следует, что сущность акустоэлектрического метода обнаружения НЛЦ заключается в приеме и регистрации мощности флуктуаций векторов напряженности электрического и магнитного полей Земли. При этом максимальная дальность обнаружения НЛЦ акустоэлектрическим методом ограничивается расстоянием в 110–130 км, что в несколько раз превышает дальность обнаружения НЛЦ существующими методами.

Физические процессы взаимодействия НЛЦ с подстилающей поверхностью достаточно разнообразны. Между ними существуют различные виды взаимосвязи. Характер взаимодействия между газовой средой и движущимся в ней телом может быть различным. При небольших скоростях движения взаимодействие носит в основном силовой характер. По мере роста скоростей силовое взаимодействие сопровождается нагревом поверхности вследствие теплоотдачи от газа к телу. Таким образом, возникает тепловое взаимодействие. При очень больших скоростях аэродинамический нагрев может вызвать химическое взаимодействие между газовой средой и твердой поверхностью. Высокие скорости могут оказаться причиной потери массы и вследствие механического взаимодействия между газовой средой и движущимся телом.

Исследование всех видов взаимодействия между газовой средой и ЛА позволяет осуществить аэродинамические расчеты, связанные с вычислением количественных параметров указанного взаимодействия, а именно, с определением аэродинамических сил и моментов, теплоотдачи и потери массы.

Создана модель летательного аппарата, движущегося на малой высоте, как источника акустического шума, ударной волны и статического давления. Составлены программы, проведены расчеты по определению величин изменения давления в воздушной среде при полете цели на малой высоте. Рассмотрены процессы возникновения и распространения микросейсмической волны. Получены амплитуды смещения грунта, вызванного микросейсмической волной, на различных расстояниях от точки падения акустической, ударной волны или статического давления. По известным амплитудам смещения грунта оценена величина флуктуаций электрического и магнитного полей Земли. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности обнаружения НЛЦ акустоэлектрическим методом на дальности от 70 до 120 км, что в два-три раза превышает возможности современных радиолокационных станций.

При разработке устройства определения дальности НЛЦ акустоэлектрическим методом за исходные данные приняты следующие:

1. Используется разностно-дальномерный метод, определение разности дальности от источника акустоэлектрической волны до каждой пары приемных устройств осуществляется взаимно-корреляционным методом;
2. Реализуемая дальность обнаружения цели не менее 50 км;
3. Обрабатываемая ширина спектра микросейсмической волны $\Delta f = 100$ Гц;
4. Величина базы между пунктами приема (центральным и нецентральным) d = 3931 м;
5. Число элементов разрешения по разности хода, укладывающееся на интервале $2d - m_R = 100$;
6. Время наблюдения $T_н = 0{,}4$ с;
7. Способ просмотра полного диапазона дальностей – параллельный обзор.

В основу разработанного устройства определения дальности НЛЦ положен разностно-дальномерный метод. Определены функционально необходимые элементы схемы, а также их основные параметры. Флуктуации электрического поля Земли, вызванные прохождением микросейсмической волны, принимаются датчиками разнесенной системы обнаружения. После усиления и выделения низкочастотного спектра принятых флуктуаций производится защита от помех промышленной частоты. Затем сигнал с удаленного пункта передается по линии связи для дальнейшей обработки на центральный пункт. При этом в канале приема центрального пункта производится задержка сигнала. Далее сигналы удаленного и центрального пунктов подвергаются многоканальной взаимно-корреляционной обработке.

Линии задержки сигналов из-за больших потребных времен запаздывания необходимо реализовать цифровым способом. После цифроаналогового преобразования получим квадрат модуля корреляционного интеграла на выходе детекторов параллельно для элементов разрешения по дальности. Пороговые устройства, стоящие после детекторов, производят сравнение выходных сигналов с заданным уровнем. Превышение порога в одном из пороговых устройств соответствует наличию цели в одном из элементов разрешения. Сигналы с выхода порогового устройства поступают для обработки в ЭВМ.

На основании анализа параметров сигнала оценены характеристики устройства определения дальности НЛЦ. Разработанное устройство должно позволить определять дальность с точностью до двух километров на расстоянии 50 км и до восьми километров на расстоянии 100 км.

Разработанные метод и устройство позволят обнаруживать НЛЦ и определять их параметры на дальностях, обеспечивающих централизованное управление боевыми действиями группировки ПВО за пределами прямой видимости, что должно повысить эффективность и расширить функциональные возможности системы разведки воздушного противника и ПВО в целом.

© ВАРБ

КОНСТРУКЦИЯ АВИАЦИОННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПУШКИ НА ЖИДКОМ МЕТАТЕЛЬНОМ ВЕЩЕСТВЕ

Н. Н. ВЫСОЦКИЙ, **О. А. КОНОПЕЛЬКО**

Work is devoted to development to a perspective automatic gun on liquid throwing substance. Questions of a substantiation of the idea of application of liquid throwing substance are put in a basis of work for artillery systems and development of mechanisms of automatics of an aviation gun of drum-type type. Also in work results of modeling according to efficiency of shooting are presented

Ключевые слова: авиационная автоматическая пушка, жидкое метательное вещество, барабанная схема автоматики, блок патронников, газоотводный двигатель

В настоящее время на вооружении ВВС РБ находятся высокоманевренные самолеты, оснащенные авиационными автоматическими пушками, которые способны вести эффективный огонь на ближних дистанциях в маневренных воздушных боях и уничтожать низколетящие малоразмерные цели в любых метеорологических условиях днем и ночью.

Высокая эффективность стрельбы из авиационного артиллерийского оружия может быть достигнута путем совершенствования его характеристик, боеприпасов и, прежде всего, за счет увеличения темпа стрельбы, длины непрерывной очереди и скорости снаряда.

Важным элементом в формировании начальной скорости снаряда являются метательные вещества, так как непосредственно они подвергаются процессу горения и образуют движущую силу. Интерес к ним объясняется тем, что эти метательные вещества позволяют за счет увеличения удельного импульса значительно увеличить дальность стрельбы при приемлемых массовых характеристиках снаряда [1, с. 14].

В работе предлагается принципиально новое решение проблемы увеличения скорости снаряда, что повлечет за собой увеличение, как дальности его полета, так и точности стрельбы.

В пушке на ЖМВ актуальной является проблема обтюрации, так как при выстреле необходимо обеспечить надежную герметизацию стыков между блоком патронников, стволом и ракетным двигателем [2, с. 43]. В разрабатываемой пушке это достигается за счет того, что барабан в своей передней части имеет конусообразные выступы, которые при перемещении его в переднее положение входят в специальные конусообразные отверстия, находящиеся в стволе.

После проведения баллистического расчета системы выяснилось, что наиболее эффективно использование ЖМВ с силой $f = 19\ 10^5$ Дж/кг, т.к. при остальных значениях скорость на выходе из канала ствола практически равна скорости снаряда при использовании порохового заряда. Потребная масса ЖМВ для одного выстрела составила 0,035 кг. Для штатного боекомплекта в 150 патронов общая масса метательного вещества на пушку составила 5,25 кг.

Оценка эффективности пушки на ЖМВ показала, что при сопроводительной стрельбе в вертикальной плоскости на дальности 500 м, средней скорости снаряда 1060 м/с и темпе стрельбы 2500 выстр/мин. вероятность поражения цели увеличилась на 10 % по сравнению с прототипом. Данное преимущество обусловлено увеличением начальной скорости снаряда на 200 м/с.

Литература

1. *Конопелько О. А.* Авиационное артиллерийское оружие – Минск, ВА РБ, 1996.
2. *Лобатый А. А.* Авиационные ракеты– Минск, ВА РБ, 2002.

© ВА РБ

МЕТОДИКИ АНАЛИЗА УСЛОВИЙ СРЫВА СЛЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

***Д. А. ДУКА*, А. Н. МАЦКЕВИЧ**

The techniques of the analysis of conditions of failure of tracking in system of measurement of speed of mobile object are given

Ключевые слова: координатная система, анализ качества функционирования

Рассмотрим методики расчета условий срыва слежения на примере системы автоматического слежения по скорости (АСС). Частотный дискриминатор представляется безынерционным нелинейным элементом, а исполнительная часть соответствует пропорциональному интегро-дифференцирующему регулятору.

Критерий срыва, определяющий возможность создания срывных условий по динамической ошибке в АСС, имеет вид $n_{л.ср} < n_{л.расп}$. Это выражение является условием срыва по линейным перегрузкам. Методика расчета условий срыва слежения в координатных системах по динамической ошибке сводится к следующему:

1. Задается аппроксимация дискриминационной характеристики измерителя рассогласования. Наиболее простой аппроксимацией дискриминационной характеристики является смещенная кубическая парабола $f(e) = e\,(1 - b\,e^2)$.
2. Задающее воздействие аппроксимируется эквивалентным гармоническим воздействием $x(t) = A_o \sin(\Omega_o\, t)$, амплитуда и частота которого выражаются через скорость $|\dot{x}|$ и ускорение $|\ddot{x}|$ задающего воздействия.
3. К структурной схеме нелинейной системы применяется метод гармонической линеаризации и рассчитывается коэффициент гармонической линеаризации $K_{нз}(E_o)$.

4. Рассчитывается выражение для амплитуды сигнала ошибки $E_o(|\dot{x}|, |\ddot{x}|)$.
5. Из условия $E_o \geq \Delta$ находятся срывные скорость $|\dot{x}_{ср}|$ и ускорение $|\ddot{x}_{ср}|$.

При оценке условий срыва слежения по флюктуационной ошибке в АСС в качестве критерия срыва выберем пороговый критерий. Если мгновенное значение ошибки за счет шума измерения сигнала рассогласования v(t) превысит полуширину дискриминационной характеристики Δ , то в АСС наступит срыв слежения. Методика расчета условий срыва слежения в системе АСС по флюктуационной ошибке сводится к следующему:

1. Задается аппроксимация дискриминационной характеристики измерителя рассогласования. Наиболее простой аппроксимацией дискриминационной характеристики является смещенная кубическая парабола.
2. Возмущающее воздействие аппроксимируется нормальным белым шумом с интенсивностью N_v.
3. Вычисляется коэффициент статистической линеаризации $K_1(D_e)$ при x(t) = 0.
4. С помощью табличного интеграла Парсеваля записывается выражение для дисперсии ошибки по возмущающему воздействию.
5. Определяется пороговое значение интенсивности шума измерения сигнала рассогласования.
6. Рассчитывается пороговое отношение сигнал/шум.

Таким образом, используя методы гармонической и статистической линеаризации можно оценить условия срыва слежения в автоселекторе скорости по динамической и флюктуационной ошибкам.

Литература

1. *Ганэ В. А., Мацкевич А. Н.* Основы автоматического управления. Анализ качества координатных систем. Уч. пособие. – Минск, ВА РБ, 1998. –122 с.
2. *Ганэ В. А., Мацкевич А. Н.* Основы автоматического управления. Аналитические методы анализа качества нелинейных систем управления. Уч. пособие. – Минск, ВА РБ, 2001. – 174 с.

© ВА РБ

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПУШКОЙ НА ЖИДКОМ МЕТАТЕЛЬНОМ ВЕЩЕСТВЕ

***Р. Ф. ЗЕМЛЯНИК*, Э. Ж. ПАВЛУШКИН**

Work is devoted to system engineering of management by an aviation automatic gun in which basis of work essentially new constructive decisions connected with application of liquid throwing substances are put. The developed system allows operating shooting from a gun in various modes with use of special candles which set fire, counters, unit of synchronization and blocking

Ключевые слова: авиационная автоматическая пушка, система управления оружием

На современных летательных аппаратах (ЛА) в состав их вариантов вооружения входит авиационная автоматическая пушка (ААП). Эффективное применение авиационного артиллерийского оружия возможно на дальностях до 1200 метров в непосредственном соприкосновении самолетов, ведущих ближний маневренный воздушный бой [1, с. 23]. Управление ААП осуществляет система управления оружием с помощью блока автоматики пушки (БАП). Этот блок позволяет управлять огнем, автоматически определять задержку в стрельбе, производить перезарядку и выполнять другие функции [2, С. 45].

Конструкция ААП на жидком метательном веществе (ЖМВ) отличается от принципов построения традиционных пушек, стоящих на вооружении истребительной авиации ВВС и войск ПВО Республики Беларусь. Особенности конструкции ААП на ЖМВ были учтены при разработке СУ к ней.

Разработанная СУ позволяет эксплуатировать пушку в двух режимах работы. В первом режиме СУ обеспечивает работу пушки на горючем и окислителе, во-втором – только на горючем от свечи поджига. Это позволяет повысить живучесть пушки. Первый режим требует точной установки автоматики пушки в начальное положение для стрельбы. Во втором режиме работы положение подвижных частей автоматики пушки может быть произвольным, так как СУ перезаряжанием способна устранять неточность совмещения ствола с патронником. Только после того, как пушка будет приведена в положение для стрельбы, СУ пушкой выдает сигнал на боевое применение на клапаны впрыска горючего и окислителя в камеру сгорания в первом и на свечу поджига – во втором режиме работы.

Конструкция пушки барабанного требует наличия в СУ узла синхронизации, который контролирует и управляет работой пушки. В качестве узла синхронизации применяется датчик Холла, который обеспечивает безинерционность системы и отсутствие токов дребезга в ее электрических цепях.

В отличие от счетчиков импульсов (БАП) ГШ – 301 в счетчиках импульсов СУ ААП на ЖМВ используется принцип «временного интервала» на отстрел боевого комплекта. БАП с такими счетчиками позволяет применять пушки с высоким темпом стрельбы. Кроме того увеличивается быстродействие СУ и уменьшаются ее габариты.

Предлагаемая СУ ААП на ЖМВ, входящая в состав авиационного комплекса, стоящего на вооружении авиации ВВС и войск ПВО, позволяет существенно расширить боевые возможности ААП и самолета.

Литература

1. *Конопелько О. А.* Авиационное артиллерийское оружие – Минск, ВА РБ, 1996.
2. *Павлушкин Э. Ж.* Система управления авиационным вооружением – Минск, ВА РБ, 2000.

© ВА РБ

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА НАЧАЛЬНИКА МЕДИЦИНСКОЙ СЛУЖБЫ ПОГРАНИЧНЫХ ВОЙСК РБ

***А. В. КАБАК,* В. С. ЖУКОВСКИЙ**

The automated workplace (AWP) is intended for automation of working activity of the chief of medical service of frontier troops of Republic of Belarus. AWP should be a binding element between military units and state department of frontier troops. The main users of automated system will be structural divisions of medical service and the chief of medical service. AWP will provide interaction of military units of frontier troops and the medical service of state department of frontier troops. AWP will give the opportunity to the chief of medical service. To get the information from each division of medical service, collect the information about deseases, make reports

Ключевые слова: автоматизированное рабочее место, база данных, медицинская служба, пограничные войска

В настоящее время пограничными войсками Республики Беларусь разработана «Концепция создания автоматизированной системы информационного обеспечения Пограничных войск Республики Беларусь» и программа ее реализации. Пограничные войска решают задачи автоматизации всех сторон деятельности, чтобы заменить рутинный ручной труд на более производительный – автоматизированный, по возможности исключить влияние «человеческого фактора» в тех областях деятельности, где необходимы сложные расчеты и возможны ошибки.

Практика служебной деятельности ПВ РБ в современных условиях свидетельствует о важной, а в некоторых случаях – приоритетной роли автоматизированных систем информационного обеспечения органов управления.

Значительное увеличение количества частей ПВ, а также введение в эксплуатацию новых госпиталей обозначили потребность в регистрации, учете и контроле медикаментов, накоплении и обработке статистических данных о травматизме и заболеваниях с помощью ПЭВМ. Связать работу всех медицинских учреждений ПВ в единую систему призвана АС «МЕДИК», а центральным звеном этой системы будет АРМ начальника медицинской службы ПВ.

АС «МЕДИК» должна обеспечивать:

- сбор информации из подразделений ПВ для создания и ведения баз данных по учету и статистике;
- организацию взаимодействия с подчиненными подразделениями и частями для получения и передачи необходимой информации о новых заболеваниях, новых препаратах;
- синхронизацию и обновление баз данных лечебных учереждений;
- сбор, подготовку и систематизацию статистической информации;
- ведение и оперативное обновление справочной информации;
- получение отчетных документов в системе с использованием генератора отчетов.

При разработке АРМ начальника медицинской службы основные усилия были направлены на работу с реляционной базой данных, обеспечивающей хранение всей информации. В качестве системы управления базой данных (СУБД), с которой взаимодействуют приложения, реализующие все задачи АРМ, была выбрана СУБД «Oracle 9.0i».

Таким образом, развитие современных информационных технологий затронуло не только сферы гражданской жизнедеятельности, но и военной. Разработка АС «МЕДИК», а в частности, моей дипломной работы как составляющей части этой АС, будет являться шагом к автоматизации пограничных войск РБ. Автоматизированное рабочее место начальника медицинской службы ПВ позволит организовать и обеспечить работу медицинской службы и системы в целом, которая соединит в одну сеть все воинские части пограничных войск.

По данной работе получен акт ее внедрения в комитете пограничных войск РБ.

© ВА РБ

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СТАБИЛИЗАЦИИ УРОВНЯ ЛОЖНЫХ ТРЕВОГ С ВЫСОКОЙ ПОРОГОВОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПОЛЕЗНЫХ СИГНАЛОВ

***В. С. КАЛЮТЧИК,* С. Ю. СЕДЫШЕВ**

The algorithms of stabilization of a level of false alarms, serviceable in conditions non-stationary non-gaussen of a radar background and sanctions, having a capability, of the purposes, close located on range are received

Ключевые слова: непараметрическая оценка, вероятность ложных тревог, радиолокационный фон, стабилизация уровня ложных тревог, радиолокационная станция

В настоящее время одним из основных путей улучшения тактико-технических характеристик РЛС является совершенствование средств и методов обработки радиолокационных сигналов. Реализация этого направления связана с широким внедрением в РЛС устройств и методов цифровой обработки сигналов.

Важной тактической характеристикой, характеризующей зону действия радиолокационной станции (РЛС), является условная вероятность ложных тревог F, которая совместно с заданной условной вероятностью правильного обнаружения D определяет дальность действия РЛС [1, 3].

Для поддержания заданного уровня ложных тревог в условиях импульсных помех и нестационарного радиолокационного фона (РЛФ) используются различные алгоритмы стабилизации уровня ложных тревог (СУЛТ) [1]. Как показывает анализ, существующие алгоритмы адаптации ухудшают разрешение РЛС близко расположенных целей.

В общем случае устройство обнаружения состоит из двух основных частей: устройства обработки сигнала (УОС) и устройства принятия решения (УПР). В свою очередь в состав УПР входит непосредственно пороговое устройство (ПУ) и система стабилизации уровня ложных тревог (СУЛТ) [1, 3]. УОС настроено на прием сигнала с ожидаемыми параметрами и формирует на своем выходе напряжение, пропорциональное логарифму отношения правдоподобия. Оптимальная обработка принятого сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой сводится к вычислению квадрата модуля комплексного весового интеграла, нормированию его к энергетическому параметру ожидаемого сигнала (ЭПОС) [1] и сравнению его с порогом обнаружения. ЭПОС характеризует мощность помехи на выходе когерентной части устройства обработки. Таким образом, в результате операции нормирования квадрата модуля комплексного весового интеграла, дисперсия его помеховой составляющей стабилизируется. Условная вероятность ложной тревоги на выходе такого обнаружителя постоянна, а обнаружитель, включающий в себя устройство обработки сигнала и устройство принятия решения – оптимален по критерию Неймана-Пирсона [2].

В общем случае изменение мощности РЛФ представляет собой нестационарный негауссовский случайный процесс. Для преодоления влияния нестационарности РЛФ на оценку ЭПОС используется скользящее «окно», в пределах которого РЛФ считается стационарным. Для оценки мощности РЛФ используется ранговая статистика, инвариантная к закону распределения РЛФ [1, 2]. В качестве оценки берется заданный ранг. Такой подход улучшает качество СУЛТ и одновременно позволяет улучшить обнаружение близко расположенных целей.

Литература

1. *Ширман Я. Д.* Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник/ –М.: ЗАО «МАКВИС», 1998.
2. *Левин Б. Р.* Теоретические основы статистической радиотехники. Сов. Радио. М.: 1966 год.
3. *Охрименко А. Е.* Основы радиолокации и РЭБ. Ч1, Воениздат, М.: 1980 г.

© ВА РБ

ПРОГРАММА КОНТРОЛЬНОГО ПОЛЕТА ПО ПРОВЕРКЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВООРУЖЕНИЕМ СУВ Ш-101 САМОЛЕТА СУ-27П

***М. В. КАЩЕЕВ*, Д. Ю. ОЛЕЙНИК**

In work the flows of the information are analyzed which are registered by system of the objective control. The optimization of their quantity (amount) for processing is carrier out. The sequence of check of algorithms of battle (dashing) application is proved. The structure of flight of a fighter pays off from the point of view of an economic substantiation of control flight. The recommendations in reference business of flight of the plane Su-27P for increase of reliability of an estimation of a technical condition of the plane are developed

Ключевые слова: система управления вооружением, тактико-технические характеристики, самолет СУ-27П

С начала 90-х годов на вооружении истребительной авиации ВВС и войск ПВО Республики Беларусь находятся самолеты четвертого поколения СУ-27П. Основу комплекса авиационного вооруже-

ния (КАВ) данного самолета составляет система управления вооружением (СУВ) Ш-101 [1, с. 34], центральным информационным локационным звеном которой является радиолокационный прицельный комплекс (РЛПК), изделие Н001[2, с. 12].

В действующем Наставлении по инженерно-авиационному обеспечению авиации Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны (НИАО-2003) определен порядок выполнения контрольных полетов по проверке тактико-технических характеристик (ТТХ) СУВ Ш-101 самолета СУ-27П. Учитывая большое количество параметров в потоках информации, подлежащих регистрации СОК-УБД СУВ Ш-101 [3, с. 18], конкретизация и выбор оптимального их количества для обработки, обоснование логической последовательности проверяемых алгоритмов боевого применения является актуальным. Не менее важным является расчет профиля полета истребителя и цели с точки зрения экономического обоснования контрольных полетов по проверке ТТХ СУВ Ш-101, а также выработка рекомендаций в эталонное дело облета самолета СУ-27П с точки зрения повышения достоверности оценки технического состояния КАВ в целом.

Программа контрольного полета по проверке ТТХ СУВ Ш-101 представляет собой последовательность этапов боевого применения, начиная с этапа выхода в боевое соприкосновение с целью в дальнем ракетном бою с проверкой алгоритмов СУВ Ш-101 при ведущих информационных каналах радиолокационном и оптико-электронном и заканчивая ближним маневренным воздушным боем с применением как ракетного, так и артиллерийского вооружения. Предусмотрена в программе и проверка СУВ Ш-101 при решении задач поражения наземных целей.

Литература

1. Руководство по летной эксплуатации самолета СУ-27П.
2. Руководство по технической эксплуатации СУВ Ш-101.
3. *Олейник Д. Ю.* Авиационный радиоэлектронный комплекс самолета СУ-27П. Часть 1. Бортовое радиоэлектронное оборудование самолета СУ-27.– Минск: издание ВА РБ, 2000 г.

© ВА РБ

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДВУХТОЧЕЧНОГО КВАЗИКОГЕРЕНТНОГО СИГНАЛА НА ФАЗОВЫЙ МОНОИМПУЛЬСНЫЙ ПЕЛЕНГАТОР

***Д. В. МОРОЗОВ*, О. Г. ЛАПУКА**

One of the main forming noise of purpose is an angular noise. It causes change the apparenting position to purposes for supporting point on her. For phase monopulsed direction finder it is a main source of mistake of measurement of angular position to purposes. Point-to-point quasicoherent signal creates the mistakes in determination of corner of bearing, in several times exceeding distance between sources of signal

Ключевые слова: двухточечный квазикогерентный сигнал, фазовый моноимпульсный пеленгатор

Исследование воздействия двухточечного квазикогерентного сигнала на фазовый моноимпульсный пеленгатор показывают, что такой сигнал вносит ошибку в определение угломером направления на пеленгуемый источник. Это угловое рассогласование возникает за счет смещения пеленгационной характеристики в области малых углов, вызванное изменением направления к фазовому фронту волны [1, с. 36].

Анализ возникающих в угломере ошибок может быть осуществлен путем рассмотрения модели воздействия такого сигнала на пеленгатор.

В результате движения источников сигналов со временем меняется их угловое положение относительно линии визирования, а как следствие этого меняется и расстояние от каждого источника до пеленгатора.

На дальностях, когда разность фаз квазикогерентных сигналов равна 180 градусам, т.е. когда возникает когерентный эффект, происходит скачок направления нормали к фазовому фронту волны. Причем чем меньше дальность, тем выше частота возникновения противофазности сигналов. Это обусловлено скоростью изменения угловых размеров базы двухточечного квазикогерентного сигнала. Также при приближении источников сигнала увеличивается мощность отраженного сигнала. Однако при возникновении когерентного эффекта мощность сигнала резко падает, что обусловлено компенсацией одного сигнала другим. Падение мощности в суммарном канале пеленгатора приводит к уменьшению коэффициента автоматической регулировки усиления.

Так как принцип определения углового положения цели в фазовом моноимпульсном пеленгаторе основан на сравнении фаз принятых сигналов, то за счет внесения дополнительной разности расстояний между источниками сигналов возникает ошибка угла пеленга.

За счет моделирования процессов обработки сигналов фазовым моноимпульсным пеленгатором получены зависимости значений угловых рассогласований от дальности до двухточечного источника сигнала.

Вследствие того, что угловой размер базы по углу места практически не меняется и в сравнении с азимутальным очень мал, ошибка в этой плоскости незначительна.

В результате можно сделать вывод о том, что двухточечный квазикогерентный сигнал создает ошибки в определении угла пеленга [2, с. 67], в несколько раз превышающие расстояние между источниками сигнала.

Литература

1. *Сколкин М.* Справочник по радиолокации, т.1. М.: Сов. радио 1979.
2. *Кравцова В. А., Лобанова А. Д.* Теория радиоэлектронной борьбы :учеб.– Мн.:ВА РБ, 1998.– 403с.

© ВА РБ

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЧ ТРАКТА

***М. В. ПЕГАСИН,* А. Г. ОНИЩУК**

The decision of a problem of modeling of passive elements of super high-frequency paths, including on experimental data is considered. The technique of the decision is based on use of positions of radiomechanics

Ключевые слова: ядро, оболочка, произвольный фазовый множитель

Одной из основных проблем радиоприема является проблема передачи сигналов на фоне помех. Решение этой проблемы связано с решением задачи согласования.

Теория согласования в полосе частот, в том числе для сложных сигналов, хорошо разработана для цепей с сосредоточенными LC параметрами. При переходе на СВЧ и КВЧ возникает необходимость использования волноводных неоднородностей.

Теория волноводных неоднородностей основана на применении сложных электродинамических методов и разработана лишь для узкого класса типовых неоднородностей правильной геометрической формы [1]. В ВА РБ под руководством доктор технических наук, проф. Онищука А. Г. разрабатывается теория радиомеханики, в которой рассматриваются новые методы решения задач согласования, тесно связанные с решением задачи структурно-параметрического моделирования (СПМ).

Основой СПМ служит возможность представления произвольного двухполюсника в канонической форме в виде ядра и оболочки [2]. Ядро являет собой двухполюсник, согласованный с линией передач и характеризует стационарные энергетические свойства моделируемого элемента. Оболочка представляет собой недиссипативный четырехполюсник (НЧП), преобразующий параметры ядра в параметры исходного двухполюсника.

В качестве примера рассмотрим СПМ элемента СВЧ тракта, представляющего собой неоднородность в линии передач. Представим неоднородность в виде ЧП, нагрузив который на волновое сопротивление линии передачи, получим ДП, представленный в каноническом виде. При этом определение модели исходной неоднородности сводится к нахождению структуры оболочки полученного ДП. Ниже приведен алгоритм решения этой задачи.

1. Исходя из условий унитарности матрицы рассеяния НЧП, по измеренному на рабочей частоте комплексному коэффициенту отражения определяем с точностью до произвольного фазового множителя (ПФМ) ее структуру, а также структуру классической матрицей передачи [3].
2. На основании возможности представления классической матрицы передачи произвольного НЧП в виде произведения матриц передачи «базовых» НЧП, которым физически соответствуют идеальная реактивная проводимость и идеальное реактивное сопротивление с определенными параметрами, определяем исходную структуру моделирующей цепи.
3. Используя исходную структуру, расчетным путем определяем комплексный коэффициент отражения на входе модели в полосе частот и сравниваем с аналогичной зависимостью для моделируемой неоднородности.
4. Если результаты сравнения неудовлетворительны, изменяем значение ПФМ с определенным шагом (величина шага определяет дискретность приближения) до получения удовлетворительных результатов, тем самым определяя конечную структуру моделирующей цепи.

Литература

1. *Гупта К., Гардж Р., Чадха Р.* Машинное проектирование СВЧ устройств. // М.: Радио и связь. 1987.
2. *Онищук А. Г.* Введение в радиомеханику. Физика и технические приложения волновых процессов. II Международная НТК. // Самара. 2003.
3. *Онищук А. Г. Забеньков И. И.* Согласование радиотехнических устройств. // Минск: БГУИР. 1997.

©ПГУ

КОНСТРУКЦИИ КАМЕННЫХ КОЛОНН

Х. Р. АРАЖИ, В. И. АТРАХИМОВИЧ, А. М. ХАТКЕВИЧ

The designed methods of the estimation of the influence amount vertical join on toughness of the laying , the installed similarity of the making the laying on vertical (the pillar) with spreading it in one layer on surfaces of the basis (the paving), that allowed to create the new designs source stone and their combinations for design of the new pillars and road covering. The offered designs raise toughness of the pillars, their architectural attractiveness, capacity of the labour, reduce the consuption a material etc. The results of the work are protected patent and publication

Ключевые слова: колонны, геометрия, прочность, каменная кладка

Прочность каменной кладки по современным воззрениям зависит от прочности и деформативности камней и раствора, пустотности, размеров камня, толщины швов, способа и глубины перевязки. Совместная работа кладки обеспечивается перевязкой вертикальных швов по высоте, которая может осуществляться за счет сил трения, механического зацепления, когезии и адгезии раствора и соседних слоев, устройством связей с помощью перевязочных кирпичей, гибких и жестких связей из арматуры, бетона и железобетона. При недостаточных связях по высоте сжатые элементы могут расслаиваться на отдельные вертикальные столбы (ветви, блоки). При этом расслоение может быть продольным, поперечным, смешанным и замкнутым. Размеры образующихся блоков b × h, как правило, совпадают с отдельными вертикальными швами по высоте, кладки и кратны ширине либо длине камня.

Нами был выполнен анализ разнообразных, имеющих место в строительной практике, сечений колонн (прямоугольных, квадратных, круглых и многоугольных) с целью выяснения влияния количества вертикальных швов на прочность кладки. Установлено:

- коэффициент К = L/A, характеризующий содержание вертикальных швов L на единицу площади сечения А, изменяется в пределах 0…3,68 в масштабе, кратном одному камню. При этом для цельных колонн или колонн, собранных по вертикали из отдельных блоков, К = 0;
- с увеличением количества кирпичей в сечении значение К возрастает;
- наличие маломерных камней – половинок, трехчетверток и т.п. – увеличивает величину коэффициента К;
- для круглых колонн при их традиционной кладке коэффициент К больше, нежели для колонн прямоугольных, равновеликой площади; при этом в круглых колоннах используется большее количество маломерных камней;
- отдельные колонны при наличии в рядах трехчетверток и половинок и их отсутствии имеют по высоте разные значения коэффициента К, т.е. прочность по высоте колонн при четырехрядной перевязке неодинакова.

Существующие нормы косвенно учитывают количество вертикальных швов. Так по действующему СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции» необходимо снижать прочность круглой колонны на 40% по сравнению с прямоугольной одинаковой площади.

Так как в стадии разрушения стены и колонны разделяются по высоте на отдельные блоки, то в конечном случае разрушение отдельного блока влечет за собой и разрушение исходного образца.

Прочность блоков будет зависеть от их площади и гибкости, значит, при проектировании новых сечений колонн правомочны следующие предпосылки:

- чем меньше количество возможных блоков, тем прочнее сжатый элемент;
- с увеличением размеров исходных камней увеличивается площадь блоков и несущая способность кладки;
- меньшее количество вертикальных швов равносильно меньшему количеству блоков при разрушении;
- разделение исходного образца на вертикальные блоки может происходить по высоте блока по растворному шву, по шву и камню, а также по камню.

На основании принятых предпосылок и гипотез нами были предложены новые конструктивные формы каменных колонн. При этом за основу проектирования приняты фигуры, основанные на форме правильных многоугольников и круга. По сравнению с прототипами предлагаемые конструкции колонн обладают рядом преимуществ:

- меньшим количеством камней в объеме кладки и меньшим количеством вертикальных швов;
- меньшей трудоемкостью возведения;
- минимальным либо максимальным периметром;
- повышенной несущей способностью по сравнению с традиционными конструктивными решениями колонн.

Теоретический анализ подтвердил эффективность применения новых исходных камней для конструирования колонн, которая выражается в повышении прочности колонн, по сравнению с колонна-

ми из стандартного кирпича одного и того же сечения. При этом несущая способность круглых колонн может быть увеличена не менее чем на 40%.

В *таблице 1* приведены некоторые классические и современные сечения каменных колонн, а также отдельные конструкции колонн, предложенные авторами. Для каждого типа колонн найдены геометрические характеристики.

Таблица1 **Анализ объемного содержания вертикальных швов**

№ п/п	№ ряда кладки	Характерные сечения	Периметр сечения U	Площадь сечения A	Суммарная величина вертикальных швов L	$\frac{L}{A} = K$	Вид перевязки, форма кирпича	Первоисточник
1	1	1,5x1,5	6	2,25	4	1,78	Четырехрядная система перевязки, использование ½ кирпича	[1]
2	1		9	5,625	12,5	2,22	Трехрядная перевязка осуществляется поворотом сечения на 60°. Используются кирпичи, срезанные под углом 30°	[3]
3	1	1,5x2	7	3	5,5	1,83	Четырехрядная система перевязки, использование ½ кирпича	[2]
	2	1,5x2	7	3	6,0	2,0		
4	1		12,16	10,28	29,54	2,873	Четырехрядная перевязка образуется поворотом последующего ряда на 45°. Используется кирпич, срезанный под 45°	[3]
5	1		7,85	4,742	13,07	2,75	Кладка из цельного и лекального кирпича разной длины. Перевязка 4-х рядная осуществляется поворотом на 45°	

№ п/п	№ ряда кладки	Характерные сечения	Периметр сечения U	Площадь сечения A	Суммарная величина вертикальных швов L	$\frac{L}{A} = K$	Вид перевязки, форма кирпича	Первоисточник
6	1		$2\pi r$	πr^2	2r	$\frac{2}{\pi r}$	Двухрядная перевязка, осуществляется поворотом каждого ряда на 90°	[1]
7	1		$2\pi r$	πr^2	3r	$\frac{3}{\pi r}$	Двухрядная перевязка осуществляется поворотом на угол $\beta = \frac{\alpha}{2}$	
8	1		$2\pi r$	πr^2	6r	$\frac{6}{\pi r}$	Двухрядная перевязка осуществляется поворотом каждого ряда на угол $\beta = \frac{\alpha}{2}$	
9	1		1,26	2	0,37	0,29	Трехрядная перевязка Камни из прямоугольных треугольников с углами 30 и 60°	[4]
10	1		1,5	3	0,75	0,25	4-х рядная перевязка из треугольных и трапециевидных камней	[5]
11	1 2		1,66	5	1,66	0,33	Двухрядная система перевязки	[6]

№ п/п	№ ряда кладки	Характерные сечения	Периметр сечения U	Площадь сечения А	Суммарная величина вертикальных швов L	$\frac{L}{A} = K$	Вид перевязки, форма кирпича	Первоисточник
12	1		$2\pi r$	πr^2	7 r	$7/\pi r$	3 камня, из них 2 лекальных и разной толщины и один сердечник с выступами “ушастик”. 2-х рядная система перевязки с поворотом камней каждого ряда на угол β = 30°	

Новые конструктивные решения колонн подтверждены пятью патентами Республики Беларусь. Результаты научных исследований внедрены в учебный процесс (при чтении лекций по дисциплине «Каменные конструкции» и выполнении дипломных проектов). Достигнута договоренность об изготовлении опытной партии камней для изготовления колонн с Обольским керамическим заводом.

Литература

1. Справочник строителя. Каменные конструкции и их возведения. М.: СИ. 1989 г.
2. *Черноиван В. Н.,* и др. Каменные работы. Минск., НМЦентр 1997 г.
3. *Пирогов Н. Д.* Каменные работы. М.: Профтехиздат, 1961 г. с. 193.
4. Каменная колонна. Патент № 1619 по заявке № И 20040139 от 25.03.04 г. *Гринев В. Д., Лось Н. Н., Атрахимович В. И.*
5. Каменная колонна. Патент № 1661 по заявке № И 20040212 от 3.05.04 г. *Гринев В. Д., Хаткевич А. М., Атрахимович В. И., Аражи Х. Р.*
6. Каменная колонна. Патент № 1750 по заявке № И 20040295 от 17.06.04 г. *Гринев В. Д., Атрахимович В. И., Хаткевич А. М., Аражи Х. Р.*

©БРУ

СТАТИКА. МЕТОД СПЕЦИАЛЬНЫХ ОСЕЙ

И. А. ГУБЕНКО, **Р. М. ИГНАТИЩЕВ**

The special axises method allows to develop and inculcate to the educational process acceptable by working hours individual tasks. This allows a future engineers to extend their possibilities of the creation of the constructions with less of specific consumption of materials and less of expensiveness

Ключевые слова: задачи, сложность, время, уравнения равновесия, метод специальных осей

1. О новизне

Имеет две составляющие: новизна фундаментального исследования (фундаментального в рамках теоретической механики) и новизна прикладного исследования. Прикладные исследования завершены конкретной разработкой и внедрением.

2. О фундаментальной части исследования

По вопросу независимости (одновременно и зависимости) уравнений равновесия тела в литературе имеются разобщенные фрагменты. Теории же по этому вопросу, как таковой, увязывающей в единое целое накопленное и позволяющей получать новые результаты, нет. Имевшийся пробел восполнен – даны основы такой теории, которые, в частности, содержат четыре ранее неизвестных результата.

3. О прикладной составляющей исследования

Новые результаты фундаментальных исследований использованы для создания неизвестного до сих пор метода – специальных осей.

4. О полезности прикладной части исследований и выполненной по ней конкретной разработке

Встречаются задачи на равновесие тел, когда при традиционных подходах получают нераспадающиеся системы шести уравнений. Такие задачи востребованы в инженерной деятельности. Однако через учебный процесс они до сих пор не проходили (по причине большой сложности) и, как результат, в своей производственной деятельности инженеры практически не используют рассматриваемый класс конструкций, а заменяют их более материалоемкими и дорогостоящими, но имеющими отработанные, надежные и простые методики расчетов.

Выполненная научно-исследовательская работа ликвидирует указанный пробел в подготовке инженерных кадров. Это стало возможным в основном благодаря понижению сложности решения рассматриваемого класса задач – наибольшая сложность при использовании нового метода сведена к решению системы лишь трех уравнений.

5. О внедрении результатов исследования

Разработано 200 вариантов индивидуального задания, ответы к ним и методика решения с использованием метода специальных осей.

Апробирование в учебном процессе дало положительный результат – индивидуальное задание дважды прошло через учебный процесс (весна 2003 г. и весна 2004 г.). Затраты времени студентов на его выполнение находятся в рамках действующих норм (5–7 часов). Затраты времени преподавателей на прием заданий не больше, чем для других (традиционных) индивидуальных заданий.

©БрГТУ

ВЛИЯНИЕ КУБОВИДНОГО ЩЕБНЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА

***И. А. КОЛЕСНИКОВА*, Г. В. СЫРИЦА**

Fillers borrow in concrete up to 80 % of volume and render the certain influence on properties of concrete, its durability and cost. Application of the rubble completely answering to technical requirements, but made of rocks of various deposits, changes durability up to 50 %. It testifies that quality of cement and a large filler in formation of durability of concrete is equivalent. The big value on density and, hence, durability of concrete is rendered with the form of grains. Grains of rubble in the form of a cube have not only more dense packing, but is significant high size of coupling. Results of experimental researches have shown, that durability of concrete at compression on 5–10 % is higher, than on usual rubble; prismatic durability makes 90 % cubes, and usual – 80 %; the density, water resistance considerably grows, water absorption is reduced

Ключевые слова: кубовидный щебень, прочность, водопоглощение

Универсальные и высокие качества бетона обеспечивают неуклонное и быстрое его развитие и применение в строительном производстве. В условиях возникшей острой необходимости бережного и рационального использования природного сырья дальнейшее применение этого материала будет зависеть не только от степени совершенствования его технических достоинств, но и от решения проблемы сырьевого обеспечения с учетом интересов защиты природы.

Изменяя в необходимом направлении характеристики структурных составляющих и строение бетона в целом, можно изменять в широком диапазоне свойства бетонов, приготовленных из одних и тех же материалов.

Заполнители занимают в бетоне до 80% объема и оказывают определенное влияние на свойства бетона, его долговечность и стоимость. Применение заполнителей позволяет резко сократить расход цемента, являющегося наиболее дорогим и дефицитным компонентом бетона. Кроме того, заполнители улучшают технические свойства бетона. Жесткий скелет из высокопрочного заполнителя несколько увеличивает прочность и модуль деформации бетона – уменьшает деформации конструкции под нагрузкой**,** а также ползучесть бетона – необратимые деформации, возникающие при длительном действии нагрузки.

Экспериментальные работы в нашей стране и за рубежом показывают, что применение щебня, полностью отвечающего техническим требованиям, но изготовленного из горных пород различных месторождений, изменяет прочность бетона до 50%, что соответствует изменению прочности бетона при замене марки цемента 400 на 600. Это свидетельствует о том, что качество цемента и крупного заполнения в формировании прочности бетона равнозначно. С более полной оценкой качества заполнителей бетона связана перспектива повышения точности прогнозирования прочности бетона и его однородности. При этом значительной экономии цемента можно достигнуть нормированием расхода цемента в соответствии с качеством используемых заполнителей.

Механическими свойствами щебня и раствора – элементов двухкомпонентной модели бетона, – формирующими прочность тяжелых бетонов, являются модули деформации щебня и раствора, отношение которых определяет степень концентрации напряжений на зернах щебня, и пределы прочности при растяжении щебня и раствора, обуславливающие сопротивление структурных элементов разрушению при возникновении внутренних сосредоточенных сил. Этими механическими свойствами следует оценивать качество крупного заполнителя бетонов.

Большое влияние на плотность и, следовательно, прочность бетона оказывает форма зерен. В работах Б.Николаева приведены данные о наиболее плотных и наименее плотных упаковках зерен различной формы. Если применять наиболее рациональные и приемлемые способы уплотнения, то можно достичь наиболее плотной упаковки в теле бетона. Что повлечет за собой повышение плотности.

Т.к. известно, что зерна кубообразной формы имеют наиболее плотную упаковку по сравнению с зернами другой формы. С увеличением угловатости зерен вероятные значения пустотности повышаются. Особенно увеличивается пустотность при применении зерен удлиненной формы (игольчатой и лещадных).

Как известно, прочность бетона зависит не столько от прочности заполнителей, сколько от прочности сцепления цементного камня с поверхностью заполнителя. Механика сцепления обусловлена проникновением цементного камня в углубления поверхности заполнителя, что обуславливает увеличение сопротивления сдвигу заполнителя относительно цементного камня в плоскости контакта. Зерна щебня в форме куба, согласно исследованиям В. Виноградова, имеют относительную величину сцепления более чем в два раза большую, чем зерна любой другой формы.

В то же время, согласно исследованиям С. Ицковича, удельная поверхность зерен в форме куба больше, чем у обычного щебня. А за счет возрастания площади контакта повышается доля эпитаксического срастания новообразований с поверхностью подложки и нарушается однородная ориентировка этих срастаний с повышением прочности на отрыв при действии сил, перпендикулярных к общей поверхности заполнителя. Это все способствует росту сцепления.

По мере приближения к единице отношения модуля деформации щебня к модулю деформации раствора и вместе с этим уменьшения степени концентрации напряжений прочность при сжатии обоих компонентов используется более эффективно. Концентрацию напряжений можно устранить использованием в качестве заполнителя элементов правильной геометрической формы с упорядоченным размещением в системе.

Результаты экспериментальных исследований показывают на положительное влияние кубовидного щебня на физико-механические свойства бетона. Так прочность бетона при сжатии образцов-кубов на кубовидном щебне на 5–10% выше прочности образцов на обычном щебне.

При использовании кубовидного щебня призменная прочность составляет 90% кубиковой, а обычного – 80%. Что позволяет экономить дорогостоящий цемент из-за повышения прочности за счет свойств заполнителя.

Прочность бетона на изгиб у бетонов равна за счет высокой относительной величины сцепления зерен кубовидной формы их повышенной удельной поверхности с одной стороны, и «армирующего эффекта заполнителя» – с другой.

Плотность бетона на кубовидном щебне выше за счет более плотной упаковки зерен. Как следствие, повышается прочность, водонепроницаемость и уменьшается водопоглащение бетона по сравнению с бетоном на обычном щебне.

Из всего выше перечисленного можно сделать вывод, что дальнейшее изучение влияния свойств кубовидного щебня целесообразно, имеет большое значение для развития науки о бетоне, оправдывает свое применение, особенно в таких ответственных и дорогостоящих конструкциях, как асфальтодорожные, аэродромные покрытия, гидросооружения, где предъявляются требования по долговечности, прочности, водонепроницаемости.

© БРУ

СИНТЕЗ АЛГОРИТМА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА «АСФАЛЬТОУКЛАДЧИК – ДОРОЖНЫЕ КАТКИ» ПРИ УКЛАДКЕ И УПЛОТНЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

***В. А. КОМАНДЕНКО*, С. Б. ПАРТНОВ**

The algorithm of a choice of the complete set of machines for line construction of asphalt coverings is resulted

Ключевые слова: распорка асфальта, дорожные катки, покрытие асфальта, уплотнение

Принятая в Республике Беларусь программа «Дороги Беларуси» предусматривает строительство новых и реконструирование старых автомобильных дорог с твердым покрытием. Реализация задач, поставленных в программе «Дороги Беларуси», выполнение назначенных объемов работ и обеспечение высокого качества дорожного строительства требуют совершенствования технологии и организации производства, повышение технической оснащенности применяемых машин.

Формирование оптимального состава и обеспечение рациональных режимов работы машин, входящих в комплект для сооружения оснований и покрытий дорог, является одним из основных путей снижения затрат и повышения эффективности капитальных вложений в строительство автомобильных дорог.

На современном этапе развития техники, когда одна и та же производственная задача может быть решена с помощью большого числа различных вариантов конструкций машин, многие расчеты и обоснования вариантов уже не могут быть выполнены традиционными методами и средствами и тре-

буют применения соответствующих математических моделей и методов решения задачи и анализа вариантов с применением современной вычислительной техники.

Рис. 1 Алгоритм выбора оптимальной структуры и режимов работы машин комплекса «асфальтоукладчик-каток»

Для разработки математической модели разработана схема функционирования технологического комплекса машин для строительства покрытий из горячих асфальтобетонных смесей, структурные и функциональные взаимосвязи факторов, определяющих эффективность и качество процесса уплотнения применительно к паточному производству.

На эффективность функционирования комплекса оказывает влияние большое число факторов, определяющих климатические, технологические и режимные условия эксплуатации машин, а также условия, определяемые состоянием и физико-механическими свойствами уплотняемых материалов.

Основным условием оптимального протекания рабочего процесса комплекса «асфальтоукладчик – дорожные катки» является ограничение суммарного времени выполнения технологических операций.

Основные условные обозначения в алгоритме следующие: Vв – скорость ветра, м/с; Тв – температура воздуха, °С; $H_{покр}$ – толщина покрытия, м; γ_1– начальная плотность асфальтобетонной смеси, кг/м^3; t_p – время реверсирования, с; $T_н$ – начальная температура асфальтобетонной смеси, °С; n_i– число проходов i-го катка; m-число катков в комплекте; j –число катков в звене; $V_{а/у}$– скорость асфальтоукладчика, м/с; V_i– скорость i-го катка.

Анализ условий эксплуатации машин, входящих в комплект, показал, что задача выбора экономически рационального варианта может быть решена с помощью заранее построенной технико-экономической модели, включающей комплекс взаимосвязанных показателей, характеризующих условия эксплуатации, конструкцию входящих в комплект машин и экономичность их функционирования.

Модель функционирования системы «асфальтоукладчик – дорожные катки» и проведенные теоретические предпосылки обеспечения непрерывности и качества сооружений покрытий были положены в основу синтеза алгоритма оптимизации режимов работы и структуры машинного комплекса.

Алгоритм предусматривает последовательное сопоставление эффективности применения возможных вариантов комплектов самоходных катков и выбор оптимального варианта для заданных условий дорожного строительства.

Проведенные расчеты по разработанному алгоритму по сопоставляемым вариантам машин, входящих в комплект, по имеющимся практическим рекомендациям на основе их технических характеристик позволили оценить технико-экономическую эффективность внедрения рекомендаций по выбору структуры и назначению оптимальных режимов работы машин комплексов «асфальтоукладчик – дорожные катки» для климатических условий Республики Беларусь.

На основе разработанного алгоритма с использованием системного подхода сформированы и проанализированы модели и условия функционирования машин применительно к строительству покрытий из горячих асфальтобетонных смесей. Модели осуществления уплотнения асфальтобетонных смесей базируются на законах послойной теплопередачи смесей, функциональной взаимосвязи параметров эксплуатационного фона и режимов работы уплотняющих машин с учетом ограничения процесса по времени. Реализация указанных моделей на ЭВМ позволила оценить влияние отдельных факторов эксплуатационного фона на эффективность функционирования системы «асфальтоукладчик – дорожные катки» при строительстве асфальтобетонных дорожных покрытий.

© ПГУ

ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

О. А. КОНДРАТЕНЯ, **В. А. НЕФЕДОВ**

Old basic a vein(an inhabited) the fund includes various buildings: to a functional attribute, on a configuration in the plan, on a step of window apertures, on distance between staircases. According to it carry out re-planning: a reorganization of subsidiary premises(rooms), improvement of the internal organization of apartments, breaking up into smaler punits apartments, destruction existing apartments with change of dimensions, replacement or increase of number of ladders with the purpose of creation of a section lay-out, formation(education) of apartments in 1–2 rooms etc

Ключевые слова: жилищные условия, планировка здания, постройка, жилые дома

Улучшение жилищных условий населения заключается в улучшении планировки квартир в реконструируемых зданиях с учетом односемейного заселения их после реконструкции, а также приведение этих зданий в соответствие с требованиями современных норм проектирования жилья, оборудование их недостающими техническими устройствами, что повышает комфортность жилища.

Конструктивные схемы зданий, подлежащих реконструкции, можно разделить на пять видов. Однопролетная схема в крупных городах встречается редко (менее 5%). Это, в основном, старые здания барачного типа, имеющие высоту в один – два этажа. Двухпролетная схема с продольными несущими стенами наиболее распространена (более 70%) и она охватывает как старый опорный фонд, так и современную застройку. Схема с поперечными несущими стенами характерна для пятиэтажных зданий индустриального строительства и имеет небольшую распространенность (менее 10%). Еще меньшую

распространенность имеют схемы: первая из них – трехпролетная, что относится, к очень старым зданиям, и имеет коридорную планировку с двумя продольными наружными и двумя продольными внутренними несущими стенами, а вторая – смешанная, в которой сочетаются все рассмотренные выше схемы. Распространенность последних схем около 15%. Внутренние несущие стены во всех схемах частично или полностью могут быть в виде опор.

Старый опорный жилой фонд включает в себя разнообразные здания. По функциональному признаку его можно разделить на пять групп: нежилые постройки, переоборудованные под жилье, дома с меблированными комнатами и казармы; бывшие гостиницы, старые особняки, дома индивидуальной постройки и, наконец, дома квартирного типа.

Одним из ведущих параметров характеристики дома является его конфигурация в плане. Весь старый опорный жилой фонд можно разделить на семь типов. Максимальный процент повторяемости отмечен для планировочных компоновок рядового типа в виде 1…2 корпусов, расположенных параллельно улице (49%), корпусов Г-образной формы (25%), от 2 до 7% имеют корпуса Т, Н-образной формы и здания замкнутого контура с дворовыми колодцами.

Размеры пролетов первого конструктивно-планировочного параметра в зданиях с течением времени постоянно уменьшались. Пролеты в современных жилых зданиях составляют в среднем 6м. Ранее пролеты между несущими стенами в жилых зданиях перекрывались деревянными и металлическими балконами, в настоящее время перекрываются в основном железобетонными конструкциями.

Вторым характерным параметром зданий является шаг оконных проемов. Он оказывает большое влияние на возможности перепланировки квартир в зданиях. Расположение окон:

а) при частом расположении окон расстояние между окнами в среднем составляет 1,64м;

б) при среднем расположении – 2,25м;

в) при большом расположении – 3,00м.

Средняя ширина комнат составляет 3,37м.

Расстояние между лестничными клетками в жилых домах являются третьим параметром, который тоже влияет на возможности перепланировки. Чем больше расстояние между лестницами, тем сложнее произвести перепланировку здания.

Перепланировку существующих можно подразделить на 10 приемов:

1. Во многих старых зданиях имеющиеся квартиры и комнаты близки по площадям к современным требованиям. Черные лестницы имеются не во всех домах. Перепланировка квартир заключается в переустройстве подсобных помещений и площадей, и чаще всего и в упразднении черных лестниц.
2. Если квартиры в доме близки к нормативным требованиям или немного превышают их по площади, но состоят, как правило, из комнат, близких к нормативным, то сущность перепланировки заключается в улучшении внутренней организации квартир.
3. В некоторых домах квартиры значительно превышают нормы по площади и в них имеются большие комнаты – площадью свыше 20–22м^2. Такие комнаты несколько велики для организации современных квартир муниципального жилья. Перепланировка состоит в разукрупнении квартир с изменением назначения и габаритов жилых комнат и других помещений.
4. Дом может состоять из квартир, превышающих нормативные размеры при наличии больших комнат и с чередованием основных и черных лестниц. Перепланировка дома заключается в разрушении существующих квартир с изменением габаритов и назначения помещений и с переустройством лестниц по современным требованиям.
5. Исходная планировка представляет собой несекционную и часто неквартирную внутреннюю организацию здания, что характерно для групп II и III. Помещения могут иметь самые разнообразные площади и конфигурации, в том числе и очень неудобные. В таких условиях создать современные квартиры можно путем замены или увеличения числа лестниц с целью создания секционной планировки.
6. Эти основные пять приемов переустройства домов применяются в большинстве случаев реконструкции. Описанные ниже три приема (6–8) дают возможность реконструировать здание с повышенной шириной корпусов и комнатами больших площадей и глубин.
7. при реконструкции широких домов можно разместить санитарные помещения в средней по глубине зоне корпуса здания или устраивать там холлы-помещения, дополняющие общие комнаты с расположением в них дверей в другие комнаты квартиры.
8. Сущность приема переустройства дома применение планировки коридорного типа с образованием квартир в 1–2 комнаты.

9. При особо большой ширине здания – порядка 6 или 7 этажей по высоте (~25м), можно применять способ устройства небольших квартир с кухнями-нишами второго света, но со сквозным проветриванием.

Два последних планировочных приема используют в домах, расположенных в сложных условиях по отношению к окружающим строениям – при затенении одной из фасадных сторон или воздействии на них городского шума повышенной интенсивности.

1. Здание, подлежащие реконструкции, может иметь любую планировку, но ширину корпуса - близкую к нормальной. Прием реконструкции заключается в устройстве на затененной или более шумной стороне здания дополнительных лестниц при частом, через 2–3 шага (~ 6–9м), их расположении с целью создания свободной ориентации со сквозным проветриванием.
2. Таким приемом реконструируют также те дома, у которых одна из сторон затенена или находится в особо шумных условиях.

В практике нового строительства и реконструкции планировку можно изменять различными приемами с целью улучшения квартир с учетом особенностей здания и условий его расположения.

Литература

1. *Булгаков С. Н.* Реконструкция жилых домов первых массовых серий и малоэтажной жилой застройки. – М.: Российская академия архитектуры и строительных наук. 1998.
2. *Касьянов В. Ф., Калинин В. М., Авдеева Т. А., Соколова С. Д.* Оценка технического состояния эксплуатируемых зданий и инженерных систем. Учебное пособие. – М.: МГСУ. 1993.
3. *Лысова А. И., Шарлыгика К. А.* Реконструкция зданий. – Л.: Стройиздат 1979.

©ПГУ

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВОДОНАПОРНЫХ БАШЕН

Е. Ю. ХУЦКАЯ

As a result of research of elements of water towers formulas for calculation of the optimum sizes of a tank, schedules for definition of geometrical characteristics of the compressed zone of ring section of a trunk have been received.

Ключевые слова: водонапорная башня, резервуар, оптимизация, поддерживающая конструкция, сжатая зона.

Основными элементами водонапорной башни являются резервуар (или бак) и поддерживающая конструкция (или ствол). Для правильного решения вопроса о выборе геометрических размеров бака и ствола башни необходим тщательный технико-экономический анализ системы водоснабжения и намечаемого режима ее работы.

Вместимость бака и высота поддерживающей конструкции определяются в процессе проведения расчетов системы водоснабжения, значения которых и являются главным фактором в выборе материала, конфигурации, размеров элементов водонапорной башни.

Резервуары в большинстве устраивают круглой формы в плане. Соотношение высоты и диаметра бака диктуются как технологическими, так и архитектурными соображениями. Существуют несколько критериев для выбора размеров бака водонапорной башни. В. Г. Шухов за критерий оптимальности принимал вес конструкции и пришел к выводу, что резервуар со стенкой постоянной толщины имеет минимальную массу. Существует оптимизация параметров резервуара на основе приведенных затрат по изготовлению и монтажу конструкции. Иногда размеры определяются с учетом стоимости электроэнергии. Предлагаемый нами метод заключается в определении оптимальных размеров металлического резервуара водонапорной башни при заданном объеме с целью минимизации расхода металла, а функциональные ограничения налагаются на объем.

Были проведены расчеты и получены формулы для определения оптимальных размеров цилиндрического бака

- с плоским днищем: $R = \sqrt[3]{\dfrac{V}{2\pi}}$, $H = \sqrt[3]{\dfrac{4 \cdot V}{\pi}}$;
- с коническим днищем: $R = \sqrt[3]{\dfrac{V}{(1 + 3 \cdot \sqrt{2}) \cdot \pi}}$, $H = \dfrac{V}{\pi \cdot R^2} - \dfrac{1}{3} R$.

Данный расчет приводит к экономии материала. При определении напряжений, возникающих в стенках бака водонапорной башни, получаем, что кольцевое напряжение в два раза больше меридионального. Уменьшение его влияния можно достичь за счет увеличения толщины стенки резервуара, чего можно избежать с использованием предварительного напряжения, получаемого путем обжатия бака проволочной арматурой.

Размеры ствола башни в плане определяются размерами опорной части бака. Методика расчета столов предусматривает определение вертикальных нагрузок с учетом их отклонений, ветровых нагрузок с учетом динамики и пульсации. Широкое распространение получили кирпичные водонапорные башни, имеющие ствол кольцевого сечения в плане, при расчете которого часто возникают трудности с определением геометрических характеристик сжатой зоны. В данной работе предлагается определение геометрических характеристик сжатой зоны сечения по графикам: зависимость от центрального угла α (ось абсцисс) и отношения искомых параметров e/r и i/r (по оси ординат), где e – эксцентриситет, i – радиус инерции, r – усредненный радиус сечения.

Таким образом, получен новый метод расчета размеров бака водонапорной башни, приведенные формулы позволяют определить размеры бака с минимальными затратами материала. Разработана методика расчета внецентренно сжатых элементов кольцевого сечения, которая позволяет более точно учитывать гибкость.

©БНТУ

СПОСОБ РАСЧЕТА ОСАДКИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С НИЗКИМИ РОСТВЕРКАМИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЛОЯ

***Д. Л. ЩЕРБИЦКИЙ*, В. А. СЕРНОВ**

Examinations of the models of piled-raft and pile foundations are carried out. The basic factors affecting the bearing capacity of the raft are shown. The dependences of the part of load carried by the raft on the length of piles are presented

Ключевые слова: свайный фундамент, ростверк, несущая способность, способ расчета

Увеличение этажности строительства в г. Минске и других городах Беларуси и России приводит к возрастанию давлений в основании фундаментов. В связи с этим в последнее время особенно остро встали вопросы о разработке новых конструкций фундаментов, усовершенствовании технологии производства и расчетных методов. В частности, расчет осадки свайного фундамента производится как для условного. При этом не учитывается шаг свай и работа низкого ростверка. Результаты натурных исследований показывают, что эти допущения являются неоправданными и приводят к значительным ошибкам. Низкий ростверк передает часть нагрузки от сооружения на грунт межсвайного пространства, уменьшая давление под пятами свай. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования совместной работы грунтового основания со сваями и свайными фундаментами с низкими ростверками позволили установить:

1. Низкий ростверк оказывает значительное влияние на напряженно-деформированное состояние грунта основания. В работу включается больший объем грунта, что сопровождается возрастанием несущей способности основания на 10…100 % в зависимости от его геометрических параметров и грунтовых условий. Этот достаточно большой резерв несущей способности основания до настоящего времени не изучен в должной мере и не учитывается в действующих нормативных документах.
2. При увеличении нагрузки осадка низкого свайного ростверка протекает более равномерно, чем высокого. На графике $S = f(N)$ нет выраженной критической точки, после которой происходит резкая потеря несущей способности основания.
3. Основными факторами, влияющими на работу ростверка в составе свайного фундамента являются: характер напластований, характеристики грунта под подошвой ростверка, вокруг свай и в межсвайном пространстве, вид подготовки и качество уплотнения грунта под ростверком; геометрические характеристики фундамента (вид свай, их длина и шаг, ширина ростверка); интенсивность нагрузки на фундамент.
4. При включении в работу ростверка возникают напряжения в верхних слоях грунта межсвайного пространства. В большинстве случаев эти напряжения затухают, не доходя до уровня пяты сваи. В этой связи несущая способность грунта основания используется более рационально, поскольку в значительной мере снижаются пиковые напряжения под пятами свай. В результате увеличивается жесткость и снижается осадка свайного фундамента.
5. Разработанный способ расчета позволяет определить осадку свайного фундамента с низким ростверком и оценить долю его работы.

Анализ экспериментальных исследований моделей и натурных свайных фундаментов позволил авторам установить характер напряженно-деформированного состояния грунта в основании свай и ростверка. Разработанный авторами метод расчета может быть рекомендован для предварительного расчета осадки свайных фундаментов с низкими ростверками.

©БНТУ

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

***Ю. В. ДМИТРИЕВ*, И. М. ШАТАЛОВ**

This article is dedicated to development technological standard water consumption and water drilling for enterprise of the road branch

Ключевые слова: норматив, водопотребление, водоотведение, дорожная отрасль

В настоящей научной работе была выполнена разработка технологических нормативов водопотребления и водоотведения для предприятий дорожной отрасли.

В ходе работы были обследованы предприятия, представленные в *таблице* на предмет изучения водопотребления и водоотведения для:

№ п/п	Наименование организации	Подведомственные предприятия
1	2	3
1	УП «Брестоблупрадор»	Всего по организации 16 ДРСУ
2	УП «Витебскоблдорстрой»	Всего по организации 16 ДРСУ
3	КПРСУП «Гомельоблдорстрой»	Всего по организации 8 ДРСУ
4	ОУП «Гродноблстрой»	Всего по организации 14 ДРСУ
5	УП «Минскоблдорстрой»	Всего по организации 17 ДРСУ
6	УКДПРСР «Могилевоблдорстрой»	Всего по организации 3 ДРСУ
7	ОАО «Автомагистраль»	Всего по организации 1 ДРСУ
8	РУП «Бреставтодор»	Всего по организации 2 ДЭУ
9	РУП «Гродноавтодор»	Всего по организации 1 ДЭУ
10	РУП «Могилевавтодор»	Всего по организации 3 ДЭУ

- Приготовления цементо - бетонов и растворов. Железобетонного производства.
- Приготовления антикоррозийной смеси для проведения обработки бетонных и железобетонных поверхностей искусственных сооружений автомобильных дорог.
- Приготовления битумных эмульсий и устройства защитных слоев покрытий автомобильных дорог из холодных литых смесей типа Сларри-Сил.
- Противогололедной обработки покрытий автомобильных дорог.
- Выполнения работ по содержанию обстановки автомобильных дорог.
- Уплотнения земляного полотна и конструктивных элементов дорожной одежды, очистки покрытий автомобильных дорог перед устройством конструктивных слоев покрытий.
- Выполнения работ по мойке инертных материалов.

При расчете технологических (отраслевых) нормативов водопотребления и водоотведения для рассмотренных выше технологических процессов принято, что эти нормативы определяют количество потребляемой (отводимой воды на единицу конкретной продукции (или вида работ) и являются индивидуальными технологическими нормами, так как во всех организациях дорожного хозяйства Республики Беларусь используется одинаковая технологическая схема выполнения данных операций.

Основой для определения индивидуальных технологических норм водопотребления являются операционные технологические нормы, которые предоставляются дорожными организациями – производителями работ на одну единицу измерения, а также на основе действующих государственных стандартов, технологических карт, строительных норм и правил, расчетных строительных норм на выполнение ремонтно-строительных работ на мостах и путепроводах.

Операционная норма водопотребления (водоотведения) представляет собой расчетное количество, необходимое для выполнения определенной технологической операции. Она может быть рассчитана на деталь, объем работы, сырье в единицах веса, готовый продукт в единицах веса или объёма, изделие (в данном случае на 1 м^3 инертного материала). Расчет потребления воды ведется на основе данных, предоставленных организациями – производителями продукции на одну единицу измерения.

Результаты работы легли в основу «Сборника технологических (отраслевых) нормативов водопользования (водопотребления и водоотведения) для предприятий дорожного хозяйства» изданного Департаментом «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.

©БРУ

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ПРИ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

***М. И. ГЛАДЫШКО,* А. Н. МАКСИМЕНКО**

Choice a technology and machine for recovering capacity to work car road

Ключевые слова: работоспособность, автомобильные дороги, область применения

Общая сеть дорог республики Беларусь составляет около 150000 км автомобильных дорог при их плотности 244,9 км на 1000 квадратных километров территории, что сравнимо с показателями стран Восточной Европы. Протяженность автомобильных дорог, требующих капитального ремонта, еже-

годно увеличивается. Так, в 2003 году для Республики Беларусь недоремонт составил 35,2 тыс. км по капитальному ремонту автомобильных дорог общего пользования (44% от общей протяженности). Экономика Республики Беларусь из-за недоремонта дорог несет значительные потери. Для исправления критического положения на ближайшие годы приведение автомобильных дорог в состояние, соответствующее требованиям нормативной документации, является приоритетным направлением в строительстве.

Вхождение в систему Европейских грузоперевозок затруднено с учетом автомагистралей с сильно изношенным покрытием, ограниченными условиями безопасности движения и дорожного сервиса. При ограниченных финансовых и временных возможностях невозможно в ближайшее время традиционным путем обеспечить строительство и реконструкцию автомобильных дорог. Именно поэтому наиболее актуальной проблемой является внедрение новых технологий по восстановлению работоспособности автомобильных дорог, которые уже апробированы в странах Западной Европы и приводят там к значительной экономии материальных и денежных ресурсов.

К новым методам относят технологию регенерации асфальтобетонных покрытий. Регенерация покрытий предусматривает рециклирование в зоне верхнего слоя старого покрытия с обогащением его добавками нового материала и укладкой на месте соответственно проектному профилю в «нулевых отметках» без наращивания или с незначительным наращиванием конструктивных слоев дорожной одежды.

Для внедрения новых технологий формируются комплекты машин: Repave, Remix, Remix-Plus, комплект для холодного рисайклинга. Целесообразность применения комплекта машин для конкретных условий восстановления работоспособности дорог определяется минимальными удельными затратами выполняемых работ с обеспечением необходимого качества по разработанному автором алгоритму.

Сравнение всех вариантов, включая и традиционный метод при ремонте дорог, позволяет выбрать рациональный комплект машин. Использование компьютерных технологий помогает оперативно получить рекомендации по формированию парка машин для выполнения заданного объёма работ. Появляется возможность провести исследование рациональных областей применения комплекса Remix при различных вариантах. Они включают применение технологии по регенерации на заводе, учет дальности транспортирования и стоимости материалов, стоимости затрат на приобретение техники, а также зависимость от процентного состава старого и нового материала в укладываемой смеси при регенерации асфальтобетона на заводе.

Проведенный анализ показал, что технологию Remix-Plus выгоднее использовать по сравнению с асфальтоукладчиком при дальности транспортирования материалов более 20 км, а Remix выгоднее использовать по сравнению с асфальтоукладчиком при любой реальной дальности транспортирования. Регенерация на заводе выгоднее по сравнению с асфальтоукладчиком при любой дальности при соотношении старой смеси к новой 60/40.

©БГТУ

ОКРАШЕННЫЕ ЦВЕТНЫЕ ПОРОШКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТОК «ГРЕС» НА ОСНОВЕ АМФИБОЛОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

***Д. В. ЧЕРЕДНИЧЕНКО*, И. А. ЛЕВИЦКИЙ**

The purpose of work was development of structures of weights for colouring tiles «gres» on a basis amphibolic concentrate. Influence of these material on physicomechanical and colorimetrik properties is investigated. The basic physical and chemical properties, phase structure of samples are investigated. Laws of influence complex flux on processes of sintering are revealed

Ключевые слова: плитка «грес», окрашенная масса, амфиболовый концентрат

Получение окрашенных масс в производстве плитки «грес», при действующей на ОАО «Керамин» (г. Минск) технологии, осуществляется на основе массы, которая имеет белый цвет путем добавки жаростойких пигментов. Их количество составляет 3–10 % (здесь и далее по тексту приведено массовое содержание) в зависимости от требуемых цветовых характеристик. Керамические пигменты, импортируемые из-за пределов Беларуси, характеризуются дефицитностью и высокой стоимостью, что значительно удорожает продукцию.

Целью данной работы является исследование возможности использования амфиболовых концентратов для получения на их основе окрашенных порошков, применение которых обеспечит значительное снижение себестоимости плиток типа «грес».

Амфиболовые концентраты являются отходами магнитного обогащения железистых кварцитов Околовского месторождения Беларуси, которое в ближайшей перспективе должно вступить в эксплуатацию. Комплексная разработка сырья требует решения вопроса утилизации данного материала.

Синтез цветной массы осуществлялся в системе, содержащей каолин, огнеупорную глину, амфиболовый концентрат и кварцевый песок. Приготовление опытных масс велось шликерным способом в шаровой мельнице мокрого помола до остатка на сетке № 0063К в количестве 0,8–1,0% с последующей сушкой суспензии и приготовлением пресс-порошка, имеющего влажность 6–7%. Изготовление плиток производилось прессованием при двухступенчатом режиме давления: первая ступень составляла – 15 МПа, вторая – 39 МПа. Обжиг образцов осуществлялся в интервале температур 1150–1200 °С в электрической печи с выдержкой при максимальной температуре 15 мин. Анализ свойств синтезированных масс производился на параллельных пробах, изготовленных из пресс-порошка заводского состава. Значения показателей синтезированной цветной массы оптимальных составов находятся на уровне свойств образцов, изготовленных из базового порошка. По показателям свойств они соответствуют требованиям ГОСТ 6787-2001 и находятся на уровне изделий, изготовляемых в промышленных условиях.

Исследование цветовых характеристик синтезированных масс показал, что они отвечают темно-коричневому цвету. Доминирующая длина волны образцов составляет 593–598 нм, яркость – 35,8–37,4%.

Дифференциально-термический анализ составов синтезированных цветных масс показывает, что при нагревании в них протекают сложные процессы разложения и фазообразования, связанные с процессами дегидратации и структурных перестроек.

Качественный фазовый состав обожженных синтезированных цветных масс, по данным рентгенофазового анализа, представлен в основном муллитом, кварцем, магнетитом, вюститом и плагиоклазами.

Таким образом, результаты исследований позволяют установить реальную возможность использования амфиболовых концентратов для синтеза окрашенной массы в производстве плиток типа «грес», что обеспечивает значительное снижение затрат, связанных с использованием жаростойких пигментов. Это подтверждают результаты обжига опытных образцов, проведенного в заводских условиях ОАО «Керамин» (г. Минск).

Результаты испытаний образцов, полученных в заводских условиях, подтверждают их соответствие требованиям нормативно-технической документации.

©БГТУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В. Н. АНИСЬКОВ, **А. А. ЛЯЛЬКО**

In article is considered application of neural networks for construction of control system by technological objects. The control system with a regulator is synthesized on the basis of model of controlled process as nonlinear autoregressive moving average models. The simulation is carried out in the system MATLAB, where as an example of the object control considers one of processes of a woodworking.

Ключевые слова: системы управления, нейронные сети, имитационное моделирование

Применение нейронных сетей для решения задач управления позволяет выделить два этапа проектирования: идентификация управляемого процесса и этап синтеза закона управления [1].

На этапе идентификации разрабатывается модель управляемого процесса в виде нелинейной сети, которая на этапе синтеза используется для синтеза регулятора. Для каждой из представленной мной архитектур используется одна и та же процедура идентификации, однако этапы синтеза существенно различны.

Мной были промоделированы три типа систем управления на основе нейронных сетей: регулятор с предсказанием для управления каталитическим реактором с непрерывным перемешиванием; регулятор на основе модели управляемого процесса в виде нелинейной авторегрессионной модели со скользящим средним для управления магнитом, который движется только в вертикальном направлении в электромагнитном поле; регулятор на основе эталонной модели для управления звеном робота.

Моделирование проводилось в среде MATLAB с использованием блоков Simulink. Все нейронные сети – двухслойные, с числом нейронов в скрытом слое от 7 до 10 [2].

Регулятор с предсказанием, реализованный в Neural Network Toolbox, использует модель нелинейного управляемого процесса в виде нейронной сети для того, чтобы предсказать его будущее поведение. Кроме того, регулятор вычисляет сигнал управления, который оптимизирует поведение объ-

екта на заданном интервале времени. При помощи данного нейрорегулятора исследован процесс управления каталитическим реактором с непрерывным перемешиванием.

Регулятор Narma-L2 использует в качестве модели управляемого процесса модель нелинейной авторегрессии со скользящим средним. С помощью данного регулятора смоделирован принцип управления магнитной подушкой и получены результаты моделирования, на основании которых можно сделать вывод о применимости и целесообразности внедрения данного нейрорегулятора в системы автоматического управления.

При помощи регулятора на основе эталонной модели осуществлен принцип управления звеном робота. В данном случае используется 2 нейронные сети: для регулятора и для модели объекта управления. Цель обучения состоял в том, чтобы движение звена отслеживало выход эталонной модели [3].

Целью данной научной работы являлась проверка возможности применения нейросетей в системах управления. Было проведено соответствующее моделирование различных технологических процессов с применением нейросетевых регуляторов. Все промоделированные процессы отвечают высоким технологическим требованиям, что свидетельствует об огромных перспективах применения нейросетей в системах автоматического управления.

Литература

1. *Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю.* Нейросетевые системы управления. М., 2002–183 с.
2. *Медведев В. С.* Нейронные сети. MATLAB 6. М., 2002.–496 с.
3. *Круглов В. В, Борисов В. В* Искусственные нейронные сети: Теория и практика. М., 2003–250 с.

© ГрГУ

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PERL ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНОСТИ WEB-САЙТА

***Д. В. АНТОНИК,* Н. А. ПЕРЕВЕРЗЕВА**

Without the usage of the CGI-applications it is impossible to make a high-grade interactive site, which will cooperate with the user. In connection with specificity of the spelling of the CGI-application in various programming languages there can arise problem situations connected with the safety of the server. Therefore the safety of CGI is an integral part of the safety of the server

Ключевые слова: web-сайт, perl, cgi-приложение, java, javascript, Internet, Linux

1. Введение

Язык Perl был создан в 1986 году как инструмент для администрирования и конфигурирования системных ресурсов в сети, состоящей из Unix-компьютеров. Perl расшифровывается следующим образом «Practical Extraction and Reporting Language». Постепенно Perl эволюционировал и стал межплатформенным языком.

Главным преимуществом данного языка является то, что это интерпретируемый язык, вследствие этого возникает ряд преимуществ, например, независимость от определенного типа системы.

При разработке web-сайтов язык Perl применялся при написании CGI-скриптов (CGI – Common Gateway Interface). CGI-скрипты – это приложения, расположенные и выполняемые на web-сервере.

Без участия CGI- приложений невозможно сделать полноценный интерактивный сайт, который будет взаимодействовать с пользователем. В связи со спецификой написания CGI-приложения на различных языках программирования могут возникать проблемные ситуации, связанные с безопасностью сервера. Поэтому безопасность CGI является неотъемлемой частью безопасности сервера.

Для организации интерактивности сайта автором разработаны CGI-приложения, такие как:

- конференция;
- менеджер новостей;
- счетчик посещений;
- система удаленного администрирования сайта.

Для обеспечения безопасности сайта и сервера в целом во всех CGI-приложениях используются функции шифрования, которые не позволят кому-либо получить пароль зарегистрированного пользователя или любую информацию о нем, если только пользователь сам не опубликовал свои данные.

2. Конференция

Конференция – это раздел для общения посетителей сайта между собой. Для доступа к конференции необходимо пройти регистрацию. В дальнейшем данные, отправленные на сервер, рассматриваются администратором конференции, и он выносит окончательное решение о регистрации пользователя.

После регистрации пользователю становится доступна конференция. Доступ к данному разделу осуществляется по предоставлению посетителем имени и пароля, которые он указывал при заполнении регистрационной формы.

Введя имя и пароль, пользователь попадает в конференцию, где для него доступны чтение личных сообщений, чтение общих сообщений, отправка сообщений, удаление старых сообщений.

Личные сообщения доступны только данному пользователю и другой пользователь не может прочитать их, это дает возможность конфиденциального общения определенной группы пользователей.

Общие сообщения – это сообщения, доступные для чтения всем зарегистрированным пользователям, а удалять их может только администратор.

Отправка сообщений возможна как лично отдельному пользователю, так и для всех одновременно.

Пользователь может удалять только личные сообщения.

3. Менеджер новостей

Раздел новостей полностью исполнен при помощи CGI-приложений, все новости отображаемые на экране динамически генерируются специальным CGI-приложением, то есть раздел новостей не является обычной html-страницей, это данные которые отображает приложение (/www/cgi-bin/news/index.cgi).

Все данные новостей хранятся в специальном файле /wwwdata/news/news.dat, а данные архива новостей хранятся в файле /wwwdata/news/oldnews.dat.

Для отображения новостей на экране используется данный шаблон:

```
<tr>
<td valign="top" width="10%"> <b><font size=-1><!--DATE--> </font></b></td>
<td align="left" valign="top"> <font size=-1><!--TITLE--><!--NEWS--> </font>
<!--LINK-->
<!--News Add by <!--USER--><-->
</td>
</tr>
```

Где перед отображением на экране производятся замены данных в соответствии с необходимостью для каждой новости. В данном случае производятся следующие замены:

<!--DATE--> – дата события;

<!--TITLE--> – заголовок новости;

<!--NEWS--> – непосредственно текст новости;

<!--LINK--> – ссылка на дополнительную информацию, если необходима;

<!--USER--> – имя пользователя, который добавил данную новость.

Так как в языке Perl содержатся мощные средства (в виде регулярных выражений) для работы с текстом, то замена производится просто, следующим кодом:

```
open (MASK, "$ld"."mask.htm");
@mask = <MASK>;
close MASK;
open (NFILE, "$ld"."news.dat");
@news = <NFILE>;
close NFILE;
$ncount = @news;
for ($i=$ncount-1;$i>-1;$i--)
 {
 $new = $news[$i];
 chomp $new;
 ($date,$ntitle,$ntext,$nlink,$tlink,$sign) = split ('\|\|', $new);
 $fnews = "@mask";
 $fnews =~ s/<!--DATE-->/$date/gi;
 $fnews =~ s/<!--NEWS-->/$ntext/gi;
 if ($ntitle) {
$fnews =~ s/<!--TITLE-->/<b><i>$ntitle<\/i><\/b><br>/gi; }
 if ($nlink) {
 $fnews =~ s/<!--LINK-->/<a href=\"$nlink\">$tlink<\/a>/gi; }
 $fnews =~ s/<!--USER-->/$sign/gi;
 print "$fnews";
```

Менеджер новостей – CGI-приложение, позволяющее производить администрирование раздела новостей. Для доступа к менеджеру новостей необходима аутентификация по предоставлению имени и пароля. Данные о пользователях, которым разрешено администрировать раздел новостей, берутся из базы пользователей системы администрирования, это обозначает, что пользователи системы удаленного администрирования сайта могут являться пользователями менеджера новостей.

Менеджер новостей предоставляет следующие возможности:

- Add News (добавление новостей);
- Edit News (редактирование любой уже существующей новости);
- Del News (удаление ненужных новостей);
- News Archive (перенос устаревших новостей в архив).

4. Счетчик посещений

Счетчик посещений – это CGI-приложение, которое запускается при каждой загрузке страниц, на которых оно подключено. Данное приложение ведет учет посещения страниц сайта, а также отображает на некоторых страницах общее количество посещений.

5. Система удаленного администрирования

5.1. Предпосылки к созданию

Предпосылками к созданию системы удаленного администрирования послужили различные обстоятельства, такие как:

- неудобство использования стандартных систем администрирования сайтов, предоставляемых на web-серверах;
- недостаток необходимых функций системы;
- различные виды систем;
- медленная работа систем такого типа вследствие перегруженности графикой.

5.2. Общее описание системы администрирования

Система разрабатывалась под операционной системой Linux Mandrake 9.0, но вследствие платформонезависимости легко переносится и на систему Windows. Выбор операционной системы мотивирован тем, что большинство серверов в Internet используют для работы Unix-системы, так как они более стабильны в работе, а также уровень безопасности этих систем гораздо выше систем Windows. Unix-системы считаются более надежными и безопасными, так как это системы с открытым кодом.

Вход в систему администрирования производится по предоставлению имени (Login) и пароля (Password). Далее, если имя найдено в базе зарегистрированных пользователей, проверяется соответствие пароля. Все пароли в системе шифруются и никогда не хранятся в открытом виде, так как хранение открытых паролей ведет к резкому снижению безопасности приложения.

Система удаленного администрирования включает в себя различные функции, необходимые для поддержания работоспособности web-сайта.

В системе может быть зарегистрировано несколько пользователей, причем для каждого из них могут быть настроены права доступа, то есть поддерживается разграничение доступа. Это подразумевает то, что существуют ограничение на выполнение различных функций пользователями.

В данном CGI-приложении существует разбиение на разделы:

- Conferences administration (администрирование конференций);
- File manager (оболочка для управления файлами);
- UpLoad File (раздел для загрузки файлов с удаленных компьютеров через Internet);
- Messages (раздел для обмена сообщениями между пользователями зарегистрированными в системе администрирования);
- Administration (раздел для изменения личных настроек каждого пользователя);
- Super Admin (раздел, доступный только главному администратору, с помощью этого раздела осуществляется контроль и управление самой системой администрирования).

В каждом из этих разделов находятся подразделы-функции, необходимые для обеспечения работоспособности системы. Все разделы и функции выполнены в виде кнопок и при необходимости в некоторых функциях добавляются строки ввода или области редактирования текста.

При помощи данной системы администрирования возможно полное удаленное управление всем содержимым web-сайта: создание новых HTML-страниц, CGI-приложений, загрузка необходимых файлов на сервер и их публикация в сети.

В системе администрирования используются методы шифрования для организации конфиденциальности паролей пользователей.

В отличие от конференции, где для регистрации пользователь заполняет регистрационную форму, в системе удаленного администрирования новые пользователи регистрируются только лично главным администратором точно так же, как и в операционной системе.

5.3. Реализация

Система удаленного администрирования написана на языке Perl с применением JavaScript и реализована в виде функций и процедур, каждая из которых отвечает за свою функциональную возможность системы удаленного администрирования. Также при написании приложения использовались возможности объектно-ориентированного программирования.

5.4. Подпрограммы

При написании CGI-приложения использовались подпрограммы. Подпрограммы позволяют разбить программный код на части обозримого размера, что несколько упрощает процесс программирования. Пользуясь подпрограммами, можно значительно сократить программный код, так как в подпрограммы обычно заносятся часто повторяющиеся блоки условных операторов и функций.

В подпрограммы так же, как и в функции и процедуры можно передавать значения для обработки, а потом получать их обратно в уже обработанном виде.

В других языках программирования функции поддерживаются отдельно от подпрограмм. Но в Perl подпрограммы могут возвращать значения, и для роли функций не вводятся подпрограммы специального типа. Тем самым слова «функция» и «подпрограмма» в языке Perl являются синонимами.

При написании системы удаленного администрирования в подпрограммы заносились такие части программного кода, которые часто применяются. Например, такие:

```
sub testlog()
{
 $login = $co->param('login');
 open (FILE, "$ld"."logs/$login.dat");
 $log_info = <FILE>;
 close FILE;
 chomp $log_info;
 ($log_ok,$log_ip,$log_time,$log_date) = split('\|',$log_info);
}

sub dontlog()
{
 print "<head><META HTTP-EQUIV=\"Refresh\" CONTENT=\"1;
URL=../../admin/index.html\"></head>";
 print "<center><br><br><font size=+5 color=red>You not logged on!</font></center>";
 print $co->end_html;
 exit;
}
sub formfile()
{
 $login = $co->param('login');
 print "<center><form action=\"admin.cgi\" method=post>";
 print "<input type=hidden name=login value=\"$login\">";
 print "<b>Name:</b><br>";
 print "<input type=text name=name size=93><br>";
 print "<b>Date:</b><br>";
}
```

5.5. Использование модулей

Защищенность и модульность – два великих принципа программирования. Perl обеспечивает их выполнение, предоставляя возможность разбивать программу на полуавтономные фрагменты так, что программисту не надо беспокоиться о конфликтах между ними и остальной частью программы. Для деления программы на независимые фрагменты используются пакеты Perl, которые создают непере-

секающиеся области имен. Это часть программы со своей собственной областью видимости идентификаторов.

Модули – это пакеты, оформленные в виде отдельных файлов, причем имена последних совпадают с именами модулей и имеют расширение .pm. Код, содержащийся в модуле, может экспортировать глобальные имена модуля в текущую область глобальных имен. Поэтому не нужно указывать имя пакета перед именем идентификатора при каждом обращении к нему.

При создании CGI-приложения использовались стандартные модули, которые поставляются вместе с интерпретатором. Пример подключения модулей в программу:

```
use CGI qw(:standard);
use Fcntl qw(:flock);
```

5.6. Объектно-ориентированное программирование

Идея объектно-ориентированного программирования состоит в инкапсулировании данных и подпрограмм в виде объектов. В результате каждый объект становится полуавтономным, приватные данные и методы обосабливаются так, чтобы они не создавали беспорядок в общей области данных. Объект взаимодействует с остальной частью программы с помощью специального интерфейса – а именно, с помощью публичных методов.

При написании приложения использовался объект CGI и некоторые его классы. Объявление объекта в Perl происходит следующим образом:

```
$co = new CGI;
```

Где $co (сокращение от CGI Object, возможно любое другое имя) ссылка на созданный объект.

5.7. Регулярные выражения

Работа с текстом – это то, в чем Perl превосходит другие языки программирования. Регулярные выражения обеспечивают значительную часть возможностей Perl по обработке текстов. Они позволяют сопоставлять текст с указанным шаблоном (а именно, сравнивать две строки с помощью универсальных символов, интерпретируемых специальным образом) и выполнять замену текста. Таким образом, Perl предоставляет мощный инструмент для манипулирования текстом под управлением программы пользователя. Но также можно сказать, что регулярные выражения – это самый сложный и непонятный раздел в программировании на Perl, так как очень трудно разобраться в том, что делает конкретное выражение, но без них не было бы, наверное, самого языка, так как он задумывался именно для обработки текстов.

При написании системы удаленного администрирования регулярные выражения применялись повсеместно. Вот один из примеров:

```
if ($log_ok == 1)
 {
 $from = $co->param('login');
 $to = $co->param('username');
 $message = $co->param('message');
 open (MSG,">>$ld"."messages/$to.msg");
 $message =~s/\r\n/ /g;
 $all = "<b>From User: $from<hr width=\"20%\" align=left>Message:</b><br>$message<hr><br>\n";
 print MSG $all;
 close MSG;
 print "<br><center>Your message was be sended!</center><br><br>";
 back;
 }
```

В данном случае команда « $message =~s/\r\n/ /g; » проверяет на наличие в переменной $message символов возврата каретки и перевода строки, а при обнаружении меняет их на пробел. А в случае « $filename =~s/\\/\\\\/gi; » происходит замена символа « \ » на « \\ ».

5.8. Работа с файлами

Большинство программистов знакомо с принципами, на которых строится работа с файлами. Чтобы работать с данными, содержащимися в файле, программа связывает файл с соответствующим дескриптором (file handle), как говорят, программа открыла файл. Эта процедура создает поток ввода или вывода, и дальнейшие операции с файлом ссылаются на поток через дескриптор. По завершении работы с файлом он закрывается, то есть дескриптор файла деинициализируется, так что дальнейшие операции с ним становятся невозможны. Работа с файлами – это еще одна важная возможность языка

Perl, но так как язык Perl первоначально был ориентирован на применение в системах Unix, у него сохранились некоторые особенность при работе с файлами.

Так как данное CGI-приложение очень активно использует различные файлы, этот раздел программирования был особо важным при написании системы удаленного администрирования.

Литература

1. *Стивен Холзнер*. Perl: специальный справочник. –СПб: Питер, 2000. – 496 с.: ил.
2. *Вайк Ален*. Java Script в примерах: Пер. с англ./ Вайк Ален и др. –К.: Издательство “DiaSoft”, 2000.–304 с.
3. *Муллен Роберт* HTML 4: Справочник. –СПб: Питер, 1998
4. Джамса К. Java. / пер. с англ. – Мн.: ООО «Попури», 1997 г.
5. *Симкин С., Бартлетт Н., Лесли А*. Программирование на Java. Путеводитель. / пер. с англ. – К.: НИПФ «ДиаСофт Лтд.», 1996 г.
6. *Переверзева Н. А., Нечипоренко А. Н., Антоник Д. В.* Разработка специализированного медицинского web-сайта и перспективы его использования // Белорусско-польский научно-практический семинар: тезисы докладов. –Минск, 2001. – С 170.
7. *Нечипоренко А. Н., Переверзева Н. А., Голуб А. И., Антоник Д. В.* Создание специализированного медицинского web-сайта в сети Internet и его использование в научных, практических и образовательных целях // Технообраз’2001. Технологии непрерывного образования и творческого самообразования личности: Материалы III Международной научной конференции. – Гродно: ГрГУ, 2001. В 3 ч. Ч. 3. С 97–98.
8. *Переверзева Н. А., Нечипоренко А. Н., Антоник Д. В.* Технология разработки и сопровождения специализированного web-сайта Гродненского отделения Белорусской ассоциации урологов // Наука и образование в условиях социально-экономической трансформации общества: Материалы V международной научной конференции. – Гродно: ИСЗ, 2002. – В 2 ч. Ч. II. С 173 – 175.
9. *Antonik D.* Organization of interactivity of a web-site by means of the programming language perl. // Современные проблемы математики и вычислительной техники: материалы 3 республиканской научной конференции молодых ученых и студентов 26-28 ноября 2003г. – Брест: УО БГТУ, 2003.– С 79–82.

©БГУТ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ

***П. М. БУЙ*, В. В. СЕРЕДА**

The properties of computer models of adaptive systems of transfer with a feedback and basic requirements showed to them in conditions of action of handicapes are formulated the software of laboratory breadboard models is described and the comparison of results of testing of computer models with results of the theory of transfer of binary signals in conditions of action of handicapes is made. The conclusions are made that the developed simulating systems allow in laboratory conditions to execute research of job of the equipment of transfer of the data with a feedback at influence of handicapes, and also to make the analysis of adjusting properties of different methods of detection and correction of mistakes

Ключевые слова: компьютерная модель, адаптивная система передачи, обратная связь, последовательный асинхронный интерфейс rs-232, com-порт

Компьютерные модели адаптивных систем передачи с обратной связью предназначены для исследования влияния помех на передаваемые информационные и служебные кадры с возможностью измерения коэффициента ошибок по битам, байтам и блокам, а также для анализа корректирующих свойств разных методов обнаружения и исправления ошибок. К настоящему моменту комплекс компьютерных моделей адаптивных систем передачи с обратной связью включает в себя четыре системы: одну с информационной обратной связью (ИОС-Ож) и три с решающей обратной связью (РОС-Ож, РОС-Бл и РОС-Ад). В состав моделирующей системы входит следующее оборудование: компьютер, генератор шума, устройство согласования, линия связи и программное обеспечение.

Устройство согласования обеспечивает электрическое согласование выходных параметров генератора шума с параметрами последовательного асинхронного интерфейса RS-232, входящего в состав персонального компьютера (ПК). В качестве источника помех для снятия экспериментальных данных и для отладки программного обеспечения при разработке моделирующей системы используется цифровой генератор белого шума.

Программное обеспечение моделирующих систем предназначено для выбора одного из двух вариантов организации связи по одному COM-порту или между COM-портами одного ПК: для измерения коэффициента ошибок по битам, байтам и блокам; для составления отчета о результатах исследований с возможностью их вывода на дисплей или принтер ПК.

Программное обеспечение адаптивных систем передачи реализовано в визуальной среде программирования Delphi для Windows на языке Object Pascal с применением вставок на языке Assembler для функций и процедур нижнего уровня, интерфейса RS-232.

При организации связи программное обеспечение позволяет: выбрать один или несколько эталонных файлов для сеанса связи и в зависимости от варианта организации связи – один или два COM порта; определить и установить их параметры.

Передача дискретной информации организована с учетом следующих возможностей предоставляемых интерфейсом RS-232: скорость передачи от 50 до 57600 Бод; длина информационного слова 8 Бит; число стоп-битов – 1; 1,5 и 2; контроль по четности.

Вся передаваемая информация разбивается на блоки по 128 байт. В адаптивных системах передачи с РОС-Ож и ИОС-Ож за один цикл работы программы передается один блок. В адаптивной системе передачи с РОС-Бл за один цикл работы программы может передаваться от 3 до 7 блоков, которые составляют кадр. При наличии ошибки хотя бы в одном блоке весь кадр повторяется. В адаптивной системе передачи с РОС-Ад за один цикл работы программы передается 4 блока. Повторяются только те блоки, в которых обнаружены ошибки.

Каждый блок начинается знаком начала блока (SOH), представляющего собой кодовую комбинацию «00000001» в кодировке ASCII, имеет два номера (сам номер и его двоичное дополнение по «единицам»). Каждый блок содержит контрольную кодовую комбинацию.

Концом успешной передачи всех данных служит знак завершения передачи (EOT), представляющий собой кодовую комбинацию «00000100» в кодировке ASCII.

Для обнаружения ошибок в информационных частях блоков адаптивных систем с решающей обратной связью используется два метода: 1) расчет контрольной суммы; 2) контроль циклическим кодом (CRC). В адаптивной системе с информационной обратной связью используется метод поэлементного сравнения переданной и полученной информации (в случаи полной ИОС) и расчета контрольной суммы (укороченная ИОС).

Для обнаружения ошибок циклическим кодом используется 16-разрядные образующие полиномы, рекомендованные международными организациями. Для исследования корректирующих свойств 16-разрядных образующих полиномов предусматривается возможность их составления.

В адаптивной системе с информационной обратной связью по обратному каналу передается вся информация (в случаи полной ИОС) или ее часть (укороченная ИОС). Служебные кадры в системах с решающей обратной связью – сигналы управления передаются простым кодом. В адаптивных системах передачи с РОС-Ож и РОС-Бл в качестве служебных кадров используются две кодовые комбинации с минимальным кодовым расстоянием Хэмминга, равным 3: 1) кодовая комбинация подтверждения ACK имеет вид «00000110» в кодировке ASCII; 2) кодовая комбинация стирания NAK имеет вид «00010101» в кодировке ASCII. В адаптивной системе передачи РОС-Ад в качестве служебных кадров используется шестнадцать кодовых комбинаций с минимальным кодовым расстоянием Хэмминга, равным 2, в которых по обратному каналу передаются адреса неправильно принятых блоков.

В качестве протоколов передачи файлов использованы протоколы Xmodem и Xmodem-CRC.

Результаты измерений состоят из следующей информации, предоставляемой пользователю: время передачи/приема файла; параметры COM-порта передача; параметры COM-порта приема; всего передано/принято: биты, байты, блоки; принято ошибок: биты, байты, блоки; коэффициент ошибок по битам, байтам, блокам.

С помощью разработанных адаптивных систем передачи были проведены измерения коэффициентов ошибок передаваемых сигналов вида 1:1 при белом (гауссовом шуме) в линии связи.

В результате измерений были получены практические зависимости коэффициента ошибок по битам от скорости передачи данных при различных уровнях шума. Также были рассчитаны теоретические зависимости вероятности появления ошибки в канале от скорости передачи при различных уровнях шума.

Анализируя данные зависимости можно сделать вывод, что экспериментальные данные с достаточной точностью подтверждают теоретические расчеты вероятности ошибки единичных элементов в дискретном канале. Число ошибок и повторов блоков в принимаемых данных растет с увеличением скорости передачи данных и с увеличением мощности шума в линии связи. Особенно резко растет значение коэффициента ошибок по битам при достижении скорости передачи в 57600 Бод.

Разработанные моделирующие системы позволяют в лабораторных условиях выполнить исследование работы аппаратуры передачи данных с обратной связью при воздействии помех, а также произвести анализ корректирующих свойств разных методов обнаружения и исправления ошибок.

©БГУ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ МАСШТАБИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СТАНДАРТЕ MPI В ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЯХ

***А. Е. ВЕРХОТУРОВ,* Г. И. ШПАКОВСКИЙ**

The reasons of reducing efficiency and scalability of parallel computers are considered. Their elimination is a purpose of the research. The methods of eliminating the reasons influenced on scalability of parallel programs are discussed. The purpose of the research is reached by modeling the processes occurring in parallel programs

Ключевые слова: параллелизм, масштабируемость, эффективность

Сложность решаемых на ЭВМ задач растет, время решения может быть критично. Уменьшение времени решения задач возможно за счет использования параллельных ЭВМ. Масштабированием называется сохранение эффективности вычислительной системы при изменении ее размера или размера решаемой задачи.

Объект исследования – причины, уменьшающие эффективность и масштабируемость параллельных вычислительных систем и способы их устранения. Цель работы – разработка и реализация методов определения и устранения причин, влияющих на масштабируемость параллельных программ. Цель работы достигается путем моделирования процессов, происходящих при работе параллельной программы, анализируются параметры среды передачи данных.

В работе рассматривается задача решения систем линейных алгебраических уравнений параллельными методами Якоби и Гаусса-Зейделя, которые рассматриваются в [1]. Исследуется масштабируемость параллельной реализации метода в зависимости от размера решаемой задачи (количества уравнений и неизвестных) и количества процессоров вычислительного кластера. Анализ причин недостаточно эффективного использования процессоров проводится путем построения модели параллельной программы на основании закона Амдала и имитации передачи сообщений между процессорами параллельной ЭВМ в стандарте MPI [2]. Построенные модели позволяют оценивать эффективность параллельных вычислительных систем, в том числе при их проектировании, выявить причины, уменьшающие масштабируемость параллельных программ, которые проявляются в разбалансировке процессов, как следствие простое процессоров при ожидании получения либо отправке сообщения.

С использованием этих моделей производится анализ эффективности различных подходов построения эмуляторов нейронных сетей на кластерах ЭВМ, предпринимаются попытки создания методов обучения искусственных нейронных сетей на кластерах ЭВМ [3]. Реализована программа-нейроэмулятор и параллельный генетический алгоритм, применяемый для обучения нейронных сетей. Показано, что параллельный генетический алгоритм может быть эффективно использован для нейронных сетей. Масштабируемость рассматривается по отношению к увеличению размера задачи – размер популяции генетического алгоритма нелинейно отражается на времени решения задачи.

Проводятся дальнейшие исследования по созданию эффективного метода обучения нейронных сетей на параллельных ЭВМ.

Литература

1. *Верхотуров А. Е.* Параллельная реализация методов решения систем линейных алгебраических уравнений. // Сборник статей VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов Беларуси (НИРС-2002), Витебск, 2002
2. *Верхотуров А. Е.* Моделирование работы SPMD программ в локальных сетях. // Сборник материалов 61 конференции студентов и аспирантов БГУ. Минск, 2004.
3. *Верхотуров А. Е., Шпаковский Г. И.* Применение многопроцессорных кластеров для обучения нейронных сетей на основе генетического алгоритма. // Материалы II Международной конференции «Информационные системы и технологии» (IST'2004). Минск, 2004.

©ГГАУ

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***В. В. ГОЛОВКОВА,* И. Г. АНАНИЧ**

The technique of optimization of administrative decisions in the plant growing, increases of scientific validity of scheduled decisions being by effective way is resulted. Similar approaches are new in practice of planning at a microlevel

Ключевые слова: игровое моделирование, стратегические игры, матрица потерь, неопределенность, принятие решений

Решение многих экономических задач требует все более широкого применения научных методов, основанных на теории принятия решений. В последнее время теория принятия решений за счет новых достижений может предложить модели для описания реальной экономической ситуации почти во всех случаях, когда понадобится принятие решения.

В зависимости от информации, которой обладает исследователь, принимающий решение, все модели принятия решения целесообразно разделить на три группы: детерминистические (в условиях определенности), статистические (в условиях частичной неопределенности) и стратегические (в условиях полной неопределенности) модели.

В работе проведены практические расчеты по использованию стратегических и статистическим моделей, трактуемых как стратегические игры (без дополнительной информации) и статистические игры, или игры с природой при использовании дополнительной информации для выбора технологии

возделывания сельскохозяйственных культур, что обеспечивает в конкретных производственных условиях достижения максимального эффекта.

Итоги таких расчетов для выбора оптимальной стратегии при возделывании картофеля в РУСХП «Экспериментальная база «Восток» Щучинского района» приведены ниже.

Сравнив средние потери статистика во всех ситуациях, можно сделать следующие выводы:

Статистик несет наибольшие средние потери в размере 0,360 млн. руб. на 1 га, в случае отсутствия у него дополнительной информации о состоянии природы.

Наличие информации о вероятности наступления отдельных состояний природы, позволяет несколько уменьшить сумму потерь, которые в этом случае равны 0,346 млн. руб. на 1 га.

Имея дополнительную информацию в виде условного распределения F(x/П) статистик уже достаточно существенно снижает сумму потерь (на 16,1 %), доведя их до 0,302 млн.руб. на 1 га.

Наилучший результат статистик может получить, зная информацию о априорном распределении состояний природы, что позволяет ему найти байесовскую функцию решения. В нашем случае сумма потерь уменьшается до 0,258 млн. руб. на 1 га.

Дополнительная информация в виде условного апостериорного распределения G(П/x)позволяет практически получить байесовскую функцию решения аналогичную пункту 4.

Таким образом, использование приведенной методики позволит дополнительно получить прибыль с 1 га посева картофеля в сумме 0,102 млн. руб., а со всей площади посева картофеля 5,1 млн. руб., что составляет 12,6 % от среднего фактического уровня прибыли.

Проделанные расчеты нельзя отнести к разряду достаточно сложных в реализации. Они вполне могут быть автоматизированы, что позволит широко использовать приведенные методики в практике планирования производства.

©МГПУ

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ФОТОГРАФИЙ ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА

***А. Н. ЕГОРОВ*, А. Е. ЗАГОРСКИЙ**

Processing of experimental results of metallographic researches with help of specialized utility «Picture Pixel Counter» is observed in this work. The program determines the area of a grain on a surface of a polycrystal with the minimal expenses of time and manual calculations

Ключевые слова: фотография, поликристалл, границы зерен

Одной из задач металлографических исследований является определение средних размеров зерен поликристалла. Общепринятые методы заключаются в «ручной» обработке фотографий поверхности. Определяется число пересечений случайных секущих границами зерен, считается среднее значение, либо определяются максимальные хорды сечений, затем считаются средние, и т.д. Но эти методы имеют большие погрешности (10–30 %) и занимают довольно много времени.

Чтобы помочь в решении подобных задач, на языке Borland Delphi разработана компьютерная программа «Picture Pixel Counter» для полуавтоматического подсчета площади зерен по фотографии. Для работы с программой необходимо открыть файл с фотографией поверхности поликристалла, с помощью мыши обвести контуры зерен и дать программе задание на подсчет площади каждого зерна. При случайной ошибке возможна отмена последнего действия.

В основу работы с данной программой положено именно ручное указание границ зерна, что исключает ошибки в распознавании границ компьютером. Существующие на данный момент алгоритмы автоматического выполнения подобной задачи как правило требуют больших вычислительных мощностей компьютеров (например – пакет математических расчетов MatLAB). Кроме того, результат работы этих алгоритмов часто неудовлетворителен.

После обведения всех границ зерен на изображении поверхности программа уже самостоятельно может определить площадь сечения каждого кристаллита, после чего легко определить средние размеры зерен как диаметр окружности равной площади, построить распределения по размерам, определить дисперсию и т.д. Очевидно, что работа с программой выгодно отличается от ручного подсчета, т.к. занимает меньше времени и имеет гораздо большую точность, которая в данном случае зависит от качества фотографии и точности указания границ зерен.

Кроме того, программу «Picture Pixel Counter» можно использовать и в другом физическом исследовании – определении площади трещины или двойника, возникающих в монокристалле при оказании на него воздействия сосредоточенной нагрузкой. Эта задача возникает при исследовании механических свойств, в частности – двойникования кристаллов для определения поверхностной энергии двойника, упругих напряжений и т.д.

Для работы с программой необходим IBM-PC-совместимый компьютер, операционная система – Windows 95 и выше, объем установленной в компьютере оперативной памяти – в зависимости от размеров обрабатываемого изображения не ниже 16 Мб.

Программа Picture Pixel Counter в данный момент используется в процессе проведения исследований в лаборатории прочности и пластичности металлов в Учреждении образования «Мозырский государственный педагогический университет» – металлографических исследованиях быстрозатвердевших сплавов на основе висмута и сурьмы.

©БРУ

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ И ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПТКИ BELSIM

***М. М. КАЧАНОВ*, А. И. ЯКИМОВ, К. В. ЗАХАРЧЕНКОВ**

Given in the paper is the new method of computer simulation of an industrial process on the basis of BelSim software complex

Ключевые слова: имитационное моделирование, производственный процесс

Проблема достоверной оценки производственной мощности (ПМ) предприятия и уровня загрузки оборудования (ЗО) в современных условиях является весьма актуальной. Очевидно, что располагая достоверной информацией о ПМ предприятия, можно не только адекватно определять необходимый (возможный) выпуск продукции и уровень ЗО, но и планировать такие мероприятия, как модернизацию имеющегося, приобретение (аренду) недостающего оборудования, а также приобретение сырья и материалов. Достоверность необходимой для принятия указанных решений информации зависит от принятых за основу методологических принципов, определяющих содержание и схемы расчетных процедур, т.е. методику.

Применяемые методики расчета ПМ основываются либо на принципе прямого счета, либо на принципе оптимизации ЗО с помощью линейно-программной модели. Расчеты на их основе выполняются для целей текущего (годового, квартального) планирования выпуска продукции. Используемая для этого информация является существенно агрегированной и не учитывает дискретность производственного процесса (ПП), его цикличность и характер движения предметов труда.

Одним из вариантов анализа ПМ и ЗО является построение имитационной модели ПП в программно-технологическом комплексе имитации сложных систем (ПТКИ) BelSim [1]. В ПТКИ BelSim реализована имитационная модель финансово-хозяйственной деятельности промышленного предприятия на основе процессного способа моделирования [2]. Для моделирования ПП в имитационную модель необходимо добавить процессы, моделирующие производственные операции (ПОп). В качестве исходных данных процессов используются объемы ресурсов, необходимые для выполнения ПОп. Активизация процесса, моделирующего ПОп, осуществляется в момент поступления всех необходимых ресурсов на вход процесса. В качестве параметров ПОп используются характеристики оборудования (нормы расхода ресурсов, выпуска продукции, партии запуска, вероятности сбоев и отказов), на котором выполняется операция. В имитационную модель ПП включены процессы, моделирующие сбои и отказы в работе оборудования. В случае сбоя моделируется задержка выполнения ПОп на некоторый случайный промежуток времени. В случае отказа моделируется задержка выполнения операции на время устранения неисправности, а затем моделируется повторный запуск ПОп.

Применение средств имитационного моделирования обеспечивает рациональный выбор параметров ПП с учетом текущего состояния предприятия и рынка. Модель позволяет рассматривать все возможные виды процессов для дискретного производства. Оценка адекватности модели реальному ПП для некоторых частных случаев может быть выполнена на основе методики, предложенной Файнгольдом и Кузнецовым [3].

Литература

1. *Якимов А. И.* Программно-технологический комплекс имитации сложных систем BelSim 2003. // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: Материалы респ. науч.-техн. конф., 29 января 2004 г. – Могилев: ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2004. – С. 3–4.
2. *Максимей И. В.* Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.: ил.
3. *Файнгольд М. Л., Кузнецов Д. В.* Принципы расчета производственной мощности и загрузки оборудования. / Под науч. ред. М.Л. Файнгольда. – Владимир: Издательство ВГПУ, 2002. – 85 с.

©ГГУ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ WEB-САЙТА КАФЕДРЫ АСОИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ PHP И MYSQL

***Н. Н. КОНЧИЦ*, Е. А. КОВАЛЕНКО**

The presented work is devoted to consideration of system engineering of the removed administration of a Web-site. Process of realization of system is based on two basic stages: designing and development of a database of Web-site and designing and development of directly system of the removed administration of the site. The system of the removed administration of Web- site of faculty has been realized by means of Web-server Apache, a control system of databases MySQL, programming language PHP, the table of styles CSS, language of a marking of pages HTML and programming language JavaScript

Ключевые слова: web-узел, сайт, контент, администрирование

Представленная работа посвящена разработке системы удаленного администрирования Web-сайта кафедры АСОИ с использованием технологий MySQL и PHP. Процесс реализации системы основан на двух основных этапах: проектирование и разработка базы данных Web-узла и проектирование и разработка непосредственно самой системы удаленного администрирования сайта, состоящей из подсистемы аутентификации и подсистемы доступа к информации.

Процесс проектирования системы администрирования заключался в построении структуры базы данных для хранения данных и извлечения их из нее, а также в построении структуры самого Web-узла (сайта) для осуществления администрирования базы данных, т.е. ввод, редактирование, удаление и просмотр данных. На основании спроектированной структуры базы данных и сайта была разработана независимая полнофункциональная система удаленного администрирования Web-узла. Разработанное приложение для базы данных кафедры наследует глобальную базовую структуру Web-баз данных, состоящую из браузера, Web-сервера, механизма PHP, сервера системы управления базами данных MySQL [1, с.166]. Система удаленного администрирования имеет собственную подсистему аутентификации пользователей, что повышает ее защищенность от несанкционированного доступа к информации, и обладает простым и удобным интерфейсом для работы.

Разработанную систему удаленного администрирования Web-сайта кафедры АСОИ можно отнести к широко известному в Internet классу систем – систем управления контентом, т.е. это такие системы, функциональный аппарат которых направлен на работу с информацией, с содержимым (контентом) Web-сайтов.

Построение системы удаленного администрирования Web-узла кафедры осуществлялось при помощи следующих Web-технологий: Web-сервер Apache v.2.0.47, система управления базами данных MySQL v.4.0.13, язык программирования PHP v.4.3.3, таблицы стилей CSS, язык разметки страниц HTML, язык программирования JavaScript.

В целом же разработанная система полностью реализует возложенные на нее функции и не требует от пользователей особых навыков работы и аппаратных ресурсов для реализации возможностей сайта. При проектировании и разработке системы были учтены поставленные цели по динамичности обновления информации, переносимости между программными платформами, многопользовательскому доступу и защите от несанкционированного доступа.

Литература

1. *Томсон Л., Веллинг Л.* Разработка WEB-приложений на PHP и MySQL. – СПб.: ДиаСофтЮП, 2003. – 672с.

© ГГУ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ «ОЛИМП»

***Д. Е. КОСТОЧКО*, М. С. ДОЛИНСКИЙ**

The paper contains short description of goals and tasks, which outlined during the internet portal «Olymp» development. Author gives importance abstract of this work and describes main directions of the future development

Ключевые слова: олимпиада, результаты, Олимп, автоматизация

На сегодняшний день в Республике Беларусь республиканская олимпиада по программированию среди школьников проводилась уже несколько десятков раз. На ней выступали ребята со всей страны. Они решали предлагаемые им задачи и завоевывали очки, похвальные отзывы, дипломы и «призовые». Но все статистические результаты обрабатывались вручную, что не гарантировало их точность, обработка выполнялась человеком, что порой было очень медленно. Результаты могли быть доступны только тем людям, кто непосредственно был на олимпиаде. Построение различной статистики, которая позволяет в полной мере отразить уровень подготовки команды к олимпиаде становиться трудоемким процессом.

После республиканской олимпиады обычно следует «разбор полетов», на котором команда выясняет, где и кем были допущены какие промахи и недочеты, что послужило им причиной и что необходимо делать, что бы такого не было. Результатом такого разбора является отчет о выступлении команды на олимпиаде. Вариантом таких отчетов становиться выпускаемое ежегодно студентами ГГУ методическое пособие по результатам выступления на городской, областной и республиканской олимпиаде. Автоматизация подготовки материалов к выпуску методического пособия, построение итоговых таблиц по данным для областей, школ позволит выпускать методической пособие в кратчайшие сроки.

Участие и победы в республиканских олимпиадах открывает перед ребятами возможность участвовать в международных олимпиадах по программированию. По общекомандным результатам Беларусь занимает 18 место из 67 стран, принимавших участие в IOI (International Olympiad in Informatics), опережая практически большинство всех европейских стран, уступая лишь США, Ирану, России. Такой результат стал возможен только благодаря упорному труду ребят, который и приводит их к вершинам олимпа. И придавать небытию их имена было бы очень нехорошо.

Разработка информационного интернет-портала преследовала в первую очередь следующие цели:

- активизация познавательной деятельности и учебного процесса учащихся, вовлеченных в олимпиадное движение;
- вовлечение новых ребят в олимпиадное движение;
- накопление информации с целью проведения анализа побед и поражений преподавателями, занимающимися подготовкой ребят, тренерами команд;
- автоматизация подготовки методических пособий по итогам олимпиад.

В качестве перспектив дальнейшего развития интернет-портала «Олимп» можно выделить следующие направления:

- Интеграция с проектом «Дистанционное обучение» [1] (http://dl.gsu.unibel.by)
- Углубление и расширение использования Java
- Интернационализация портала

Литература

1. *Долинский М. С., Кузнецов А. В., Дегтярев Д. В., Мосько С. Н., Судиловский К. Н.* Проект «Дистанционное обучение в Беларуси», Proceedings of the Second International Conference Internet. Education. Science (IES-2000), 10–12 October, 2000 Vinnytsa, Ukraine, pp. 194–197.

© МИУ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА КАФЕДРЕ ВУЗА

***М. С. МАЛЕЦ*, А. О. АБРАМОВИЧ**

The present work is devoted to an actual problem of information technologies introduction into education managerial process. The given problem decision should be made in a complex: the information system organization of high school should cover all structural departments and be based on the detailed analysis of existing information streams. Recognizing that basic structural unit of high school is a faculty, was accepted to create the information system, allowing to automate information streams processing, it inhere, with prospect of its integration in information systems of higher hierarchical levels. As the development environment Microsoft Access was chosen because it has the accessible interface on the one hand and powerful opportunities of SQL-inquiries and VBA-procedures – with another

Ключевые слова: информационная система, анализ учебной нагрузки, база данных

Настоящая работа посвящена актуальной проблеме внедрения информационных технологий в процесс управления образованием. Организация информационной системы вуза должна охватывать все структурные подразделения и базироваться на детальном анализе существующих потоков информации. Исходя из того, что основной структурной единицей вуза является кафедра, было принято решение создать информационную систему, позволяющую автоматизировать обработку потоков информации, ей присущих, с перспективой ее интегрирования в информационные системы более высоких иерархических уровней.

Одной из основных деятельностей преподавателей кафедры является аудиторная нагрузка, сведения о которой аккумулируются в расписании занятий. Обеспечив удобный ввод и копирование расписания, проверив его непротиворечивость и проанализировав, мы можем получить множество полезной информации, такой как выполненная аудиторная нагрузка, эффективность использования аудиторного фонда и др.

Определим основные требования к автоматизированной системе обработки информации на кафедре вуза:

- гибкая система управления расписанием занятий, а также основными ресурсами учебного процесса;

- планирование и учет выполнения аудиторной и внеаудиторной педагогической нагрузки преподавателями кафедры;
- формирование отчетности по учебному процессу в соответствии с принятыми требованиями;
- автоматический контроль корректности введенных данных и их соответствия заданным параметрам;
- интуитивный интерфейс, простота заполнения и копирования информации;
- удобная форма сбора и отображения статистики по базе данных.

В качестве инструмента реализации поставленных задач была выбрана СУБД MS Access, которая обладает доступным интерфейсом с одной стороны и мощными возможностями SQL-запросов и VBA-процедур – с другой.

В рамках решения поставленной задачи были пройдены следующие этапы:

- анализ информационных потоков, поступающих на кафедру из других структурных подразделений;
- анализ существующих разработок в данной предметной области;
- проектирование структуры базы данных;
- физическая реализация базы данных средствами Microsoft Access с детальной проработкой пользовательского интерфейса для облегчения внедрения новой информационной системы.

Результаты научно-исследовательской студенческой работы М. С. Мальца внедрены в учебный процесс кафедры информационных технологий Минского института управления и успешно используются преподавателями кафедры.

©БГУ

РАЗРАБОТКА WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО КУРСУ «НЕЙРОННЫЕ СЕТИ»

***А. М. ПОПЛЕТЕЕВ*, В. М. ЛУТКОВСКИЙ**

The aim of this work was development of tools and methodologies for distant learning systems. As the result of this work the informational web-oriented system was created which is one of the most important components of network-oriented distant learning systems. Using the created system, a teaching complex for «Neural networks» study course was developed. Efficiency of this complex is determined by the material structure, use of visual methods and enhanced search tools. The system is used at the Radio Physics and Electronics Faculty of Belarusian State University

Ключевые слова: дистанционное обучение, нейронные сети, сетевые системы, специальный курс

Развитие наукоемких производств во всем мире увеличивает потребность в высококвалифицированном персонале, а быстрое моральное старение технологий требует от специалистов быстрого освоения новых технологий. В Окинавской Хартии 2002 г. отмечается, что наиболее приоритетной областью развития общества является разработка инновационных подходов в образовании, включая дистанционное обучение (ДО) [1].

Несмотря на разнообразие предлагаемых дистанционных курсов существуют и слабо заполненные ниши в преподавании. В частности, это относится к специальным дисциплинам, таким, например, как искусственные нейронные сети (ИНС).

Цель настоящей работы состояла в развитии существующих методов и инструментальных средств разработки учебных курсов для дистанционного обучения, направленных на повышение качественного уровня образования за счет более активного использования современных информационных технологий.

Результатом работы явилось создание универсальной информационно-справочной системы поддержки дистанционного образования, а также адаптированного для использования в дистанционном обучении специального курса «Нейронные сети». За основу курса был принят учебно-методический комплекс (УМК) «Нейронные сети», созданный и уже несколько лет используемый на факультете радиофизики и электроники БГУ [2]. Основной характеристикой комплекса является ориентация на развитие у студентов практических навыков применения и использования нейронных сетей для обработки данных [3].

Разработанная информационная система может использоваться как в локальных, так и в глобальных сетях; она предоставляет преподавателям и студентам широкие возможности по размещению и поиску материалов. Система поддерживает работу с ключевыми словами; включает в себя динамический глоссарий, существенно упрощающий поиск материалов; поддерживает возможность внедрения в учебные статьи интерактивных элементов, которые повышают наглядность материала, позволяют студентам проводить самостоятельные вычислительные эксперименты. Все эти факторы, безусловно,

положительно влияют на восприятие материала и, следовательно, повышают эффективность обучения.

Следует отметить, что созданная система, в отличие от большинства аналогов, имеет более низкую стоимость и не требует от пользователей приобретения какого-либо специального оборудования или программного обеспечения. Для использования системы достаточно интернет-браузера, установленного на любом современном компьютере (например, Internet Explorer или Opera).

Литература

1. *Красовский В. И.* Дистанционное обучение: от эксперимента до внедрения. Вышэйшая школа. 2004. № 1. С. 45-46.
2. *Papliatseyeu A., Repich M., Ilyushonak B., Hurbo A., Makarava K., Lutkovski V.* Web-based encyclopedia on physical effects //Proc. SPIE Vol. 5484, 2003. P. 575–579.
3. *Лутковский В. М.* Нейронные сети. Конспект лекций. Мн.: БГУ. 2003

©БРУ

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОДНОМЕРНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ

***Е. А. ЯКИМОВ*, В. Г. ЗАМУРАЕВ**

In article the one-dimensional regional task, its decision by a method of final elements and software for the profound study with orientation to application in scientific researches is considered

Ключевые слова: краевая задача, метод конечных элементов

1. Постановка задачи и используемый метод решения

Пусть на отрезке [0,1] определены ограниченные функции $f(x)$, $p(x)$ и $q(x)$, причем

$$p(x) \geq p_0 > 0,\ q(x) \geq 0,\ x \in [0,\ 1]. \tag{1}$$

На этом отрезке требуется найти решение $u(x)$ линейного обыкновенного дифференциального уравнения

$$-\left(p(x)u'\right)' + q(x)u = f(x), \tag{2}$$

удовлетворяющее граничным условиям

$$u(0) = 0, \tag{3}$$

$$u'(1) = 0. \tag{4}$$

Пусть X – множество дважды непрерывно дифференцируемых на [0, 1] функций $u(x)$, удовлетворяющих условиям (3) и (4). Краевая задача (2)–(4) может иметь на множестве X классическое решение $u^*(x)$, если функции $f(x)$ и $q(x)$ непрерывны, а функция $p(x)$ непрерывно дифференцируема на отрезке [0, 1]. При этом функция $u^*(x)$ минимизирует функционал энергии

$$J[u] = \int_0^1 \left(p(x)(u')^2 + q(x)u^2 - 2f(x)u \right) dx, \tag{5}$$

который допустимо рассматривать на более широком множестве функций $u(x)$ по сравнению с множеством X. (5) сохраняет смысл на множестве $X^* \supset X$ функций, удовлетворяющих главному для (5) граничному условию (3) и имеющих на отрезке [0, 1] лишь кусочно-непрерывную производную. Более того, (5) сохраняет смысл, если функции $p(x)$ и $q(x)$, удовлетворяющие условиям (1), и функция $f(x)$ имеют на отрезке [0, 1] конечное число точек разрыва 1-го рода. Функцию $u^*(x)$, минимизирующую при этом (5), называют обобщенным решением задачи (2)–(4). [1, с. 527].

Вариационная формулировка задачи (2)–(4), содержащая функционал (5), позволяет для поиска приближения к обобщенному решению использовать метод Ритца. Это приближение можно искать в виде

$$\tilde{u}_N(x) = \sum_{n=1}^{N} a_n u_n(x), \quad a_n \in R, \tag{6}$$

где a_n – искомые коэффициенты, которые зависят от выбора системы базисных функций $u_n(x)$, $n=1,\ldots,N$.

В общем случае непрерывная величина $u(x)$, такая, как температура, давление или перемещение заранее неизвестна и нужно определить значения этой величины в некоторых внутренних точках области. Дискретную модель, однако, очень легко построить, если сначала предположить, что числовые значения этой величины в каждой внутренней точке области известны. После этого можно перейти к общему случаю.

Итак, при построении конкретной модели непрерывной величины u(x) поступают следующим образом.

1. В рассматриваемой области фиксируется конечное число точек. Эти точки называются узловыми точками или просто узлами.
2. Значение непрерывной величины в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена.
3. Область определения непрерывной величины разбивается на конечное число подобластей, называемых конечными элементами (КЭ). Эти элементы имеют общие узловые точки и в совокупности аппроксимируют форму области.
4. Непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе функцией, которая определяется с помощью узловых значений этой величины. Для каждого элемента определяется своя функция, но функции подбираются таким образом, чтобы сохранялась непрерывность величины вдоль границ элемента. [2]

2. Описание программного модуля

Для приближенного решения рассматриваемой краевой задачи автором разработан эффективный и достаточно простой в применении программный модуль (ПМ), позволяющий находить решение дифференциального уравнения (2) по известным значениям функций $p(x)$, $q(x)$, $f(x)$, полученным экспериментальным путем в узловых точках. Как правило, в этом случае функции задаются таблично. Пример ввода значений функций в узловых точках в разработанной программе показан на *рисунке* 1.

Если на отрезке [0, 1] функции $p(x)$, $q(x)$, $f(x)$ имеют точки разрыва 1-го рода, то включают их в число точек $x_n \in [0, 1]$, $n = 0,\ldots, N$, при помощи которых проводится разбиение этого отрезка на N частичных отрезков. В (6) в качестве базисных функций на отрезке [0, 1] выбраны

$$u_n(x) = \begin{cases} 0, x < x_{n-1}; \\ \dfrac{x - x_{n-1}}{x_n - x_{n-1}}, x \in [x_{n-1}, x_n]; \\ \dfrac{x_{n+1} - x}{x_{n+1} - x_n}, x \in [x_n, x_{n+1}]; \\ 0, x > x_{n+1}, \end{cases} \quad n = 1,\ldots, N-1 \tag{7}$$

где x_n – координаты точек отрезка [0, 1], являющихся узлами КЭ, расположенными на границах между элементами, причем $x_0 = 0$ и $x_N = 1$.

Рис. 1. Копия экрана в режиме ввода значений функций: - - - $p(x)$, ---- $q(x)$, - * - $f(x)$

Таким образом, $u_n(x_n) = 1$ и функция $u_n(x)$ линейно изменяется в пределах частичных отрезков $[x_{n-1}, x_n]$ и $[x_n, x_{n+1}]$, примыкающих к точке x_n, $n=1,\ldots, N-1$, принимая на их противоположных концах нулевое значение.

На любом частичном отрезке $[x_{n-1}, x_n]$, $n = 2,\ldots, N$, при помощи базисных функций $u_{n-1}(x)$ и $u_n(x)$ можно однозначно представить в виде $a_{n-1}u_{n-1} + a_n u_n(x)$ линейную функцию $u(x)$, принимающую в точках x_{n-1} и x_n значения $u(x_{n-1}) = a_{n-1}$ и $u(x_n) = a_n$, соответственно.

Программа выводит также на экран качественный вид искомой функции при заданном количестве конечных интервалов.

Контрольный пример выполняется при числе конечных интервалов $n = 30$. Результаты работы программы сохраняются в файле *Result.Txt*. Значения искомой функции из этого файла представлены на *рисунке* 2.

С учетом важности применения этого численного метода предложена и реализована методика его углубленного изучения. В ней реализованы следующие шаги.

1. Формулировка задачи в виде операторного уравнения.
2. Вариационная формулировка задачи (переход от формулировки задачи в виде операторного уравнения к интегральной формулировке).
3. Выбор типа КЭ (разбиение области, в которой приходится искать решение).
4. Формирование структуры приближенного решения при помощи совокупности КЭ и использование его в интегральной постановке задачи.
5. Получение системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) для нахождения a_n, являющихся значениями искомой функции в узлах КЭ.
6. Применение КЭ (при необходимости) для вычисления интегралов.
7. Составление кода программы на языке высокого уровня. [3]
8. Проверка адекватности разработанного программного модуля в системе компьютерной алгебры *Maple*. [4]

Эти этапы в целом составляют процедуру получения приближенного решения задачи, называемую методом конечных элементов.

В курсовой работе по дисциплине «Программирование» рассматриваются вопросы детального обоснования решения одномерной краевой задачи с декомпозицией по этапам, разработкой ПМ для ее решения и использования системы компьютерной алгебры *Maple* для тестирования на примере аналитической модели.

Рис. 2. Копия экрана с результатами работы программы

3. Заключение

Разработанный ПМ в среде C++Builder 6 позволяет решать ряд практических задач. Особенность состоит в том, что функции $f(x)$, $p(x)$ и $q(x)$ задаются в табличном виде по результатам экспериментальных данных в исследуемой предметной области. При этом обеспечен графический вывод указанных функций и решения $u(x)$.

При поиске $u(x)$ для решения СЛАУ используется метод прогонки. Данные сохраняются в файле для последующей статистической обработки в табличном процессоре Excel. В ПМ для оценки адекватности результатов работы используется контрольный пример, решение которого проверено в системе компьютерной алгебры Maple 6.

Результаты работы докладывались автором на научно-технических республиканских и вузовских конференциях и используются на кафедре автоматизированных систем управления Белорусско-Российского университета. [5]

Литература

1. *Власова Е. А., Зарубин В. С., Кувыркин Г. Н.* Приближенные методы математической физики: Учеб. для вузов / Под. ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко.–М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.–700с.
2. *Сегерлинд Л.* Применение метода конечных элементов. / Пер. с англ. А.А. Шестакова под ред. Б.Е. Победри. – М.: Мир, 1979. – 392 с.: ил.
3. *Архангельский А. Я.* Программирование в C++Builder 6. – М.: Бином, 2003. – 1152 с.: ил.
4. *Сушкова М. В.* Решение на компьютере расчетного задания по методу конечных элементов (краевая задача для обыкновенного дифференциального уравнения) // Интернет-журнал «Математика в Вузе» [Электрон. ресурс]. 2003. №3. Режим доступа: - http://www.spbstu.ru/public/m_v/N_003/frame_N03.html.
5. *Якимов Е. А.* Одномерная краевая задача и вопросы ее исследования. // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы VII респ. науч. конф. / Гл. ред. Д. Г.Лин. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф.Скорины», 2004. – С. 114–115.

©ВГМУ, БРУ

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ АУДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

***Д. А. ЯКИМОВ*, В. С. КУНИЦКИЙ, А. И. ЯКИМОВ**

In the paper the software system is offered on the basis of the personal computer with a sound card for pilot survey of hearing. The tests for this complex can exceed their number for clinical one. The advantage is opportunity of direct conducting and processing of database on the computer outside of clinical conditions

Ключевые слова: аудиометрия, программный комплекс, слух

Нормальный слух обеспечивает человеку комфорт в восприятии и общении, а также безопасность, так как позволяет определить расстояние до источника звука. Нарушения работы органов слуха человека можно легко заметить и в бытовых условиях (трудно воспринимаются женские голоса, негромкая речь кажется неразборчивой). Но для наиболее точного и полного обследования и определения лечения требуется наличие специального, зачастую довольно сложного оборудования [1].

Проведение заданного набора тестов хотя и пытаются автоматизировать, но все же существующие решения далеки от законченных, которые бы можно было использовать в повседневной жизни [2, 3].

Обработка результатов и составление по ним заключения производится только ручными методами. Это объясняется тем, что автоматизировать данный процесс довольно сложно, а получить результаты, сопоставимые с результатами выполнения данной операции человеком, было до недавнего времени практически невозможно.

Как альтернативное решение предложен аудиометр на базе персонального компьютера со звуковой картой [4, 5]. Набор тестов, который можно запрограммировать для этого аудиометра может превышать их число для клинического. Появляется преимущество – возможность непосредственного ведения и обработки базы данных на компьютере, а также распечатки результатов исследования. Переход на программный аудиометр не требует сложной переподготовки персонала. Создаются предпосылки для автоматизации и стандартизации процесса аудиометрических исследований, проведения их вне клинических условий для предварительного обнаружения патологий слуха.

Целесообразность создания автоматизированной системы обусловлена повышением требований к использованию рабочего времени, увеличению объема получаемых данных, которые необходимо быстро обрабатывать, затрачивая как можно меньше времени.

Разработанная программная система не отличается высокой функциональностью, так как разрабатывалась в качестве экспериментальной системы для проверки возможности использования компьютерной техники в медицинской отрасли. Полученные же данные показали, что разработка программного комплекса в данной области не является сложной задачей при современном уровне развития

средств разработки [6], а его расширяемость и функциональные возможности могут быть практически безграничными при достаточно высокой степени точности результата [7].

Литература

1. *Гельфанд С. А.* Слух: введение в психологическую и физиологическую акустику: Пер. с англ. – М.: Медицина, 1984. 352 с.: ил.
2. *Арифов С. С., Ражабов Ф. Ф., Хасанов А. А.* Аудиометрия с применением компьютерной технологии // Вестник оториноларингологии. 2001. № 1. С. 30–32.
3. *Богомольский М. Р., Сапожников Я. М.* Аудиометр нового поколения «Дельфа-311» на базе персонального компьютера // Вестник оториноларингологии. 1998. № 5. С. 4–8.
4. *Andr. B. Baresel, Craig Jackson.* Sound Blaster. Programming Information. Version 0.90 – 1995.
5. *Гук М.* Аппаратные средства IBM PC. – СПб.: Питер, 2000. – 816 с.: ил.
6. *Архангельский А.Я.* Программирование в C++Builder 6. – М.: Бином, 2003. – 1152 с.: ил.
7. *Якимов Е. А., Якимов Д. А.* Возможности аппаратно-программного комплекса при проведении аудиометрических исследований / Науч. рук. Якимов А. И., Куницкий В. С. // Студенческая медицинская наука XXI века: Материалы IV международн. науч.-практ. конф. – Витебск: ВГМУ, 2004. – С. 108.

©БГТУ

МЕТОДЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И АНАЛИЗА НЕОБРАТИМЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ

***М. А. АНКУДА,* В. И. ГОРОШКО**

The paper deals with the transformations of irreversible electric and electronic circuits. The substitution irreversible source conditions theorem with passive element are proved

Ключевые слова: четырехполюсник, необратимость, схема замещения, теоремы замещения, управляемый источник

В теории электрических и электронных цепей находит широкое применение понятие управляемого источника, который может управляться как напряжением, так и током. Эти источники используются в схемах замещения транзисторов, а также в канонических схемах замещения необратимых четырехполюсников.

В работе исследуется оригинальный подход к преобразованию цепей с управляемыми источниками, основанный на широком использовании ряда базовых электротехнических теорем: 1) теоремы обратимости (взаимности); 2)теоремы замещения (компенсации); 3)теорем переноса и расщепления независимых источников напряжения и тока. Эти теоремы применяются для получения канонических схем замещения необратимых четырехполюсников в различных системах параметров. В системе Z-параметров исходная схема замещения, содержащая два управляемых источника напряжения, преобразуется в схему с одним источником. При этом используется прием представления перемычки последовательным включением двух сопротивлений, имеющих одинаковый модуль, но разные знаки. Затем правило переноса через узел независимых источников напряжения распространяется (с обоснованием) на обратимые источники напряжения. В результате получаем каноническую Т-образную схему замещения четырехполюсника в системе Z-параметров. Эта схема содержит единственный источник напряжения управляемый током (ИНУТ), который при необходимости можно по обычным правилам преобразовать в источник тока, управляемый током (ИТУТ).

При описании четырехполюсников в системе Y-параметров исходная схема замещения содержит два управляемых напряжением источника тока (ИТУН). В этой схеме воздушный промежуток с бесконечно большим сопротивлением представляется в виде параллельного соединения двух проводимостей, имеющих одинаковый модуль и разный знак. Затем правило расщепления независимых источников тока распространяется на ИТУН. Появляющиеся при этом источники тока, которые управляются собственным напряжением, трактуем как пассивные проводимости. В результате приходим к П-образной схеме замещения необратимого четырехполюсника, содержащей единственный ИТУН.

Аналогичные преобразования выполняются для четырехполюсников, описываемых гибридной системой Н-параметров (G-параметров). Все описанные преобразования имеют чисто схемный характер, являются наглядными и не требуют манипуляций с уравнениями состояний.

Формулируется теорема, устанавливающая условия, при которых возможна замена управляемых источников эквивалентными пассивными элементами и приводится ее конструктивное доказательство. Эта теорема используется при анализе усилительной схемы, содержащей гибридную П-образную схему замещения транзистора в малосигнальном режиме, а также схемы, содержащей Т-образную схему замещения транзистора [1]. Иллюстрируется эффективность применения теоремы при вычислении входных и выходных сопротивлений обеих схем.

Литература

1. *Влах И.* Машинные методы анализа и проектирования электронных схем М.: Радио и связь, 1988.

©БГУИР

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

***И. А. ГИШКЕЛЮК*, С. П. КУНДАС**

This work is devoted to the questions of the mathematical models creation and software tools for the complex simulation of the thermalphysic and dynamic processes determining technological and performance attributes of the parts subjected to heat treatment processes (stress-strained state, volume fracture of phases, hardness distribution, relaxation processes etc.). Results of computer modeling of thermalphysic in water and oil quenching were introduced

Ключевые слова: компьютерное моделирование, метод конечных элементов, термообработка

1. Введение

Термическую обработку деталей производят для формирования необходимых механических свойств (твердость, предел пластичности, предел прочности), которые определяются режимами процесса термообработки. На отечественных предприятиях при разработке технологического процесса на новые детали, для определения необходимых режимов термообработки, как правило, проводят серию экспериментов. Однако, в связи с высокой стоимостью материалов, исследовательского оборудования, натурное изучение процесса термообработки в лабораторных условиях не всегда представляется возможным, и во многих случаях связано со значительными затратами материальных и денежных средств.

Эти проблемы можно решить с помощью современных методов компьютерного моделирования, которые при минимальных затратах времени и материальных средств позволяют изучать и исследовать различные процессы, проводить их оптимизацию для получения нужных свойств изделия [1]. Поэтому в настоящее время актуальной является задача разработки математических моделей технологических процессов и применение их для исследования влияния параметров процесса на свойства детали после обработки [2].

Особенно важно математическое моделирование процесса закалки для определения оптимальных режимов процесса при освоении термообработки новых деталей известными или новыми закалочными средами.

Поэтому целью настоящих исследований была разработка оригинальных математических моделей и программных средств для компьютерного моделирования теплофизических процессов при термообработке стальных деталей.

Применение разработанных моделей и программного комплекса на предприятиях позволит сократить сроки, затраты труда и материальных средств на разработку новых технологических процессов термообработки изделий. Появляется возможность осуществлять компьютерную диагностику и прогнозирование свойств деталей уже на стадии конструирования и разработки технологии, учитывать зависимость ожидаемых эксплуатационных свойств изготавливаемых деталей от марки применяемых материалов, поступающих на предприятия.

2. Комплексная модель процесса термообработки

Концептуально разработанная комплексная математическая модель базируется на положениях максимального учета при моделировании теплофизических и динамических процессов, определяющих свойства изготавливаемых деталей (напряженно-деформируемого состояния, фазовый состав, распределение твердости и др.). Кроме этого был принят принцип геометрического соответствия модели реальной детали, т. е. использование трехмерного моделирования.

Исходя из вышеизложенного, была разработана укрупненная логическая схема комплексного моделирования (*рис.1*), включающая математические модели (модель распределения тепловых полей, модель фазовых превращений, модель напряженно-деформируемого состояния), которые учитывают все стадии процесса, сквозную передачу данных и взаимодействие с базой данных свойств материалов.

Определение распределения температур в детали в процессе закалки основано на решении уравнения теплопроводности:

$$C_V \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial z}\right) + q_V , \quad (1)$$

где T – температуры в момент времени t, в точке с координатами x, y, z, C_V – коэффициент удельной теплоемкости материала, ρ – плотность материала, λ – коэффициент теплопроводности материала, q_V – удельная мощность внутренних источников теплоты.

Значения теплоемкости, плотности и теплопроводности зависят от температуры и фазового состава. Удельная мощность внутренних источников теплоты обусловлена выделением и поглощением теплоты при фазовых превращениях.

Решая уравнение теплопроводности с граничными условиями, учитывающими конвективный и лучистый теплообмен и начальными условиями, методом конечных элементов находим распределение температур в теле.

При этом уравнение теплопроводности сводится к системе уравнений, имеющих следующий вид в матричной форме [3]:

$$\frac{C\left(T^{n+\omega}\right)}{\Delta t}\cdot\left(-T^{n}+T^{n+1}\right)+ +K\left(T^{n+\omega}\right)\cdot\left[\left(1-\omega\right)\cdot T^{n}+\omega\cdot T^{n+1}\right]=F^{n+\omega}, \quad (4)$$

где C и K – матрицы теплопроводности и конвекции соответственно, F – вектор тепловых сил, T – значение температуры в узле, n – номер инкремента.

Порядок расчета матриц C и K, и вектора F приведен в литературе [4].

В выражении (4) $T^{n+\omega}$ и $F^{n+\omega}$ означает, что значение температуры и тепловой нагрузки вычисляются в момент времени $t=t+\omega\cdot\Delta t$ $(0\le\omega\le1)$ при помощи аппроксимаций:

Рис. 1. Обобщенная логическая схема комплексной модели процесса термообработки

$$T^{n+\omega}=(1-\omega)\cdot T^{n}+\omega\cdot T^{n+1}, \quad (5)$$

$$F^{n+\omega}=(1-\omega)\cdot F^{n}+\omega\cdot F^{n+1}, \quad (6)$$

Для определения температуры T^{n+1} система уравнений (4) решается итеративно на каждом временном шаге.

На каждом временном шаге рассчитывается новый фазовый состав и учитывается изменение свойств материала в зависимости от фазового состава. Также производится вычисление теплоты, выделившейся в результате фазового превращения.

Расчет фазового состава производится путем аппроксимации термокинетических диаграмм (ТКД). Для этого на каждом временном шаге (итерации) по кривым начала и конца фазового превращения определяется, будет ли происходить фазовое превращение. При наличии превращения вычисляется процент распавшейся и образовавшейся фазы в зависимости от температуры начала фазового превращения, изменения температуры и длительности инкремента.

Определение твердости основано на аппроксимации зависимости твердости от скорости охлаждения. Вычисляется средняя скорость охлаждения узлов конечно-элементной сетки и путем аппроксимации экспериментальных данных (зависимости твердости от скорости охлаждения для исходного материала) рассчитывается твердость в конкретных узлах детали после закалки.

При анализе деформаций и напряжений в детали в процессе термообработки необходимо решать упруго-пластическую задачу, то есть применять метод конечных элементов в сочетании с теорией упругости и теорией пластичности. Эта задача усложняется тем, что распределение температур в теле изменяется с течением времени. Поэтому при анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) определяется приращение деформаций и напряжений за прошедший инкремент времени, а затем рассчитывается накопленная деформация и напряжения. Кроме того, механические свойства детали (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, предел текучести, модуль упрочнения и температурный коэффициент линейного расширения) зависят от фазового состава и температуры конечного элемента на текущем инкременте.

Условие перехода конечного элемента из упругого состояния в пластическое определяется функцией текучести Мизеса (f), которая равна разности интенсивности напряжений и напряжения текучести [5].

Связь между приращением деформацией и приращением напряжением в упругой области ($f < 0$) определяется зависимостью [5]:

$$d\sigma = [D_e] \cdot d\varepsilon, \tag{7}$$

где $[D_e]$ – матрица упругости, а в упруго-пластической области ($f = 0$) связь между приращением деформацией и приращением напряжений определяется выражением [5]:

$$d\sigma = [D_{ep}] \cdot d\varepsilon, \tag{8}$$

где $[D_{ep}]$ – упруго-пластическая матрица.

Условие равновесия в упруго-пластической области при воздействии нагрузок, вызванных температурными и структурными изменениями в детали, записывается в виде [6]:

$$[K_{ep}] \cdot \{\Delta U\} = \{Q_{th}\}, \tag{9}$$

где $\{\Delta U\}$ – вектор приращения перемещений, $[K_{ep}]$ – матрица жесткости, $\{Q_{th}\}$ – вектора нагрузок.

Матрица жесткости $[K_{ep}]$ определяется из выражения:

$$[K_{ep}] = [B]^T \cdot [D] \cdot [B] \cdot V_e, \tag{10}$$

где $[B]$ – матица геометрических характеристик.

Вектора нагрузок $\{Q_{th}\}$ рассчитывается по формуле:

$$\{Q_{th}\} = [B]^T \cdot [D] \cdot \{\varepsilon_0\} \cdot V_e, \tag{11}$$

где $\{\varepsilon_0\}$ – вектор начальных деформаций, обусловленный температурными и структурными изменениями в детали:

$$\{\varepsilon_0\} = (\beta \cdot \Delta T + \delta) \cdot [111000]^T, \tag{12}$$

где β – температурный коэффициент линейного расширения, δ – изменение размера детали вызванное фазовыми превращениями.

В выражениях (10) и (11) матрица $[D]$ равна матрице $[D_e]$ для конечных элементов, находящихся в упругой области, и равна матрице $[D_{ep}]$ для конечных элементов, находящихся в упруго-пластической области.

Далее на основании уравнения равновесия определяется вектор перемещений:

$$\{\Delta U\} = [K_{ep}]^{-1} \cdot \{Q_{th}\}, \tag{13}$$

Зная величину вектора перемещений, определяются остальные параметры НДС [6].

Так как выражение (9) справедливо для бесконечно малых приращений напряжений, то на каждом временном шаге значения напряжений уточняются методом последовательных приближений (метод начальных напряжений).

Представленная комплексная математическая модель программно реализована в составе программного комплекса ThermoSim [7], позволяющего проводить моделирование процессов термообработки.

3. Компьютерное моделирование процессов термообработки

С помощью программного комплекса ThermoSim проводилось моделирование торцевой закалки, для детали типа «вал» и закалки погружением в масло детали типа «сателлит».

В результате моделирования торцевой закалки получены распределения температур, фазового состава и твердости в объеме детали.

Как видно из *рис. 2*, деталь охлаждается быстрее с торца, так как коэффициент теплообмена воды на несколько порядков больше коэффициента теплообмена воздуха. В процессе такого охлаждения на различном расстоянии от торца (в различных сечениях) была разная скорость охлаждения и, как следствие, разный механизм фазовых превращений.

Установлено, что по мере удаления от торца, где скорость охлаждения меньше критической, образуется перлит и феррит (*рис. 3*). Аналогично получены распределения фазового состава мартенсита и бейнита в детали после торцевой закалки, из которых следует, что на торце детали, где наблюдалась наибольшая скорость охлаждения, образуется мартенсит и бейнит.

Из результатов моделирования следует, что распределение фаз в объеме детали вызывает различное распределение твердости (*рис. 4*). В частности, там, где аустенит перешел в мартенсит, наблюдается наибольшая твердость. По мере удаления от торца твердость понижается, так как в данных сечениях при фазовых превращениях аустенит превращался в феррит и перлит.

Рис. 2 .Распределение температуры (°С) на поверхности детали в процессе торцевой закалки
а) после охлаждения в течении 0,3 с; *б)* после охлаждения в течении 307,8 с

Рис. 3. Распределение фазового состава (%) на поверхности детали после торцевой закалки *а)* перлит; *б)* феррит

В ходе исследования торцевой закалки также установлен характер влияния скорости охлаждения в сечении детали на фазовые превращения и результирующую твердость, что позволяет оптимизировать процессы закалки.

По скорости охлаждения поверхности можно подобрать среду охлаждения с определенным коэффициентом теплообмена, при котором необходимо проводить закалку детали для получения требуемых свойств.

Рис. 4. Распределение твердости (HRC)
на поверхности детали после торцевой закалки

В результате моделирования закалки погружением в масло помимо распределений температур, фазового состава и твердости в объеме детали также получены распределения деформаций и напряжений. Установлено (*рис. 5*), что в той части поверхности детали, в которой на 3-й секунде охлаждения имели место сжимающие напряжения, на 80-й – преобладали растягивающие и, наоборот, там, где на 3-й секунде имели место растягивающие напряжения, на 80-й преобладали сжимающие. Это

Рис. 5. Распределение главных напряжений (МПа) в детали при закалке погружением в масло *а)* через 3 с; *б)* через 80 с

можно объяснить следующими процессами. Превращение аустенита в первую очередь начинается на поверхности детали, где температура начала распада достигается раньше, чем внутри. Так как распад аустенита сопров ождается увеличением объема, поверхностные слои расширяются. Однако расширению поверхностных слоев препятствовали внутренние слои, где распад аустенита еще не начался. Это приводит к образованию на поверхности временных сжимающих напряжений, а во внутренних слоях – растягивающих. По мере развития превращения знак значений напряжений на поверхности и во внутренних слоях изменяется. Следует отметить, что в данном случае структурные напряжения превышают значения температурных напряжений, которые относительно структурных изменяются в обратном порядке.

4. Заключение

1. С применением метода конечных элементов разработаны математические модели процесса нагрева и охлаждения деталей при термообработке и напряжено-деформируемого состояния, учитывающие фазовые превращения.
2. Для практической реализации моделей разработан программный комплекс ThermoSim, позволяющий производить комплексное моделирование процесса термообработки.
3. С помощью программного комплекса ThermoSim были исследованы и установлены закономерности торцевой закалки детали типа «вал» и закалки погружением в масло детали типа «сателлит».
4. Разработанный программный комплекс может применяться в производстве для оптимизации технологических режимов закалки и конструкций разрабатываемых деталей.

Литература

1. *Кундас С. П., Кашко Т. А.* Компьютерное моделирование технологических систем: Учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. – Мн.: БГУИР, 2002. – 168 с.: ил.
2. *Гурченко П. С.* Упрочнение при индукционном нагреве и управляемом охлаждении. – Г.: ИММФ НАНБ, 1999. – 236 с.
3. *Зенкевич О., Морган К.* Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986.
4. *Шабров Н. Н.* Метод конечных элементов в расчетах деталей тепловых двигателей. – Л.: Машиностроение, 1983. 212 с.
5. *Морозов Е. М., Никишков Г. П.* Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, 1980.
6. *Жарков В. А.* Visual C++ на практике. М.: Издательство «Лаборатория Базовых Знаний», 2002.–424 с.: ил.
7. *Кундас С. П., Тонконогов Б. А., Левашкевич Я. С., Лемзиков А. В., Гишкелюк И. А., Гурченко П. С.* Программный комплекс для моделирования процесса закалки стальных деталей // Технология, оборудование, автоматизация, неразрушающий контроль процессов нагрева и упрочнения деталей на машиностроительных предприятиях / Сб. научн. трудов под ред. П. С. Гурченко. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. 163 с. Ил. С. 105 – 109.

©БГТУ

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

***С. А. ГЛЯКОВ*, Г. С. БОКУН**

Mathcad is used to develop programs for designing various mechanisms. Several examples are considered

Ключевые слова: проектирование, компьютерная механика, Mathcad, механизм

В настоящее время наиболее часто задачи проектирования механизмов решаются графическими или аналитическими методами. Однако графические методы требуют больших затрат времени и не позволяют получить высокую точность результатов, а аналитические методы применимы лишь для простых механизмов. Эти недостатки отсутствуют у численных методов проектирования механизмов, так как они применимы к механизмам любой сложности и дают достаточно точные результаты при соответствующем выборе шага. Кроме того, численные методы наиболее удобны для проектирования механизмов на компьютере [1; 2; 3].

Работа посвящена актуальной проблеме использования и внедрения в инженерную практику информационных технологий. Рассматривается возможность осуществлять исследование и проектирование рычажных механизмов любой сложности и конфигурации численными методами на компьютере. Цель работы заключается в составлении программы, при помощи которой можно было бы достаточно быстро и точно осуществлять исследование и проектирование рычажных механизмов. В качестве среды программирования используется широко известный математический пакет Mathcad, последние версии которого допускают создание видеофайлов, что является наглядным и удобным средством при анализе результатов [4].

Задачей динамического проектирования рычажных механизмов является подбор маховика, обеспечивающего необходимый уровень коэффициента неравномерности движения, и определение сил, действующих в кинематических парах. Для решения этой задачи сначала по методу замкнутых контуров для каждой группы Ассура составляются системы уравнений, определяющие расположение и ориентацию всех звеньев механизма. Такие системы решаются в Mathcad автоматически для каждого

положения начального звена с использованием оператора Given–Find. Проверкой правильности решения является создание анимации движения механизма по результатам решения систем. Имея данные об изменении положений звеньев в зависимости от угла поворота начального звена (функции положения), можно определить аналоги скоростей и ускорений путем численного дифференцирования функций положения. Затем, с использованием данных о силе полезных сопротивлений, массах и моменте инерции звеньев механизма осуществляется подбор двигателя и маховика, обеспечивающих заданный уровень коэффициента неравномерности движения. После подбора двигателя и маховика выполняется силовой расчет механизма путем составления систем уравнений динамического равновесия механизма с учетом сил инерции. По результатам решения этих систем осуществляется оценка погрешностей вычислений (получается меньше 0,01 %) и оценка усилий, возникающих в шарнирах.

Таким образом, использование предложенного подхода сокращает время проектирования механизма, уменьшает погрешности и вероятность допущения ошибки по сравнению с графо-аналитическими методами.

Литература

1. *Фролов К. В., Попов С. А., Мусатов А. Х.* и др. Теория механизмов и машин, М.: Высшая шк., 1987 г.
2. *Левитский Н. И.* Теория механизмов и машин М., 1979.
3. *Попов С. А., Тимофеев Г. А.* Курсовое проектирование по теории механизмов и машин, М.: Высшая школа, 2002.
4. *Кирьянов Д. А.* Самоучитель Mathcad 2001, Санкт-Петербург.: БХВ – Петербург, 2003.

©БГТУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ИЗДЕЛИИ ПРИ КАЛАНДРОВАНИИ И СИНТЕЗ АСР ТЕМПЕРАТУРЫ

***Ю. В. КИЛБАС*, Д. С. КАРПОВИЧ**

The purpose of the given work – to show qualitative application of mathematical numerical methods in the chemical industry. In work examples of the systems describing chemical process, a method of their decision by numerical methods with the help of programming in mathematical package MATLAB. transfer function, transitive characteristic of model are submitted was received and is designed PID – controller for a systems of automatic control

Ключевые слова: каландрование, математическая модель, передаточная функция, регулятор

Математическая модель неизотермического каландрования строится в предположении, что реологические свойства полимера могут быть описаны степенным уравнением. Кинематическая картина движения и все упрощающие предположения остаются такими же, как в случае симметричного вальцевания псевдопластичной жидкости. С учетом этих допущений в математическую модель входят уравнения движения, уравнение неразрывности, уравнение теплопроводности, реологическое уравнение, а также начальные и граничные условия [1].

Было рассмотрено влияние процессов конвекции и теплопроводности, вариации реологических и теплофизических характеристик полимера на профиль температурного поля, а также влияние основных технологических параметров на температурное поле в области деформации.

В результате исследования были получены следующие характеристики:

1. Графическая зависимость расстояния между валками каландра от координаты входа x;
2. Зависимость скорости по координатам x и y от координат x и y.

Исходя из проведенных исследований и построений промежуточных характеристик, было проведено моделирование процесса неизотермического каландрования и получена зависимость изменения температурного поля по сечению между валками каландровальной машины от координат входа.

Так как решение дифференциальных уравнений, описывающих данный процесс, аналитическими методами невозможно, то оно было получено численным методом, используя реализацию алгоритмов Рунге-Кутта, Адамса-Бешфорса-Маултона и Милна-Симпсона [2].

Изучив влияние параметров режима каландрования на температурное поле и сопоставив каландровальную машину с теплообменным аппаратом, была получена передаточная функция каландра по каналу расход пара – температура валков машины.

С помощью пакета SIMULINK приложения MATLAB была получена переходная характеристика модели каландровальной машины.

Исходя из полученной передаточной функции, был проведен расчет ПИД-регулятора для САУ. При этом методика расчета регулятора состояла из двух частей: приблизительного расчета параметров по общепринятой методике и последующего расчета методом Монте-Карло для определения оптимальных параметров настройки регулятора [3].

Литература

1. *Торнер Р. В.* Теоретические основы переработки полимеров (механика процессов). М., «Химия», 1977, с. 409.
2. *Метьюз Д. Г., Финк К. Д.*, Численные методы. Использование MatLab. М.: Вильямс, 2001, с. 553.
3. *Потемкин В. Г.*, Система MATLAB. Справочное пособие. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 1998, с. 120–135.

©БГУИР

КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАЯЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

***В. Г. КУДРИК*, В. Л. ЛАНИН**

A system of automatic temperature test of mounting soldering station and infrared plants has been developed. A method of temperature's numeralization has been developed and a software linearization of converter's characteristic has been done

Ключевые слова: компьютер, температура, измерение, паяльные станции

1. Введение

При проектировании современных радиоэлектронных средств (РЭС) необходимо одновременно повышать надежность и сокращать затраты на производство. В разрешении этих взаимоисключающих задач особое внимание уделяется процессам формирования электрических монтажных соединений. Паяное соединение является наиболее слабым местом микроминиатюрных и особо мощных изделий. Так, для миниатюрных изделий отклонение от номинальных размеров вследствие нарушения технологических процессов, приводит к замыканию соседних контактов интегральных микросхем или обрыву. Эти дефекты носят мгновенный характер – их легко обнаружить и исправить на этапах контроля.

Для особо мощных РЭС ситуация иная – вследствие некачественного паяного соединения обрыв или замыкание происходит не сразу, а с истечением некоторого промежутка времени. Такой дефект невозможно или очень сложно определить на этапе контроля. Исправление повреждения в рабочих или полевых условиях затруднено в виду необходимости применения специального инструмента.

В технологии создания РЭС поддержание на заданном уровне температуры жала паяльника является весьма важной задачей, поскольку при формировании электромонтажных соединений на печатных платах с использованием микросхем, полупроводниковых приборов и функциональных элементов, термочувствительных и критичных к нагреву, возможен выход из строя дорогих и дефицитных элементов, снижение надежности изделия. Особенно критична к температурному режиму ручная пайка паяльником. Целью данной работы является создание устройства, позволяющего с помощью компьютера производить контроль и регулирование температуры различного рода паяльных станций: монтажных паяльников или ИК установки конвейерного типа.

2. Разработка автоматизированной системы регулирования температуры

Автоматизированная система должна обеспечивать погрешность измерения температуры не более 1°С, а также ее поддержание в холостом режиме (без циклов пайки) не более 3 °С. Для нагревательного элемента можно использовать питание постоянного напряжения 36–110 В со средней мощностью 25 Вт на каждый паяльник или нагревательный элемент в случае для установки ИК пайки. Нагрев должен обеспечить регулируемую температуру в зоне пайки 180 – 400 °С. Период снятия показаний с датчиков и отдания команды на модуль нагревания 0,5–2 с в зависимости от количества используемых паяльников или нагревательных элементов.

В качестве структурной схемы автоматизированной системы регулирования температуры выбрана паяльная станция с компьютерным контролем температуры, программное обеспечение которой должно учитывать все основные параметры. Она должна иметь блок предсказания поведения температуры на основе предыдущих показаний датчиков, возможность сразу же ее и испытать, проверить, откорректировать. Для снижения себестоимости паяльной станции к одному компьютеру подключаются сразу несколько паяльников, поэтому в согласующем устройстве станции необходим дешифратор для выбора паяльника или нагревательного элемента, с которым будет происходить обмен информации.

Обмен данными в паяльной станции должен быть двунаправленным – датчик от каждого паяльника должен сообщить компьютеру о своей температуре, а компьютер должен на основании расчетов и данных должен определить, в каком состоянии находиться паяльнику: нагреваемом или нет.

Так как лучшие паяльники со встроенными управляющими элементами не способны изменять свое состояние быстрее чем за 5..10 секунд, то для обеспечения требуемой точности и стабильности поддержания температуры необходимо проводить опрос не реже чем каждые 2 секунды (*рис. 1*).

Рис. 1. Временная диаграмма работы нагревателя

Для преобразования температуры в числовой код использована микросхема генератора линейно изменяемого напряжением (ГЛИН) К564ГГ1, которая генерирует последовательность импульсов с частотой пропорциональной входному напряжению.

Суть измерения температуры состоит в том, что компьютер подсчитывает количество импульсов, пришедших на параллельный порт LPT1 за время между двумя соседними импульсами внутреннего генератора. Для нормальной работы необходимо, чтобы этот генератор тактировался от кварцевого резонатора. Подходящим средством является прерывание INT 8, которое каждые 55 мс (18 Гц) увеличивает на единицу 32 разрядный счетчик по фиксированному адресу. Таким образом, мы получаем возможность 9 раз в секунду производить опрос датчиков. Периоды и этаны работы представлены на *рис. 2*. Вычислительную мощность компьютера при готовой программе следует выбирать такой, чтобы длительность времени ожидания прихода следующего тактирующего импульса была в пределе 20..30 мс. Слишком малую длительность не следует выбирать исходя из того, что, внеся в основную программу небольшое или значительное усовершенствование, можно пропустить такт прерывания INT 8. В результате длительность периода считывания показаний с датчика может увеличиться с 110 мс до 165 или даже 220 мс, что ухудшит параметры паяльной станции. При слишком большой величине времени ожидания прихода следующего тактирующего импульса мы получим неэффективное использование процессорных ресурсов компьютера, но будем иметь значительный запас по усовершенствованию и усложнению программы.

Рис. 2. Диаграмма времени работы подпрограмм в программе

Рис. 3. Схема устройства контроля и управления температурой паяльных станций

Так как связь с каждым нагревательным элементом составляет 1/8 или 1/16 от всего времени работы, то необходимо блок управления каждым нагревательным элементом оснастить памятью, которая будет хранить состояние (нагреваемое или не нагреваемое) в течении 7/8 или 15/16 от периода. Это позволит для обеспечения одной и той же требуемой средней мощности на нагревательном элементе пропускать через него ток в 8 и 16 раз соответственно меньше. Сопряжение можно осуществить по схеме, приведенной на *рис. 3.*

3. Алгоритм работы системы

Система компьютерного контроля и управления температурой паяльных станций выполняет следующие функции:

- преобразование температуры с датчиков в числовой код или последовательность импульсов,
- обработка результатов измерения в зависимости от рода работы и типа паяльной станции,
- передача данных на модуль управления нагревом.

Разработанная система может обслуживать различные типы паяльных станций; ИК установки конвейерного типа высокой производительности.

В первом случае для обработки необходим компьютер с невысокой вычислительной мощностью так как будет происходить обработка результатов на базе пороговой логики: температура выше некоторого значения – отключается нагрев, температура выше другого значения – включается нагрев. Производить анализ состояния температуры на датчиках за предыдущие моменты не имеет смысла, потому что невозможно получить улучшенную стабилизацию температуры из-за инерционности жала, высокой скорости пайки – период цикла пайки значительно ниже, чем время, за которые паяльник сможет нагреться на 5…15°С. К достоинствам метода можно отнести предельную простоту работы, независимость от рода и характера работ. Недостаток: высокая амплитуда колебания температур и возможность выхода из зоны оптимальной пайки.

Проведя анализ изменения температуры можно придти к выводу, что выход за верхний предел оптимальной зоны маловероятен, так как максимальная скорость нагрева определяется только конструкцией и мощностью паяльника. Эти значения постоянные и могут быть внесены в разряд констант в программе. Выход за нижнюю область оптимальной зоны более вероятен, так как он зависит от внешних условий и теплоемкости. В последнем случае может происходить потеря температуры паяльника с большой скоростью, которую не сможет скомпенсировать теплоемкость жала и слишком поздно включившийся нагрев паяльника.

На *рис. 4* приведен алгоритм работы установки с разнесенными порогами. При увеличении разницы между порогами будет происходить волнообразное колебание температуры (но в зоне оптимального нагрева) даже при отсутствии циклов припаивания-нагрева. Это объясняется тем, что нагрев будет происходить только тогда, когда температура слишком сильно понизится, и отключаться тогда, когда перегреется.

Рис. 4. Алгоритм работы с разнесенными порогами при обслуживании паяльников

Разработан метод интеллектуального управления установкой (*рис. 5*). Его особенностью является автоматическое переключение порогов удержания Ту1 и Ту2 для интенсивной пайки и малоинтенсивной (или простаиванию инструмента) соответственно.

При простаивании или пайке маломощных элементов, когда требуется снизить энергопотребление или достичь оптимальной температуры при пайке маломощных элементов, особо критичных к температурному перегреву, система удерживает температуру в зоне Ту2.

В момент пайки элемента или изделия с высокой теплоемкостью происходит быстрое уменьшение температуры жала. Когда температура становится меньше Ту2, включается нагрев, но это все равно не позволяет скомпенсировать теплоемкость паяемого элемента. Когда температура уменьшится до значения Тпер2, то компьютер воспримет это как пайку мощного элемента и теперь он будет удерживать температуру в зоне Ту1, которая значительно больше Ту2, и может быть больше T_oмах (но не обязательно). Значительное увеличение температуры при пайке теплоемких элементов позволит избежать эффекта «припаивания» паяльника к элементу, улучшит прогрев элемента. В итоге повысится качество паяного соединения, несмотря на то, что мы могли или превысили максимальное значение зоны оптимальной температуры.

Рис. 5. Метод интеллектуального управления

Для перехода системы в режим удержания температуры у Ty2, ей необходимо, чтобы температура некоторое количество циклов включения-выключения нагрева не опускалась ниже значения Tпер1. Это соответствует тому, что монтажник в это время не выполнял действия по пайке теплоемких элементов.

4. Заключение

Разработаны структурные и электрическая принципиальная схемы автоматизированной системы контроля температуры паяльных станций. Разработаны алгоритмы исследования зависимости скорости нагрева паяльников от потребляемой мощности, длины жала, конфигурации нагревательного элемента, и ИК установки в зависимости от напряжения, формы отражателя, расстояния от лампы до зоны пайки, типа используемых ламп.

Литература

1. *Автоматизация* технологического оборудования микроэлектроники / *А. А. Сазонов, Р. В. Корнилов, Н. П. Кохан* и др.; Под ред. *А. А. Сазонова*. - М.: Высш. шк., 1991.
2. *Русак И. М., Луговский В. П.* Технические средства ПЭВМ. Справочник / Под ред. *И. М. Русака.* – Мн.: Выш. шк., 1996.
3. *Кудрик В. Г., Ланин В. Л.* Статистическое моделирование технологических процессов сборки электронных блоков. - Известия белорусской инженерной академии. - №1(13)/2. - 2002.
4. http://www.Intel.com
5. http://www.iso.com

БНТУ

УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С УЧЕТОМ ЭВОЛЮЦИЙ СТРУКТУРНОЙ МИКРОНЕОДНОРОДНОСТИ РАСПЛАВОВ

***А. В. АРАБЕЙ*, И. В. РАФАЛЬСКИЙ**

The temperature dependence of melts properties of Al-Si alloys with the silicon content up to 16 % (masses) and influence of a temperature of alloys in liquid state on a structure and properties of cast metal was investigated. The temperature modes of preparation of cast aluminum alloys in liquid state ensuring dispersible phases under crystallizing and mechanical properties increase of cast metal were established. The temperature processing of alloys in liquid state leads to modification of the form, sizes and character of distribution of primary, intermetallic and eutectic phases in alloys. The formalized model of evolutions of states for metal systems is offered

Ключевые слова: структура, свойства, расплав, жидкое состояние

Современные теории структурообразования сплавов объясняют влияние жидкого состояния на структуру и свойства литых изделий процессами образования областей микронеоднородного строения, протекающими в жидкой фазе, и передачей структурной информации от расплава литому изделию. При этом жидкое состояние сплава может существенно изменяться в зависимости от условий плавки (температуры и скорости нагрева и охлаждения, времени выдержки при определенной температуре и т.п.). Эти изменения фиксируются аномальными отклонениями различных физико-химических свойств расплавов (вязкости, плотности, электрического сопротивления и др.). Однако, несмотря на большой научный и практический интерес к проблеме структурной организации жидких металлических систем, природа протекающих в расплавах структурных превращений до конца не ясна. Открытыми, в частности, остаются вопросы о способах упорядочения атомов металлической жидкости, влиянии той или иной структурной организации расплава на процесс кристаллизации, морфологию, размер, характер распределения кристаллизующихся фаз, и, в конечном итоге, на структуру и свойства литого изделия.

Использование методов высокотемпературных исследований позволило получить данные об изменениях структурночувствительных свойств расплавов системы Al-Si при изменении температуры. На политермах плотности сплавов в жидком состоянии (как при нагреве, так и при охлаждении) обнаружены характерные изломы, свидетельствующие о протекающих структурных перестройках в жидкой фазе. Процессы изменения структурной организации, протекающие в жидкой фазе при изменении температуры, влияют на параметры кристаллизации, структуру выделяющихся при кристаллизации фаз и свойства литых изделий. В зависимости от режима температурной обработки исследованных сплавов происходит изменение формы, размеров и характера распределения первичных кристаллов, интерметаллидных, эвтектических фаз, а также механических свойств – предела прочности при растяжении и относительного удлинения.

Полученные результаты можно объяснить влиянием протекающих в жидкой фазе изменений структурной организации металлической системы на атомарном уровне. В жидкой фазе интенсивность колебательных движений атомов металлической системы такова, что угловые соотношения между ними (в зависимости от температуры) могут изменяться в широком диапазоне. Однако при этом между атомами сохраняется энергетически выгодное расстояние, соответствующее минимальной энергии взаимодействия для данной температуры и состава и соответствующий им (энергетически выгодный) тип структурной организации системы.

Практическая значимость результатов проведенных исследований определяется возможностью выбора оптимальных температурных режимов плавки промышленных сплавов, обеспечивающих получение литых изделий гарантированного качества как в существующих технологических процессах, так и при разработке новых процессов производства литейной продукции.

©БГАТУ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

***А. А. ВИТКОВСКИЙ*. И. Р. ЛУКЬЯНОВИЧ**

The purpose of the project is CAPP of repair and restoration of details of machines. The created database is integrated with CAPP «КОМПАС-Автопроект» which is used in a rate «CAPP» at faculty «Technical service in agrarian and industrial complex» BSATU. The Help of the equipment and the materials used in repair manufacture, subsystem of classification of defects of details and surfaces under the geometrical form, operating conditions and wear processes in connection is developed. The subsystem repair allows to project technological processes of restoration of details in the following modes: on the basis of PP-analogue, on the basis of library of typical operations and transitions, in an operating mode with duplicating technologies, in a mode of automatic completion typical technology, in a dialogue mode, by step-by-step data input

Ключевые слова: САПР, технология, ремонт, восстановление, дефектация

1. Введение

В условиях рыночного хозяйства и конкуренции производителей, постоянно расширяющейся номенклатуры выпускаемых изделий, важнейшей задачей ремонтно-обслуживающих предприятий является сокращение сроков технологической подготовки производства (ТПП). Степень проработанности и форма представления технологической документации должна соответствовать требованиям ГОСТов и международным стандартам оформления документации.

Использование САПР ТП ремонтно-обслуживающими предприятиями позволит:

- повысить качество технологической документации;
- сократить трудоемкость и сроки технологической подготовки производства (ТПП);
- организовать машинный архив проектной документации и документооборот в сети ЭВМ;
- взаимодействовать с САПР конструкторской подготовки производства и управления предприятием;
- готовить любые формы проектных документов;
- работать с нормативно-справочной информацией;
- в полной мере производить заимствование ранее принятых технологических решений.

Для решения этих задач служат САПР технологического проектирования (САПР ТП), десятки лет успешно эксплуатируемые на машиностроительных предприятиях. Приходится, однако, констатировать, что автоматизация разработки технологической документации на ремонт и восстановление не реализована в действующих САПР ТП.

2. Задачи системы «Ремонт»

Входными данными для САПР ТП ремонта и восстановления (*рис.1.*) является конструктивное описание ремонтируемого изделия и сведения о его неисправностях. Выходная информация представляет собой технологическую документацию на ремонт изделия.

Рис. 1. Функциональная модель подсистемы

Рис.2. Иерархические уровни системы

Для реализации этой функциональной модели необходимо решить следующие задачи: автоматизировать работу с классификатором дефектов деталей и поверхностей по геометрической форме, условиям работы и изнашивания в соединении, со справочником средств дефектации деталей, со справочник материалов, применяемых в ремонтном производстве; разработать справочную систему способов восстановления с их характеристиками и средств технологического оснащения ремонтного производства.

Важнейшим этапом при решении всех вышеперечисленных задач является разработка баз данных, содержащих объекты, используемые для хранения, организации и обработки данных.

Рис. 3. Алгоритм Формирования кода видов дефектов детали в целом и ее поверхностей

3. Структура системы и назначение ее элементов

Структура реализованной системы (*рис.2*) имеет четыре основных иерархических уровня: «деталь» – «дефект» – «операция» – «переход», и четыре уровня, используемых для применения дополнительных возможностей при формировании технологической документации.

На уровне «деталь» содержится информация о восстанавливаемой детали в целом (наименование, разработчик, дата, материал, код дефект ов детали, и.т.д). Уровень «дефект» содержит перечень возможных дефектов детали, способы дефектации и восстановления каждого дефекта. «Операции» определяют перечень восстановительных операций, с указанием оборудования, норм времени, разряда работы и.т.д. На уровне «переходы» перечислены тексты переходов, режущие инструменты, приспособления, режимы резания и др., подчиненные одной операции. «Эскизы» включают список файлов системы КОМПАС-ГРАФИК, которые вставляются посредством механизма OLE-Automation в карты эскизов. «Контроль» содержит данные, которые используются при формировании карты контроля. «Карты» определяют применимости операции в различных типах технологических карт. «Комментарий» включают текст, используемый при формировании карт с комментариями (МОК, МОКК).

3.1 Классификатор дефектов деталей и поверхностей

Отраслевой классификатор дефектов деталей и поверхностей по геометрической форме, условиям работы и изнашивания в соединении связывает геометрию детали, возможные дефекты и технологию ее вос-

Рис. 4. Структура справочника средств дефектации

Рис. 5. Структура справочника способов восстановления

Рис 6. Структура справочной системы СТО

становления [1]. На его базе нами создана система интерактивного кодирования дефектов присущих детали в целом и отдельным ее поверхностям.

На основании кода дефектов и информации о методах и средствах контроля можно в автоматическом режиме получить базовый технологический процесс дефектации (за исключением эскизов), и доработать в интерактивном режиме.

Полученный код используется также при поиске ТП-аналога, выборе способов восстановления и библиотечных операций. Кодирование детали производится по алгоритму, представленному на *рис. 3.*

3.2 Справочник средств дефектации деталей

Справочник средств дефектации деталей состоит из шести разделов: средства измерения размеров деталей, средства контроля отклонения формы, средства контроля отклонения расположения поверхностей, средства контроля параметров шероховатости, средства контроля твердости поверхностей, средства контроля целостности деталей. Его структура показана на *рис*. 4

3.3 Справочная система способов восстановления

Справочная система способов восстановления включает пятнадцать разделов: сварка, наплавка, нанесение газотермических покрытий, холодное пластическое деформирование, горячее пластическое деформирование, гальванические процессы, нанесение полимерных материалов, применение ремонтных размеров, применение дополнительных деталей, проведение химико-термических процессов, электромеханическая обработка, электрофизическая обработка, электрохимическая обработка, пайка, термическая обработка. Структура справочника способов восстановления представлена на *рис*. 5.

Выбор способа восстановления осуществляется по следующим показателям:

- технологическим (величина и характер износа материала детали и ее конструктивные особенности);
- техническим (сцепляемость, износостойкость, усталостная прочность, микротвердость);
- экономическим (удельные трудоемкость, себестоимость, расход материала и энергоемкость).

При запуске процедуры выбора способа восстановления из поля Kod_Def извлекается код дефекта детали, из поля Det_Rem.db – информация о детали. На их основе производится выборка записей (по технологическому критерию) удовлетво-

Рис. 7. Алгоритм разработки ТП восстановления с использованием созданной системы

ряющих условию ID Sposob=FID Def из таблицы Sposob. В таблице Sposob также хранится информация о технических и экономических характеристиках, на основании которой пользователь принимает решение о выборе способа.

3.4 Справочная система средств технологического оснащения

Справочная система средств технологического оснащения состоит из пяти разделов: подготовка деталей к восстановлению, нанесение покрытий, формоизменение, механическая и упрочняющая обработка, контроль качества, консервация, упаковка, транспортирование и складирование.

Структура справочной системы оборудования (СТО) представлена в виде графа (*рис. 6*) упорядочивающего оборудование по технологическому назначению и связывающего его с операциями и переходами.

3.5 Справочник материалов

Справочник материалов содержит сведения о материалах, применяемых при ремонте и восстановлении деталей: полимеры, электроды, флюсы, сварочная и наплавочная проволока, порошковая проволока и лента, порошки, защитные газы, растворы, эластомеры и клеевые составы, припои, сплавы др.

Рис. 8 Функциональная ER-диаграмма системы «сущность-связь»

4. Разработка ТП восстановления

Разработка ТП восстановления производится по алгоритму, представленному на *рис.7*. Первый этап – описание восстанавливаемой детали и кодирования дефектов ее поверхностей. Затем выбираются доступные способы устранения дефектов (по технологическому критерию). Пользователь в интерактивном режиме подбирает рациональный способ для каждого дефекта.

Далее формируются технологические операции восстановления по признаку принадлежности операции к способу устранения дефекта и определяется их последовательность. Затем описываются переходы – пользователь указывает тексты, материалы, приспособления и режимы обработки.

При необходимости к операции подключаются эскизы, вводятся данные для формирования карты технологического контроля, создаются комментарии (произвольный текст), на основе чего можно формировать маршрутную и маршрутно-операционную карту, задается информация о применяемости каждой операции в различных типах технологических карт.

После этого запускается процедура автоматического формирования комплекта технологической документации в формате MS EXCEL.

6. Интеграция базы данных в систему «КОМПАС-АВТОПРОЕКТ»

Создание базы данных начиналось с определения функции системы, выявления сущностей и установления связи между ними. Затем создавалась функциональная диаграмма «сущность-связь», которая впоследствии была нормализована до третей нормальной формы для повышения производительности и устранения избыточности.

Для интеграции базы в КОМПАС-Автопроект были изменены системные файлы конфигурации и добавлены составляющие приложения. На основании ER-диаграммы «сущность-связь» представленной *на рис. 8*, средствами пакета Erwin были сгенерированы таблицы формата dbf, подключаемые к новой подсистеме «Ремонт». Затем был настроен интерфейс системы. На заключительной стадии интеграции были написаны программы на языке SQL, встраивающие подсистему в «КОМПАС-Автопроект».

6. Заключение

Созданная база данных, интегрированная в «КОМПАС-Автопроект», позволяет комплексно решать задачи формирования ТП ремонта и восстановления деталей машин, повысить качество проектов, сократить трудоемкость и сроки ТПП, организовать машинный архив проектной документации и безбумажный документооборот в сети ЭВМ, осуществлять интеграцию с системами конструкторской подготовки производства и управления предприятием.

Литература

1. Надежность и ремонт машин / Под ред. *В.В. Курчаткина* – М.: Колос, 2000. – 775 с.
2. Ремонт машин / Под ред. *Н.Ф. Тельнова*– М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1, Т2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
4. *Батищев А. Н., Голубев И. Г., Лялякин В. П.* Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1995. – 296 с.
5. *Молодык Н.В., Зенкин А.С.* Восстановление деталей машин. Справочник. – М.
6. *Калянов Г.Н.* CASE. Структурный системный анализ (автоматизация и применение). М., «Лори», 1996.
7. *Горин С.В., Тандоев А.Ю.* Применение CASE-средства Erwin 2.0 для информационного моделирования в системах обработки данных. «СУБД», 1995, №3.

©ПГУ

ТЕХНОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТВЕРДЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

***Н. Л. ГРЕЦКИЙ*, А. А. ЛЫСОВ, М. Л. ХЕЙФЕЦ**

The dynamic model spindle node of the hand drill and drilling installation with a timbered ring diamond drill surveyed. Own frequencies and forms of oscillations spindle node are determined at wimbling concrete designs on the basis of which rational regimes of machining of firm nonmetallic materials at which durability of the tool and quality of the processed surface increase are received

Ключевые слова: алмазное кольцевое сверло, жесткость и виброустойчивость

Для разнообразных условий получения отверстий в твердых неметаллических материалах используют сверла различной конструкции, инструментальные материалы с различной концентрацией алмазов. Обычно применяют трубчатые и кольцевые сверла, так как их конструкции характеризуются малыми усилиями сверления и образуют минимальное число сколов на выходе сверла [1; 5]. Конструктивной особенностью алмазных кольцевых сверл является превышение толщины алмазоносного слоя над толщиной корпуса в пределах 0,2–1,0 мм [4]. Образующийся при сверлении зазор между корпу-

Рис. 1. Алмазное кольцевое сверло:
1 – алмазосодержащая часть; *2* – корпус;
3 – хвостовик, *D* – диаметр сверла; *L* – длина сверла;
l и *S* – толщина и высота
алмазосодержащего слоя соответственно

Рис. 2. Оправка для крепления алмазного сверла в шпинделе станка: *1* – штуцер; *2* – полость; *3* – манжета

сом сверла и стенками отверстия обеспечивает удаление шлама смазочно-охлаждающей жидкостью, подаваемой через внутреннюю полость сверла [8]. Для изготовления этих инструментов применяют абразивные зерна естественного или искусственного происхождения, которые обладают широким диапазоном твердости и способностью резания (царапания) на металлических связках, поскольку износ алмазных инструментов на металлических связках происходит медленнее, чем на других связующих, так как она обладает высокой износостойкостью, водостойкостью, температурной и химической стойкостью, плотной структурой [2; 11].

Наиболее эффективным устройством для получения режущих элементов кольцевой формы является устройство с вертикальной схемой центробежной пропитки свободно засыпанного алмазного сырья расплавом металла-связки и дополнительным вибровоздействием. При этом получение алмазосодержащего материала в режиме центробежного формования и пропитки позволяет за счет сохранения исходных свойств алмазного порошка и максимального количества алмазов в объеме заготовки обеспечить высокие эксплуатационные свойства инструмента [3; 6; 10].

Для обработки бетона разработана оптимальная конструкция кольцевого алмазного сверла (см. *рисунок* 1) и конструкция оправки (см. *рисунок* 2). Наличие конусной части и резьбы на хвостовике обеспечивает точную посадку и надежное крепление сверла в оправке станка [1]. Обязательным условием для эффективного сверления твердых неметаллических материалов является охлаждение зоны резания.

С этой целью в оправках для крепления сверл (см. *рисунок* 2) предусмотрены соответствующие каналы, через которые СОЖ подается в полый корпус сверла под определенным давлением. Обычно продольное перемещение алмазного кольцевого сверла при получении отверстий в твердых неметаллических материалах осуществляется ручной подачей (см. *рисунок* 3, *а*). В результате чего сила и скорость продольного перемещения сверла не зависит от неоднородности обрабатываемого материала, что приводит к снижению стойкости инструмента из-за интенсивного разрушения режущей части сверла. Этот недостаток можно устранить, используя установку с гравитационной подачей (см. *рисунок* 3, *б*), которая позволит сверлить отверстия с подачей в зависимости от неоднородности обрабатываемого материала.

Рис. 3. Кинематические схемы установок для сверления твердых неметаллических материалов: с ручной подачей (*а*), с гравитационной подачей (*б*)

В процессе сверления шпиндель установки приводится во вращение от электродвигателя. Вместе с вращением шпинделю передаются некомпенсированные колебания, биение инструмента, вибрация и другие возмущения. При совпадении собственной частоты шпинделя с закрепленным инструментом и частоты внешних возмущений в колебательном контуре технологической системы создаются условия для поддержания колебаний на резонансном уровне [7; 9]. Изучение закономерностей собственных колебаний шпинделя и инструмента, их форм и частот позволяет дать рекомендации по обработке твердых неметаллических материалов, которые позволят повысить качество и производительность алмазно-абразивной обработки и снизить интенсивность износа алмазных кольцевых сверл.

Решение поставленной задачи рассмотрим на примере динамической модели шпиндельного узла с кольцевым сверлильным инструментом, расчетная схема которой (см. *рисунок* 4) представляет собой консольную балку на двух радиальных опорах в точках *A*, *B* и осевой опоре в точке *C*. На консоли в точке *O* закреплен инструмент радиусом *R*. Длина консоли $l_1 = |OA|$. Длина пролета между опорами *A* и *B* $l_2 = |AB|$. Диаметр консольной части d_1, пролета d_2, плотность материала шпинделя ρ'.

Рис. 4. Расчетная схема колебаний в динамической модели шпиндельного узла с инструментом

К инструменту приложены главная P_z и отжимающая P_y, составляющие силы резания. Колебательные движения шпиндельного узла описываются в обобщенных координатах δ_i; перемещениями: δ – относительно точки *O*, δ_A – относительно точки *A*, δ_B – относительно точки *B*, δ_{oc} – относительно точки *C*; для сосредоточенных масс m_i: *M* – инструмента, приведенного к точке *O*; $m_o = \pi\rho' d_1^2 l_1 / 8$ – части консоли, приведенной к точке *O*; $m_A = \pi\rho'\left(d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2\right)/8$ – частей консоли и пролета, приведенных к точке А; $m_B = \pi\rho' d_2^2 l_2 / 8$ – части пролета, приведенной к точке *B*.

Реакции упругодеформированных опор (см. *рисунок* 4) представим зависимостями для опоры в точке *A*: $R_A = P_z\left(1 + l_1/l_2\right) - P_y R / l_2$, для опоры в точке *B*: $R_B = P_z l_1 / l_2 - P_y R / l_2$, для осевой опоры в точке *C*: $R_{OC} = P_y$.

Математическое описание динамической модели шпиндельного узла с инструментом представим системой дифференциальных уравнений Лагранжа второго рода для обобщенных координат δ_i

$$\frac{d}{d\tau}\left(\frac{\partial K}{\partial \delta_i}\right) - \frac{\partial K}{\partial \dot{\delta}_i} + \frac{\partial П}{\partial \delta_i} = 0,$$

где τ – текущее время; *K* – кинетическая, *П* – потенциальная энергия системы.

Опишем потенциальную и кинетическую энергии системы матрицами жесткости и масс для квадратичных форм обобщенных координат δ_i и скоростей $\dot{\delta}_i$ с постоянными коэффициентами.

Для определения формы и частоты собственных свободных колебаний инструмента и шпинделя нужно найти собственные числа и собственные векторы матрицы $K^{-1}П$.

Собственные частоты ω_i радиальных колебаний инструмента и шпинделя инструмента определяются через собственные числа λ_i матрицы $K^{-1}П$: $\omega_i = \sqrt{\lambda_i}$.

На основе экспериментальных данных применительно к динамической модели были проведены расчеты для разных типоразмеров инструментов, закрепленных на шпинделях специальных установок и для различных режимов обработки отверстий.

В *таблице* 1 представлены исходные данные, описывающие типоразмеры инструмента *R,M* и шпинделя l_1, l_2, d_1, d_2, распределение нагрузок P_z, P_y и расчетные значения собственных частот ω_1, ω_2, ω_3.

Экспериментальные данные по

Таблица 1. **Расчет параметров шпиндельных узлов с инструментами при сверлении**

Размеры, коэффициенты, параметры, значения	Конструкции шпиндельных узлов с кольцевым инструментом при различных нагрузках			
	I	II	III	IV
R, м	0,04	0,04	0,05	0,05
M, кг	1,5	1,5	2,0	2,0
Pz, Н	60	100	60	100
Py, Н	300	500	300	500
l_1, м	0,20	0,20	0,30	0,30
l_2, м	0,080	0,080	0,010	0,010
d_1, м	0,020	0,020	0,025	0,025
d_2, м	0,015	0,015	0,020	0,020
ω_1	36	60	55	96
ω_2	47	79	44	73
ω_3	220	367	225	344

Рис. 5. Расчетная схема осевых колебаний динамической модели алмазного кольцевого сверла в шпиндельном узле

возбуждению колебаний шпиндельного узла при алмазном шлифовании близки к расчетным соотношениям *таблицы* 1.

В *таблице* 2 представлены формы собственных радиальных колебаний шпиндельного узла с инструментом, соответствующие расчетным значениям частот собственных колебаний ω_1, ω_2, ω_3.

Для определения закономерностей колебаний шпинделя с инструментом необходимо иметь амплитуды колебаний, которые находятся при заданных начальных условиях для обобщенных координат $\delta(0)$, $\delta_A(0)$, $\delta_B(0)$ или скоростей $\dot{\delta}(0)$, $\dot{\delta}_A(0)$, $\dot{\delta}_B(0)$.

На осевое демпфирование, а значит, на радиальные и осевые колебания инструмента, значительное влияние оказывает взаимодействие рабочей поверхности инструмента с обрабатываемым материалом, т. е. процесс стружкообразования.

Используя основные характеристики системы (жесткость, демпфирование, инертность) и выяснив их влияние на радиальные колебания шпинделя инструмента, можно дополнить модель радиальных колебаний (см. *рисунок* 4) взаимозависимой с нею моделью осевых колебаний (см. *рисунок* 5), в которой Σm_i масса системы, k_{OC} – коэффициент осевой жесткости, η_{OC} – коэффициент осевого демпфирования.

Таблица 2. **Формы колебаний и соотношения коэффициентов жесткости кольцевого сверла и опор шпинделя для различных собственных частот колебаний узла по вариантам I–IV**

ω= 36 Гц	ω= 47 Гц	ω=220 Гц
I	I	I
ω= 60 Гц	ω= 79 Гц	ω= 367 Гц
II	II	II
ω= 44 Гц	ω= 55 Гц	ω= 225 Гц
III	III	III
ω= 73 Гц	ω= 92 Гц	ω= 344 Гц
IV	IV	IV

Независимость соотношения частот радиальных и осевых колебаний, а также независимость их форм в комплексной модели и взаимозависимость амплитуд радиальных и осевых колебаний необходимо учитывать при проектировании инструментов.

В результате моделирование собственных колебаний шпиндельного узла установки с закрепленным кольцевым алмазным сверлом позволяет разрабатывать виброустойчивые конструкции и рекомендации по эффективным режимам обработки бетона, железобетона и каменных конструкций.

Таким образом, рассмотренная динамическая модель шпиндельного узла с закрепленным кольцевым алмазным сверлом позволила определить собственные частоты и формы колебаний шпинделя с инструментом при обработке бетона, на основании которых показано:

- формы собственных радиальных и осевых колебаний связаны слабо и определяются частотами колебаний шпинделя с инструментом; амплитуды радиальных и осевых колебаний сильно взаимосвязаны и определяются жесткостью контакта элементов технологической системы;
- с увеличением типоразмера алмазного сверла рациональная частота вращения шпинделя снижается незначительно, а с увеличением осевой подачи рекомендуемая частота вращения шпинделя существенно возрастает.

Изучив динамическую модель шпиндельного узла с инструментом можно предложить на основании расчетов (см. *таблицы* 1 и 2) рациональные режимы обработки твердых неметаллических материалов для часто используемых в строительстве диаметров сверл (см. *рисунок* 1). Для диаметра сверла 80 мм частоты вращения шпинделя лежат в пределах 40...50 и 65...80 об/мин, а для сверла диаметром 100 мм – в пределах 45...55 и 75...90 об/мин (*таблица* 3), так как они определяются жесткостью технологической системы, которая зависит от осевой подачи инструмента.

Таблица 3. **Типоразмеры и режимы эксплуатации кольцевых алмазных сверл**

Диаметр сверла D, мм.	Длина сверла L, мм.	Толщина режущего слоя l, мм.	Высота режущего слоя S, мм.	Частота вращения шпинделя n, об/сек при подаче	
				гравитационная	вынужденная
80	400	4	4	40...50	65...80
100	500	4	4	45...55	75...90

Литература

1. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. / Под ред. *А. Н. Резников*. -М.: Машиностроение, 1977.–384 с.
2. *Арцшюович Г. В.* Механические основы создания породоразрушающего бурового инструмента. – Новосибирск: Наука, 1958. 268 с.
3. *Аршиков А. С., Лысов А. А.* Алмазно-абразивная шлифование // В кн.: Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Под общ. ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002.– С. 147–155.
4. *Бакуль В. Н., Никитин Ю. И., Верник Е. Б.* Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. – М.: Машиностроение, 1975. 296 с.
5. *Бюттнер А.* Создание инструментов для обработки камня // Труды международного симпозиума по обработке каменных пород, 8–9 июня 1976. – Киев: ИСМ АН УССР, 1976. 15 с.
6. *Грецкий Н. Л.* Технология и оборудование для изготовления режущего слоя алмазных кольцевых сверл для сверления твердых неметаллических материалов // Труды молодых специалистов Полоцкого государственного университета. Прикладные науки. 2004. Выпуск 3.–С. 57–61.
7. *Жарков И. Г.* Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
8. *Захаренко И. П.* Алмазные инструменты и процессы обработки. – К.: Техника, 1980. - 215 с.
9. Обработка износостойких покрытий / *Кожуро Л. М., Мрочек Ж. А., Хейфец М. Л.*, и др. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 208 с.
10. Пат. № 635 на полезную модель «Устройство для изготовления абразивного инструмента» / *А. А. Лысов, А. А. Аршиков, М. Е. Кузнецов.* 18.12.2001.
11. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Т. 3. Применение синтетических сверхтвердых материалов / Редкол.: *Новиков Н. В.* (отв. ред.) и др. – Киев: Наук, думка, 1986.–280с.

©ГГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАЛОТЕПЛОПРОВОДНЫХ ПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ КИПЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНОГО ДВИЖЕНИЯ

***Д. А. ГУРИКОВ*, А. В. ОВСЯННИК**

The results of experimental research of the influence of pressure and porous cover parameters on the heat exchange at propane boiling on the samples with capillary-porous structure in the diapason heat flows q=100 – 65000 W/m^2 and saturation pressure p = 0,48–1,08 MPa (T_s=0 – 30°C) are given in this work

Ключевые слова: малотеплопроводные пористые покрытия, теплоотдача

В теплообменных аппаратах, применяемых в энергетике, химической промышленности, холодильной технике, широко используются фазовые переходы жидкость-пар. Создание эффективных,

компактных и экологически безопасных теплообменных аппаратов обеспечивает существенную экономию ресурсов и трудозатрат. Одним из путей достижения желаемого эффекта является применение малотеплопроводных пористых покрытий.

Для обоснования эффективности применения таких покрытий проводились исследования влияния параметров пористого покрытия и давления на теплообмен при кипении пропана на образцах со спеченной капиллярно-пористой структурой на специально созданной экспериментальной установке.

Изготовление капиллярно-пористой структуры экспериментальных образцов осуществлялось методом спекания свободной засыпки в среде аргона. Толщина исследуемых покрытий варьировалась от 0,05 до 0,5 мм, средний диаметр частиц составлял 51.5 мкм. Исследование влияния параметров пористого покрытия и давления на теплообмен при кипении пропана на было проведено в диапазоне тепловых потоков q = 100 – 65000 Вт/м^2 и давлений насыщения $p_н$ = 0,48–1,08 МПа ($T_н$=0 – 30°С).

Проведенные эксперименты подтвердили высокую эффективность спеченных покрытий. Интенсификация процесса теплообмена наблюдалась во всем исследованном диапазоне тепловых нагрузок. Наиболее высокие коэффициенты теплоотдачи были получены для образцов с толщиной покрытия 0,2 мм. Тепловые потоки начала были ниже в 2 – 2,5 раза, а увеличение коэффициентов теплоотдачи достигало 10-кратного по сравнению с гладкой поверхностью. Повышение давления насыщения приводило к увеличению интенсивности теплоотдачи.

Анализируя экспериментальные данные можно прийти к выводу, что определяющее влияние на интенсивность теплоотдачи имеет темп активации пор и плотность центров парообразования. Наблюдавшийся излом кривой кипения, который сопровождался снижением коэффициента теплоотдачи, объясняется, по-видимому, возникновением стабилизированной пленки пара внутри пористой структуры (что возможно при относительно большой толщине покрытия).

Полученные данных свидетельствуют о перспективности дальнейшего исследования эффективности малотеплопроводных пористых покрытий. При наступлении перехода от пузырькового режима кипения I (центры парообразования внутри пористой структуры не связаны между собой по паровому пространству) к пузырьковому режиму кипения II (центры парообразования внутри пористой структуры связаны между собой по паровому пространству) в более высокотеплопроводных покрытиях наблюдаелся излом кривой кипения и снижение роста коэффициента теплоотдачи α. В малотеплопроводных покрытиях при таких же значениях q продолжался дальнейший рост коэффициента теплоотдачи, и излом кривой кипения начинался при других, более высоких значениях отводимого теплового потока q. Это делает возможным в определенном диапазоне отводимых тепловых потоков получить α более высокие, чем на высокотеплопроводных покрытиях, что делает перспективным исследование и оптимизацию различных видов технологичных и недорогих пористых малотеплопроводных покрытий для промышленных теплообменных аппаратов испарительного типа.

©БРУ

СПОСОБЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗУБЬЕВ КОНИЧЕСКО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРЕЦЕССИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

***Л. Г. ДОКОНОВ*, П. Н. ГРОМЫКО, С. Н. ХАТЕТОВСКИЙ**

In clause ways of reception spatial-changed tooth the satellite conic-cylindrical precession transmissions. The first way of reception, tooth with the help special the machine tool adaptations, the second way a method of double pass.

Ключевые слова: пространственно-модифицированные зубья

1. Введение

Рис.1. Структурная схема КЦПП

Коническо-цилиндрические прецессионные передачи (КЦПП) – это относительно новый вид механических передач [1, 2]. Основные звенья КЦПП (см. *рисунок* 1): корпус с центральным колесом, имеющий на внутренней поверхности зубчатый венец 1, сателлит с двумя рядами венцов 2 и 3 с бочкообразными зубьями, расположенными на наружных конических поверхностях, центральное колесо с внутренним зубчатым венцом 4, жестко связанное с выходным валом, входной вал с наклонным кривошипом 5.

Если обработка внутренних эвольвентных зубьев центральных колес 1 и 4 редуктора не представляет проблемы, то формирование пространственно-модифицированых зубьев венцов сателлита 2 и 3 вызывает некоторые затруднения. В данной статье предложены два способа формообразования таких зубьев.

2. Формообразование пространственных зубьев КЦПП с помощью специального станочного приспособления

На основе схемы формообразования пространственных зубьев сателлита КЦПП, а также обзора различных способов изготовления бочкообразных зубьев [1], предназначенных для работы в зубчатых муфтах, было разработано специальное станочное приспособление для зубофрезерного станка. [3]

Несмотря на особенности схемы данного приспособления, оно отвечает требованиям к конструкциям устройств для зубофрезерных станков. Предлагаемое устройство относится к группе приспособлений, для которого характерна реализация метода обкатки с использованием стандартного режущего инструмента.

На *рисунке* 2 изображена конструктивная схема приспособления – продольный разрез.

Рис.2 Устройство для обработки пространственных зубьев сателлита для зубофрезерного станка: 1 – оправка; 2 – заготовка; 3, 4, 5 – втулки; 6 – гайка; 7, 8 – универсальные шарниры; 9 – подшипники; 10 – водило; 11 – сателлит устройства; 12 – центральное зубчатое колесо устройства; 13 – винты; O – центр прецессии; Rip – настроечный размер

Устройство работает следующим образом. Вращение стола станка 13 передается водилу 10, которое, вращаясь, перемещает ось шарнира 8 по круговой траектории с центром на оси стола станка 13. При этом сателлит 11, входящий в зацепление с центральным зубчатым колесом 12, вращается относительно собственной оси в подшипниках 9 в сторону, противоположную вращению стола станка 13. Вращение шарнира 8 передается на оправку 1 под углом нутации α. В результате оправка 1 совершает следующие движения: вращение относительно собственной оси благодаря вращению сателлита 11, (прецессионное движение) благодаря вращению центра шарнира 8 по окружности с центром на оси стола станка 13.

Суть работы устройства.

Пусть обрабатываемый сателлит с количеством зубьев z_c обкатывается в КЦПП с некоторым зубчатым колесом с внутренним венцом и количеством зубьев $z_к$. Данный сателлит в этой передаче благодаря своему пространственному зубчатому профилю совершает в процессе обката с колесом еще и прецессионное движение (качание по конической траектории), причем он смещен относительно центра прецессии (это то же самое, что относительно вершины конической траектории). В результате сателлит в смещенном состоянии относительно вершины конической траектории, совершая прецессионное движение, совершает и планетарное движение. Планетарное прецессионное движение сателлита в передаче соответствует планетарному прецессионному движению в устройстве, а зубчатый профиль колеса с внутренними зубьями заменен в станочных условиях зубчатым профилем червячной фрезы. При этом должно выполняться соотношение между частотой вращения колеса $n_к$ в передаче и частотой вращения фрезы $n_ф$ в условиях станочной обработки:

$$n_к = \frac{n_ф}{z_к}, \qquad (1)$$

При этом червячная зуборезная фреза устанавливается относительно заготовки на определенное расстояние R_{in}. Ее наружная цилиндрическая поверхность касается поверхности впадины заготовки (см. *рисунок* 2) таким образом, как в передаче поверхность выступов центрального колеса касается поверхности впадины сателлита. Расстояние R_{in} определяется расчетным путем.

Фрезу можно эквивалентно заменить на внутренний зубчатый профиль колеса в соответствии с формулой (1), систему приспособления можно представить как возвратно-эпициклический редуктор с двумя парами колес внутреннего зацепления. Добавим в конструкцию приспособления планетарную передачу, состоящую из неподвижного центрального колеса с внутренним зубчатым профилем и сателлита с наружными зубьями, используя её в качестве промежуточного звена, передающего вращение от стола станка на заготовку. Добавленная планетарная передача будет соответствовать первой ступени

данного возвратно-эпициклического редуктора, а система заготовка-фреза – второй ступени этого редуктора. Вращение стола станка при этом преобразовывается при помощи водила во вращение оправки и сателлита, которая связана с обрабатываемой заготовкой при помощи сферического шарнира.

Передаточное число устройства между частотой вращения стола и частотой вращения колеса с внутренним зубчатым профилем, которое заменено на инструмент, $u_y = n_c/n_к$ в этом случае будет выражаться следующей формулой:

$$u_y = \frac{1}{1 - \frac{z_ц}{z_n} \cdot \frac{z_c}{z_к}}, \tag{2}$$

где $z_ц$ – число зубьев центрального колеса устройства; z_n – число зубьев планетарного колеса устройства

Учитывая формулу (1), из формулы (2) после преобразований получаем выражение передаточного отношения цепи деления станка i_x,

$$i_x = \frac{1}{v + z_c \cdot i_n}, \tag{3}$$

где i_n –передаточное отношение планетарной передачи устройства, v – разность чисел зубьев $z_к$-z_c колеса и сопрягаемого с ним в КЦПП сателлита .

Так как в процессе обработки в рассматриваемом устройстве заготовка совершает планетарное движение, то должны существовать ограничения в значении передаточного отношения планетарной передачи устройства из-за возможности цикличности контактирования зубьев режущего инструмента и одних и тех же зубьев обрабатываемого сателлита. Рассмотрим это явление подробней.

Передаточное отношение планетарной передачи выражается следующей формулой:

$$i_n = 1 - \frac{z_ц}{z_n}, \tag{4}$$

Преобразуем эту формулу:

$$i_n = \frac{z_n - z_ц}{z_n}. \tag{5}$$

Из формулы (5) видно, что если стол станка, который жестко связан с водилом планетарной передачи устройства (ведущее звено), совершит один оборот, то сателлит (ведомое звено) повернется около своей оси на угол, соответствующий разнице зубьев центрального колеса и сателлита планетарной передачи устройства. Обработка зубьев заготовки осуществляется только в моменты, когда она в процессе планетарного движения максимально приблизится к фрезе (см. *рисунок* 2). При этом, учитывая, что за следующий оборот стола станка, когда заготовка повернется на угол, соответствующий разнице зубьев z_n–$z_ц$, относительно своей оси и снова приблизится к фрезе, необходимо, чтобы величины z_n–$z_ц$ и z_n были взаимно простыми числами. При этом количество зубьев заготовки должно быть равно $z_п$. Действительно, в этом случае фреза будет обрабатывать за каждый оборот стола станка новые зубья заготовки, пока в конечном итоге не обработается весь профиль. В противном случае, в положение, когда будет производиться обработка, будут попадать зубчатые сектора заготовки, расположенные через интервал в $z_n/(z_n–z_ц)$ зуба и в результате лишь зубья данных секторов будут обработаны фрезой. Как показывают исследования, обработанный подобным образом сателлит имеет своеобразный симметричный профиль, который и является следствием неправильного назначения передаточного отношения устройства i_y.

На рассматриваемом устройстве возможно использовать в качестве заготовки сателлит с предварительно нарезанными зубьями. Зубья предварительно обрабатывают на зубофрезерном или зубодолбежном оборудовании таким образом, чтобы оставался необходимый припуск для получения пространственных зубьев профиля. Определение параметров предварительно нарезанного эвольвентного профиля производится следующим образом. Строится модель пространственных зубьев сателлита. Затем необходимо подобрать эвольвентную модель этого сателлита таким образом, чтобы предварительно обработанный сателлит представлял собой готовую деталь плюс припуск на обработку. Величину припуска можно определить путем сопоставления каркасных моделей эвольвентного и пространственного зубьев.

3. Формообразование пространственных зубьев КЦПП методом двойного рабочего хода

Использование специальных приспособлений снижает точность изготовления указанных зубчатых венцов. В связи с этим предложен принципиально новый способ изготовления модифицированных зубьев сателлита.

Этот способ позволяет получать пространственно-модифицированый зуб сателлита КЦПП на обычном зубофрезерном станке без применения специального станочного оборудования стандартным режущим инструментом (червячной фрезой) [4].

С целью исследования влияния параметров зацепления КЦПП на форму бочкообразных зубьев сателлита была создана их геометрическая каркасная модель (см. *рисунок* 3).

Рис.3. Каркасная модель бочкообразных зубьев сателлита КЦПП

Вид нормальных сечений сателлита (см. *рисунок* 3), позволяет сказать, что боковые поверхности зубьев выполнены по сложной пространственной поверхности. Если сечения 1, 2 и 3 поверхности сателлита близки к эвольвентному профилю, то сечения 4 и 5 из-за срезания некоторых участков эвольвенты приобретают более пологую форму. Анализ каркасных моделей зубьев сателлита позволил установить, что, изменяя параметры зацепления, можно получить профиль зуба, близкий к коническому зубу. В среде графического редактора AutoCAD были созданы пространственные каркасные модели теоретически-точного (прецессионного) и приближенного (конического) зубьев сателлита КЦПП. Сравнительный анализ пространственных теоретически-точной и приближенной поверхностей зубьев сателлита позволил сделать вывод, что путем подбора параметров зацепления КЦПП можно достичь разности в отклонении размеров меньшей, чем допуск на изготовление.

Однако, получение конического зуба сателлита КЦПП на зубострогальном станке невозможно в виду малого значения угла конуса (2°–5°). Поэтому был предложен способ изготовления зубьев сателлита КЦПП, позволяющий вести их нарезание червячной фрезой на зубофрезерном станке без применения специальных станочных приспособлений. Сущность предлагаемого способа заключается в следующем.

В процессе обработки червячному инструменту, в качестве которого могут быть использованы червячная фреза или червячный шлифовальный круг, и заготовке зубчатого изделия сообщают взаимосвязанные вращения вокруг их осей, обеспечивающие нарезание зубьев методом обкатки [4]. Причем обработку производят, настроив червячный инструмент на нарезание косых зубьев с углом наклона β, обеспечивающим необходимое заострение бочкообразных зубьев.

Затем осуществляют перенастройку зуборезного оборудования на нарезание косых зубьев с тем же значением угла β, но с противоположным направлением наклона зубьев. Перенастройка осуществляется без нарушения кинематической связи между согласованными вращениями червячного инструмента и заготовки зубчатого изделия. Данная перенастройка производится в положении червячного инструмента, при котором точка пересечения его оси с осью заготовки зубчатого изделия располагается в плоскости поперечного сечения заготовки зубчатого изделия, где толщина зуба зубчатого изделия должна иметь максимальное значение. Общий вид полученного зубчатого венца сателлита показан на (см. *рисунок* 4).

Основное назначение предлагаемого способа – это формообразование бочкообразных зубьев сателлита КЦПП.

Данный способ применен на РУП «Могилевский завод «Электродвигатель» при изготовлении деталей 12 мотор-редукторов, разработанных на базе КЦПП. Указанные мотор-редукторы были подвергнуты испытаниям для определения шумовых характеристик в заглушенной камере. Причем шумовые характеристики данных опытных образцов измерялись до, и после проведения испытаний на динамометрическом стенде. Результаты испытаний опытных образцов прецессионных редукторов в заглушенной камере показали, что значения уровня шума находились в интервале (58–63)дБ.

Рис. 4. Общий вид зубчатого венца сателлита

Таким образом, применение предлагаемого в данной работе способа обработки зубьев сателлита позволяет не только снизить себестоимость изготовления КЦПП, но и улучшить ее техническую характеристику.

Литература

1. *Громыко П. Н. Жолобов А. А., Стаценко А. А. и др.*; Под общ. ред. *А. Т.Скойбеды*. Планетарные прецессионные передачи (ППП). Кинематический, силовой и технологический аспекты их создания - Мн.: БГПА, 2000.– 252 с.
2. *Скойбеда А. Т., Громыко П. Н.* Коническо-цилиндрические прецессионные редукторы/– Мн.: БГПА, 2001.– 187с.
3. Пат. 4372 C1 BY МПК B 23 F 9/00. Устройство для обработки изделий с пространственно модифицированными зубьями / *П. Н. Громыко, С. Н. Хатетовский* (BY). – № 1998648; Заявлено 10.07.98; Опубл. 30.12.2001. // Афіцыйны бюлень

©БРУ

РАЗРАБОТКА ПОРШНЕВОГО НАСОСА СО ВСТРОЕННОЙ ЭЛЛИПСНОЙ ШАРИКОВОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

А. С. ЗАХАРЬЕВ, **Д. М. МАКАРЕВИЧ, М. Е. ЛУСТЕНКОВ**

The questions of designing pump with ellipse transmission with rollers are considered in this work. The ellipse ball transmission (EBT) can be applied for the development of the reducers with high load ability, working under the conditions of the constraint diameter dimensions

Ключевые слова: планетарная передача, насос, тело качения

Целями исследований являлось создание механизма поршневого насоса на базе планетарной передачи с телами качения в зацеплении, разработка математической модели зацепления, моделирование процесса преобразования вращательного движения во возвратно-поступательное, кинематический анализ механизма.

Модель передачи представляет собой пересечение на цилиндрической поверхности одного радиуса двух периодических (синусообразных) кривых с одинаковой амплитудой $A_1 = A_3$ и числом периодов Z_1 и Z_3. Математическая модель описывается следующим уравнением [1, с. 6]:

$$A_1 \sin(Z_1\varphi) - A_3 \sin(Z_3\varphi) = 0, \qquad (1)$$

где φ – угол в цилиндрической системе отсчета, изменяющийся от 0 до 2π в плоскости перпендикулярной оси передачи.

На практике математическая модель реализуется следующим образом. Две детали трубчатой формы фрезеруются под одинаковым углом. Пренебрегая толщиной стенок деталей, их торцы могут рассматриваться как эллипсы. Развертки эллипсов на плоскость есть однопериодные синусоиды ($Z_1 = Z_3 = 1$) и при совмещении их средних кривых (торцы деталей обращены друг к другу, один кулачок может вращаться внутри второго) механизм удовлетворяет математической модели (1). Точки пересечения эллипсов – тела качения. Математически доказано постоянство углового расстояния между телами качения, поэтому в конструкцию вводится третья деталь цилиндрической формы – вал с пазами, параллельными оси передачи.

Эллипсные шариковые передачи (ЭШП) позволяют создавать механизмы преобразования вращательного движения во возвратно–поступательное, что позволяет разрабатывать объемные насосы на базе этой передачи [2, с.20]. При этом на выходном валу фрезеруется только один паз, параллельный оси редуктора, а симметрично ему – цилиндрическое углубление с радиусом шарика. Тогда, при вращении ведущего вала (внутреннего кулачка) под действием наложенных связей выходной вал будет не только вращаться, но и совершать возвратно–поступательное (колебательное) движение. Выходной вал связывается с поршнем, при этом удаляются связи на его осевое перемещение. Скорости и ускорения выходного вала будут изменяться по синусоидальному закону. Теоретические расчеты показали, что даже при высоких значениях частот вращения ведущего вала (n = 1000 об/мин), максимальная линейная скорость движения поршня не будет превышать 1 м/с, что свидетельствует о возможности создания поршневого насоса на базе ЭШП как с ручным приводом, так и с приводом от электродвигателя.

Результатом работы явилась разработка рабочей документации поршневого насоса (НП-1), а также рекомендации по его изготовлению и проектированию [2, с. 21–22]. Заключительным этапом работ являлась разработка технологии изготовления деталей передачи и создание опытного образца насоса.

Литература

1. *Игнатищев Р. М.* Синусошариковые редукторы. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 107 с.
2. *Лустенков М. Е.* Эллипсоидные шариковые передачи: преимущества и недостатки // Приводная техника. 2003. №3(43).– С. 20–22.

©БРУ

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАР ТРЕНИЯ ВАЛ-ПОДШИПНИК МЕТОДАМИ ППД

С. А. КАМИНСКИЙ, **Р. Н. ШАДУРО**

In work the estimation of influence of various kinds of hardening on increase of durability of pairs friction the shaft - bearing is given

Ключевые слова: упрочнение поверхности, долговечность, вал-подшипник

1. Введение

Как известно, повышение надежности и долговечности деталей машин сокращает расход запасных частей и материалов на их изготовление, снижает затраты труда при эксплуатации и ремонте машин. Увеличение срока службы машин равноценно увеличению их выпуска на тех же производственных площадях.

В строительной отрасли Республики Беларусь эксплуатируется большой парк тракторов, автомобилей, скреперов и др. техники, эффективность работы которых, их мощностные и экономические показатели, надежность и долговечность в значительной степени зависят от нормальной работы пар трения вал-подшипник их агрегатов. Однако износ пары трения вал-подшипник отдельных агрегатов машин не обеспечивает требуемую надежность их в условиях эксплуатации на строительных объектах.

На проведение ремонтов, устранение отказов, приобретение запасных частей и материалов, необходимых для поддержания их высокой работоспособности, затрачиваются огромные средства. Поэтому повышение долговечности и надежности деталей подшипниковых пар таких агрегатов имеет большое значение.

Огромным арсеналом средств, повышающих долговечность деталей машин, обладает технология упрочняющей обработки деталей, включающая в себя термическую и химико-термическую обработку; применение износостойких материалов в виде наплавок и покрытий, упрочнение поверхностным пластическим деформированием (ППД), электрофизические методы.

Методы ППД принадлежат к одним из уникальных, легко осуществимых и эффективных методов упрочнения поверхностей деталей [1]. Однако методы ППД весьма чувствительны к колебанию механических свойств обрабатываемого материала, что не позволяет обеспечить высокую точность размера и формы обрабатываемых поверхностей; для процесса дорнования характерно схватывание материалов инструмента и детали при определенных условиях обработки пластичных материалов.

Совмещение низкоэнергетического воздействия (НЭВ) ионным потоком в вакууме с ППД (комбинированное упрочнение) существенно расширяет технологические возможности последнего [2]. В процессе НЭВ происходит облучение материалов ионами низкой энергии, которые приводят к значительной перестройке дислокационной структуры материалов, сопровождающейся возрастанием плотности дислокаций на определенной глубине от поверхностного слоя, в результате чего изменяется микротвердость и повышается износостойкость [3].

Цель настоящей работы – изучение износостойкости рабочих поверхностей пар трения вал-подшипник, прошедших различные виды упрочняющей обработки с применением НЭВ и ППД.

2. Методика исследования

Трение и износ – одно из наиболее сложных явлений при работе машин и приборов. Во многих случаях именно процессы трения и износа определяют все важнейшие эксплуатационные характеристики машин. Протекание процесса износа во времени характеризуется двумя основными фазами: приработочный начальный износ и нормальный износ. Под прирабатываемостью поверхности следует понимать склонность к образованию в кратчайший срок с минимальным износом без дефектов и схватывания оптимального микрорельефа, обеспечивающего максимальную износостойкость.

Оценка прирабатываемости осуществлялась длительностью приработки и приработочным износом.

Длительность приработки в работе определялась временем от начала работы трущейся пары до момента перехода граничного трения в жидкостное. Сущность способа состоит в том, что испытуемые образцы *1* и *2* (см. *рисунок* 1), электрически связанные с сигнальным устройством *4* и регистрирующим прибором *5*, подвергаются трению в условиях обильной подачи смазывающей жидкости в зону контакта образцов.

Момент окончания приработки фиксируется выключением сигнальной лампы и электрочасов. Это наступает, когда опорные поверхности трущихся образцов настолько возрастут, что внешнее давление окажется недостаточным, чтобы разорвать образовавшуюся между ними масленую пленку.

Испытание на прирабатываемость осуществлялось на токарном станке 1К62М с обильной смазкой (машинное масло). В качестве образцов использовались закаленные валики Ø18 мм из стали 40Х (HRC 46...50), окончательно обработанные шлифованием и алмазным выглаживанием.

Полукольца изготовлялись из бронзовых втулок (БрОФ10-1), окончательно обработанных растачиванием, дорнованием и НЭВ с дорнованием.

Рис. 1. Схема испытания на прирабатываемость

Режимы НЭВ: величина энергии V = 1КэВ и время воздействия T = 45 мин.

Режимы дорнования: величина натяга I = 0,04 мм, скорость v = 5м/мин.

Валики после шлифования имели шероховатость $R_a = 0,63$ мкм и алмазного выглаживания – $R_a = 0,32$ мкм. Отверстия втулок после тонкого растачивания имели шероховатость $R_a = 0,63$ мкм и дарнования – 0,25 мкм.

Исследование нормального износа проводилось для тех же материалов и видов обработки, что и прирабатываемость.

Исследование образцов на износ осуществлялось на специальной установке, смонтированной на токарном станке 1К62М. Окружная скорость контртела (валика) составляла v = 0,75 м/сек. Полукольца (четыре в обойме) прижимались к валику с усилием P = 300Н. В качестве смазывающего материала принято масло индустриальное. Время испытания между двумя контрольными замерами составляет 2 часа. Общая продолжительность испытания составила 10 часов. Для определения величины износа применяли метод профилографирования.

3. Результаты исследований и их обсуждение

В результате исследований выявлено, что наиболее благоприятным и оптимальным с точки зрения уменьшения времени приработки и приработочного износа образцов является обработка колец ППД и НЭВ с ППД, а валов - алмазным выглаживанием.

Результаты исследований иллюстрируются диаграммами на *рисунке* 2. Как видно из диаграмм, (см. *рисунок* 2 *а, в*) длительность приработки образцов, обработанных ППД и НЭВ с ППД, существенно меньше, чем обработанных резанием; соответственно и приработочный износ в этом случае имеет меньшие величины (см. *рисунок* 2 *в, г*). Так, при испытаниях сопряжений шлифованых валов с расточенными бронзовыми полукольцами время приработки составило 52 мин., а приработочный износ 14 мг, с дорнованными полукольцами, соответственно, 26,5 мин и 8,0 мг, а с полукольцами прошедшими НЭВ с последующим дорнованием время приработки составило 23 мин, износ – 4,6 мг.

Показатели приработки бронзовых образцов - колец с валами, подвергшимся алмазному выглаживанию (см. *рисунок* 2 *в, г*), оказались ниже по сравнению со шлифованными валами в среднем на 20...25 %.

Как видно из *рисунка* 2, длительность приработки образцов, обработанных дорнованием и НЭВ с дорнованием, почти одинакова, а износ приработки во втором случае ниже. Это объясняется тем, что форма и размеры микронеровностей трущихся поверхностей в обоих случаях одинаковы (НЭВ не влияет на изменение шероховатости) и не вызывают существенного различия в длительности приработки, а более высокая поверхностная твердость во втором случае приводит к более низкому износу приработки.

Комплекс исследований нормального износа поверхностей трения отверстий втулок показал, что износостойкость отверстий зависит от вида упрочнения и сочетания этих видов.

В *табл. 1* представлены удельный износ и нормальный износ после 10 часов испытаний пар трения.

Рис. 2. Влияние способов упрочнения на показатели прирабатываемости:
1– полукольца растачивались; *2* – полукольца дорновались; *3* – полукольца подвергались комбинированной обработке;
а, б – валы подвергались шлифованию; *в, г* – валы подвергались алмазному выглаживанию

Как видно из таблицы, наибольший износ имеют втулки, отверстия которых обработаны растачиванием в паре со шлифованными валами.

Наибольшую износостойкость имеют втулки, подвергнутые НЭВ с последующим дорнованием, работающие в паре с выглаженными валами.

Таблица 1. **Износ отверстий втулок при различных видах обработки (упрочнения)**

Вид обработки	Удельный износ (мкм/час)	Нормальный износ после 10 часов работы (мкм)
Растачивание	$\frac{3,3}{2,2}$	$\frac{33}{22}$
Дорнование	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{18}{14}$
НЭВ-дорнование	$\frac{1,4}{1,0}$	$\frac{14}{10}$

Примечание: В числителе – износ втулок, работающих со шлифованными валами, в знаменателе – с валами после алмазного выглаживания.

4. Заключение

Исследовано влияние различных видов обработки (упрочнения) на процесс приработки и нормальный износ пар трения вал-подшипник. Установлено, что длительность приработки и величины нормального износа зависят не только от высоты, формы штрихов и характера микропрофиля, но и от степени предварительного наклепа и упрочнения поверхностного слоя, т.е. обработка поверхностей трения ППД обеспечивает шероховатость, близкую к оптимальной для пар трения, а в сочетании с НЭВ дополнительно обеспечивается степень наклепа и упрочнение поверхностного слоя, присущие процессу трения.

Литература

1. *Чистосердов П. С., Шадуро Р. Н.* Снижение влияния дефектов термической обработки на качество деталей поверхностным пластическим деформированием // Машиностроение. 1989. № 8. – С. 4
2. *Шадуро Р. Н., Терешко И. В.* Повышение износостойкости поверхностей деталей комбинированным упрочнением // Износостойкость машин. – Брянск, 1995. – С. 2.
3. *Tereshko I. V., Shaduro R. N.* Surface modification BY LOW-Enercy ion Bombar Diment. Opplication ok Surface and interkace analusis. – Italy, Catania, 1993. P. 10–14.

©БГТУ

АНАЛИЗ И ВЫБОР СХЕМ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

***М. А. КОВШ*, А. А. ПОЛИЩУК**

We show the urgency of choice of principle schems of electrons amplifiers for gauge devices

Ключевые слова: транзистор, усилитель, каскад, коэффициент усиления, полоса пропускания, ph-параметры

Для определения основных параметров в различных технологических процессах, в вычислительной технике, в системах автоматики и т.д. широко используются электронные усилители. Источником информации о динамическом состоянии систем регулирования являются разнообразные датчики тока, напряжения, температуры, скорости, угловых и линейных перемещений. При контроле замкнутых технологических циклов на производстве возникает необходимость не только в измерении определенных физических величин, но и в сигнализации о достижении этими величинами заданных значений. Следовательно, проектирование сигнального усилителя для этих целей дает возможность отыскать наиболее простое экономическое решение, связанное с условиями производства транзисторного усилителя и его использование в конкретном электронном устройстве.

Результаты анализа схем усилителей в статическом и динамическом режимах, рассмотрения их классов усиления позволяет проанализировать стабильность работы транзисторных усилителей с учетом технологических разбросов и температурных изменений элементов схемы в различных условиях эксплуатации. В то же время при проектировании сигнальных усилителей необходимо также исследовать влияние обратных связей на усилительные параметры. С учетом вышеизложенного в данной работе были выбраны и исследованы конкретные электрические схемы усилителей автоматического анализатора автоматических измерительных приборов, измерительные усилители постоянного и переменного токов. Дан пример числового расчета наиболее используемого в сигнальных устройствах измерительного усилителя переменного тока. Показано, что при проектировании транзисторных усилителей измерительных устройств необходимо начинать с расчета оконечного каскада. После этого необходимо представить блок-схему, которая бы удовлетворяла поставленной задаче. Выбор типа межкаскадной связи зависит от специальных требований, например, введение регуляторов, преобразовательных каскадов и т.д. Поэтому проведенное в работе исследование режимов работы усилительных элементов, классов усиления, рассмотрение статических и динамических режимов биполярных и полевых транзисторов с представлением эквивалентных схем, а также выбор и анализ

принципиальных схем усилителей для конкретных сигнальных устройств с примерами расчета является перспективным не только для инженерного расчета различных сигнальных систем для разнообразных технологических процессов в производственных условиях, но и может широко использоваться в учебном процессе ВУЗа.

Следует отметить, что за последнее время усилители для сигнальных и измерительных устройств изготавливаются на базе современных микросхем. Подобные усилители для вышеназванных устройств были рассчитаны и испытаны нами в лабораторных условиях.

Исследования показали хорошие совпадения рассчитанных основных параметров усилителей с данными эксперимента. Очевидно качество таких сигнальных и измерительных устройств, созданных на базе вышеназванных современных усилителей, значительно возрастет, что позволит различные технологические процессы еще лучше контролировать как на производстве, так и в военном деле, космосе и т. д.

©БелГУТ

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА МАССЫ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

***В. Г. КОЗЛОВ*, Л. А. РЕДЬКО**

In this article there are principles of weight and speed optimization. It contents the methodic of weight and speed calculation for passenger trains

Ключевые слова: скорость, масса, эксплутационные расходы

Проблема оптимизации массы и скорости пассажирских поездов является одной из наиболее сложных проблем эксплуатации железнодорожного транспорта. Сущность метода выбора оптимальной массы и скорости пассажирских поездов заключается в нахождении минимального значения суммарных приведенных расходов в зависимости от величины ходовой скорости и массы пассажирских поездов [1;2].

$$Ц_{пр} = f(v_x, Q), \tag{1}$$

Формулу (1) можно представить и в развернутом виде, при этом она будет иметь ряд слагаемых:

$$Ц_{пр} = E_{n1} + E_{n2} + E_{n3} + \ldots + E_{nj}, \tag{2}$$

После составления уравнения (2) необходимо развернуть каждое его слагаемое. Далее, путем дифференцирования функции по частным производным v_x и Q определяются значения скорости и массы, которые дают минимальное значение функции $Ц_{пр}$. При этом E_{nj} – функция связанных между собой технико-экономических параметров, зависящих от величины ходовой скорости (v_x) и массы поезда (Q) и влияющих на данную категорию эксплуатационных расходов и капитальных затрат. Одна часть этих слагаемых представляет собой прямую зависимость от величин v_x и Q, другая – обратную.

Математическая постановка задачи может быть представлена в следующем виде. Во-первых, составляется общее уравнение функции согласно формуле (2). Во-вторых, каждое слагаемое раскрывается в подробную формулу, определяющую связь всех технических параметров данной группы с величиной v_x и с расходными ставками. В-третьих, сгруппировываются слагаемые с прямой зависимостью от массы и скорости поездов. В конечном виде строится математическая зависимость следующего вида:

$$\begin{aligned} Ц = {} & [A / (v_x \cdot Q) + P_A] + [Б / v_x + P_Б] + [B / Q + P_B] + \ldots \\ & + \ +[K \cdot v_x \cdot Q + P_K] + [Л \cdot v_x + P_Л] + [M \cdot Q + P_M] + \ldots , \end{aligned} \tag{3}$$

где A, $Б$, B, … – совокупность всех технических и экономических параметров, определяющих структуру формулы данного слагаемого в непосредственной связи с величинами v_x и Q; P_A, $P_Б$, P_B, … – параметры, которые могут быть в каждой формуле выделены как независимые от величин v_x и Q.

Далее, путем дифференцирования этих функций по частным производным по v_x и Q, определяются значения v_x и Q, которые будут давать минимальное значение всей функции (1).

Выбор массы и скорости движения должен производиться отдельно для скоростных, скорых и пассажирских поездов. Для решения такой задачи необходимо наметить наиболее конкурентоспособные варианты массы и скорости поезда определенной категории, затем рассчитать для них основные технические показатели и параметры, а после – произвести технико-экономическую оценку каждого варианта.

Литература

1. *Кочнев Ф. П.* Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте // Транспорт. 1980.

2. *Колесов А. А., Таулин Б. А., Шапкин И. Н., Шубко В. Г.* Совершенствование пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте // Транспорт. 1991. С. 143.

© БРУ

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

***Е. В. МЕШКОВА*, А. А. УЛЬЯНОВА, Ю. А. ЦУМАРЕВ**

It is proposed to use twisted liquid and gas flows in order to increase the efficiency of welding equipment, labour productivity and quality; also a new construction of a soldered telescopic joint was developed

Ключевые слова: электрод, газовая горелка, завихритель, пайка

Из всех видов сварки и родственных ей процессов газопламенной обработки обращают на себя внимание контактная точечная сварка, кислородная резка и газопламенная пайка. Все эти процессы отличаются большой энергоемкостью. Для контактной точечной сварки характерна большая мощность, а для кислородной резки и газопламенной обработки – низкий термический КПД. Поэтому совершенствование оборудования для этих процессов является важным направлением повышения эффективности отечественной промышленности.

Серьезной проблемой контактной точечной сварки является надежное охлаждение электродов, от которого зависит не только их срок службы, но также качество сварки и энергозатраты на образование сварной точки. Наибольшее распространение получило внутреннее охлаждение электродов проточной водой, которая подается через медную трубку со скошенным торцом. Эта схема характеризуется недостатками (возможность образования застойных зон и отсутствие воздействия на пограничный слой, неполное использование потока охлаждающей воды, низкая его турбулентность, тепловое взаимодействие двух потоков воды через тонкую стенку подающей трубки), которые снижают эффективность охлаждения электродов, сокращают срок их службы и увеличивают расход охлаждающей воды.

Для устранения выше описанных недостатков нами предложены новые конструкции системы охлаждения электродов, отличающиеся тем, что внутри подающей трубки размещен ленточный завихритель, представляющий собой тонкую металлическую полосу, закрученную вокруг собственной оси. Кроме того, вместо одного косого среза подающей трубки выполнены два среза или скошенный торец отсутствует; на подающей трубке выполнена тепловая изоляция в виде покрытия из материала с низкой теплопроводностью, например, полимерного, или путем замены металлической трубки на полимерную. При этом достигается и хорошая коррозионная стойкость.

Предлагаемые нами изменения конструкции системы охлаждения можно использовать при изготовлении новых машин и при модернизации старых. Они не требуют больших затрат и позволяют на 20% повысить срок службы электродов.

Другой важной проблемой, основанной на низкой эффективности тепло-, массообменных процессов, является повышение производительности процессов газопламенной обработки, например, пайки газовыми горелками, и повышение эффективности работы инжекционного узла без увеличения расхода газов. Для решения этой проблемы нами предложено создание закрученного потока горючего газа, выходящего из мундштука, конструктивные особенности предлагаемых горелок подробно описаны в заявках на патентование [1 – 3]. Рассматриваемые конструкции отличаются наличием закручивающих устройств, которые располагаются либо перед инжектором, либо перед выходом из мундштука горелки.

Конструкция устройства для закручивания потока проста, не загромождает каналов, имеет малую материалоемкость и габариты, а при настройке режима быстро заменяема на устройство с нужным шагом и позволяет без каких-либо сложностей устанавливать его не только при изготовлении новых горелок, но и при модернизации тех, которые находятся в эксплуатации.

Современная техника широко использует паяные соединения стальных деталей с медными с целью экономии дорогой и дефицитной меди. Анализ литературных и патентных источников показал, что наиболее подходящим для этих целей технологическим процессом является пайка, при которой, в отличие от сварки плавлением и сварки давлением, процессы протекают при температурах, лежащих ниже температуры плавления меди (1080 °С). В настоящее время для получения соединения используют высокотемпературную пайку дорогими серебряными припоями. Однако можно получить равнопрочное паянное соединение и при пайке припоем системы «Pb – Cd», но для этого необходимо разработать более эффективную конструкцию паяного соединения труб.

Предложенная нами конструкция паяного телескопического соединения состоит из охватывающей медной трубки, охватываемой стальной трубки и стержней. Материал стержней может быть любым, но исходя из соображений максимальной прочности и минимальной стоимости предложено ис-

пользовать конструкционную углеродистую сталь, т.к. ее прочность выше, чем у меди, стоимость низкая, а совместимость этого конструкционного материала с применяемым припоем проверена в исследованиях по заполнению зазоров.

Подбирая материал стержней, их диаметр и количество можно добиваться такого состояния, при котором прочность паяных швов и самих деталей одинакова.

Все элементы предлагаемого соединения связаны друг с другом паяными швами, которые выполняются за один прием нагрева, флюсования и заполнения зазоров. Функцией паяных швов помимо обеспечения герметичности является создание конструкционного единства, чтобы отверстия не ослабляли сечения соединяемых деталей. Такого ослабления не будет, если ослабляющее отверстие заполнено стержнем, а стержень соединен с деталью, составляя с ней одно целое.

Выводы

Разработанные системы охлаждения контактных точечных машин позволяют повысить интенсивность охлаждения электродного узла, а следовательно, и его стойкость, и тем самым снизить потребность в дорогостоящем электродном материале, повысить производительность процесса сварки, снизить расход охлаждающей жидкости, уменьшить простой оборудования, связанный со сменой и зачисткой электродов.

Предложенные способы модернизации газопламенных горелок позволяют повысить производительность процессов, устойчивость работы горелок, снизить расход горючих газов и кислорода, и как следствие, снизить себестоимость готовой продукции.

Разработанная конструкция паяного соединения обеспечивает существенное повышение прочности и позволяет обеспечить равнопрочность соединений «медь – сталь» и «алюминий – медь» даже при использовании малопрочных легкоплавких припоев.

Литература

1. Решение о выдаче патента на полезную модель № 20030021 МПК:7 B23K7/00. Газопламенная горелка / *Ульянова А. А.* и др./
2. Решение о выдаче патента на полезную модель № 20030157 МГЖ:7 B23K7/00. Газовая горелка для сварки и пайки / *Мешкова Е. В.* и др,/
3. Решение о выдаче патента на полезную модель № 20030158 МПК:7 B23K7/00. Горелка для газовой сварки и пайки / *Мешкова Е. В.* и др./

©БРУ

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ПО ОСТАТОЧНОЙ ИНДУКЦИИ В ЗОНЕ СВАРКИ

***М. В. ПОНОМАРЕНКО,* С. В. БОЛОТОВ**

The purpose of work is to develop a way of melting depth parameters control in spot and arc welding on remaining induction created in the zone of welding as a result of external magnetic fields influence on the join forming. On the base of theoretical and experimental studies the method and equipment for control of the spot diameter in spot welding and melting depth of arc joins have been developed. Work results have been introduced at RUP «Mogilevtransmash» in boss melting depth control, used for fastening crucial truck crane elements

Ключевые слова: контроль, параметры проплавления, остаточная индукция

В работе предложен новый, отличный от традиционной дефектоскопии подход к определению параметров проплавления свариваемых деталей, основанный на анализе характера остаточной индукции металла, образовавшейся в процессе сварки при одновременном воздействии на детали магнитных и тепловых полей, что позволяет увеличить достоверность контроля за счет учета температуры металла при формировании соединения и отстроиться от мешающих факторов – вмятин от электродов и зазора между деталями.

С помощью разработанных обобщенной магнитно-тепловой модели, методики и программного обеспечения произведено моделирование распределения остаточных полей в зоне сварных соединений при различных режимах сварки и размерах сварного соединения. Установлено, что в качестве информативного параметра, характеризующего качество точечного сварного соединения, целесообразно использовать величину нормальной составляющей остаточной индукции в центре контакта электрод-деталь, а соединения, выполненного дуговой сваркой, – величину размагниченной зоны, прилегающей к сварному шву [1,2].

Показано, что намагничивание точечных соединений соленоидом перпендикулярно поверхности изделия необходимо осуществлять в момент отключения сварочного тока полем 5 кА/м длительностью 0,04–0,06 с. Намагничивание соединений перед дуговой сваркой необходимо производить П-образным электромагнитом в направлении, перпендикулярном оси сварного шва полем не менее 5 кА/м. Установлена линейная связь между параметрами проплавления сварных соединений и остаточной индукцией в зоне сварки с коэффициентами корреляции не ниже 0,88 [1,2].

Разработана методика контроля диаметра литого ядра при контактной точечной сварке и глубины проплавления соединений, выполненных дуговой сваркой. Спроектирована микропроцессорная установка УКТС-01 для намагничивания области точечных соединений и контроля размеров проплавления, а также устройство для контроля глубины проплавления соединений, выполненных дуговой сваркой [3]. Определены области применяемости разработанной методики и установки. Достоверность разработанного способа контроля составляет 93%, ошибка в определении диаметра литого ядра не превышает 10%, производительность значительно выше механических испытаний.

Результаты работы прошли производственные испытания на РУП «Могилевлифтмаш», РУП «Могилевский автомобильный завод им. С.М. Кирова» и внедрены на РУП «Могилевтрансмаш» при контроле глубины проплавления бобышек, использующихся для крепления ответственных элементов автокрана.

Литература

1. *Куликов В. П., Болотов С. В.* Магнитно-тепловой метод контроля геометрических характеристик проплавления соединений, выполненных контактной и дуговой сваркой // Дефектоскопия. 2004, № 4. - С. 73–85.
2. *Пошвенчук О. Ю., Пономаренко М. В.* Контроль параметров проплавления при дуговой сварке по остаточной индукции в зоне соединения // 40-я студенческая науч.-техн. конф.: Материалы конф. - Могилев: Белорусско-Российский ун-т, 2004. - С. 134–135.
3. *Пономаренко М. В., Пошвенчук О. Ю.* Установка для контроля непровара при приварке бобышек к листовым деталям // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: Материалы Респ. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорусско-Российский ун-т, 2004. - С. 88.

©ПГУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ И РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ДЕТАЛИ

***Г. Б. ПРЕМЕНТ,* В. И. СЕМЕНОВ, В. С. ТОЧИЛО**

Influence of technological inheritance of physicomechanical and geometrical parameters of quality radical and basic surface of the bearing of sliding a cranked shaft of the engine of internal combustion UMZ – 4173 during machining is investigated. Recommendations on change of allowances and modes of processing of working surfaces of a cranked shaft are given

Ключевые слова: управление качеством продукции, физико-механические и геометрические параметры детали, технологическая наследственность

Обеспечение высокого качества продукции на этапе создания и освоения изделий заключаются в организации такой технологической подготовки и осуществлении производства, при которых продукция соответствовала бы требованиям конструкторской документации и не имела бы вредных последствий от технологических методов обработки. Поэтому все операции и их технологические переходы следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как конечные характеристики формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются при эксплуатации машины, ее техническом обслуживании и ремонте [1; 2].

Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевают явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операций и переходов к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин [2; 3]. Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхности детали со всем многообразием описывающих их параметров. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических факторов [3; 4].

В технологической цепочке существуют своего рода «барьеры». Некоторые технологические факторы преодолеть эти «барьеры» не могут и в таком случае их влияние на конечные свойства объекта отсутствуют. Другие факторы такие «барьеры» проходят, но при этом значительно теряют свою исходную силу и влияют на конечные свойства очень слабо [1; 3]. Самым существенным «барьером» являются термические операции, а также операции, сопровождающиеся поверхностным деформированием и упрочнением, так как они изменяют микроструктуру обрабатываемого материала, микрогеометрию формируемой поверхности, приводят к короблению детали и искажению ее формы. В ходе этих операций различные пороки поверхности, такие как структурная неоднородность, поры, микротрещины, могут развиваться или «залечиваться». Следовательно, процессом технологического наследования можно управлять с тем, чтобы свойства, положительно влияющие на качество детали, сохранить в течение всего технологического процесса, а свойства, влияющие отрицательно – ликвидировать в его начале [2; 4].

Литература

1. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей / *П.И. Ящерицын, М.Л. Хейфец, Чемисов Б. П.* и др. – Новополоцк: ПГУ, 1996. – 136с.
2. Технологические основы управления качеством машин / *А. С. Васильев, А. М. Дальский, С. А. Клименко* и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 256с.
3. *Ящерицын П. И., Рыжов Э. В., Аверченков В. И.* Технологическая наследственность в машиностроении. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 256с.
4. *Дальский А. М.* Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин.– М.: Машиностроение, 1975. – 223 с.

© БНТУ

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

***Д. А. СТЕПАНЕНКО*, М. Г. КИСЕЛЕВ**

The article is devoted to the problem of increasing cutting ability and wear resistance of abrasive tools for sawing, grinding and polishing superhard materials. It's shown that this problem could be solved by means of application of ultrasonic oscillations. The main results obtained in this direction are briefly described

Ключевые слова: сверхтвердый материал, ограночный диск, распиловочный диск, ультразвуковые колебания, шаржирование, укатка

В работе рассматривается технология формирования алмазоносного слоя на рабочих поверхностях режущего инструмента для обработки сверхтвердых материалов. В частности, исследуется технология изготовления распиловочных и ограночных дисков, используемых в промышленности для распиливания, шлифования и полирования монокристаллов алмаза [1]. В связи с широким внедрением автоматизации указанных операций механической обработки к режущему инструменту, применяемому для их реализации, предъявляются повышенные требования по ряду эксплуатационных показателей, включая режущую способность и износостойкость. Это делает актуальной проблему разработки и внедрения новых технологий изготовления режущего инструмента для обработки сверхтвердых материалов, обеспечивающих высокий уровень его эксплуатационных показателей при минимальных экономических затратах. В работе на основании анализа литературных данных об известных методах формирования алмазоносного слоя [2, 3] показано, что несмотря на внедрение ряда новых технологий, основным способом остается механическое шаржирование (укатка), что объясняется простотой его реализации. Недостатком данного метода является невозможность получения инструмента с высокими эксплуатационными показателями. Для устранения этого недостатка в работе предложено осуществлять шаржирование режущего инструмента в условиях ультразвукового воздействия. Эффективность подобного технического решения подтверждается литературными данными о влиянии ультразвука на процесс индентирования жестких частиц [4, 5], а также приведенными в работе математическими моделями.

В работе предложен и исследован процесс двустороннего ультразвукового шаржирования распиловочных дисков с фрикционной передачей вращающего момента, позволяющий отказаться от привода принудительного вращения распиловочного диска. Показано, что в случае шаржирования распиловочных дисков оптимальным является использование разомкнутой акустической системы с промежуточным деформирующим инструментом. Получено выражение для величины сил трения, возникающих при взаимодействии деформирующего инструмента с поверхностью диска, и создаваемого ими вращающего момента. Величина сил трения имеет большое значение при шаржировании распиловочных дисков, так как ввиду их малой изгибной жесткости возможна потеря устойчивости при превышении силами трения критического значения. На основании использования аппроксимации полученного выражения для момента сил трения решено дифференциальное уравнение динамики вращательного движения диска и определена установившаяся скорость его вращения. Исследован переходный процесс разгона диска с учетом дискретного характера взаимодействия деформирующего инструмента с его поверхностью. Полученные на его основании результаты позволяют сделать вывод о возможности управления средним значением скорости диска в установившемся режиме за счет изменения параметров ультразвукового воздействия. Исследована геометрия контактной поверхности деформирующего инструмента для укатки ограночных дисков с наложением ультразвуковых колебаний. Также исследован процесс напыления алмазосодержащей суспензии на рабочую поверхность ограночного диска и характер распределения абразивных частиц в напыленном слое. Показано, что нанесение алмазных частиц методом распыления обеспечивает равномерное распределение

абразивной способности по поверхности ограночного диска, что способствует равномерному съему припуска с обрабатываемого диском кристалла алмаза.

Литература

1. *Епифанов В. И., Песина А. Я., Зыков Л. В*. Технология обработки алмазов в бриллианты. М., 1982. 335 с.
2. *Бочаров А. М., Климович А. Ф., Старовойтов А. С., Снежков В. В.* Изнашивание монокристаллов алмаза. Мн., 1996. – 144 с.
3. *Михайлов М. И., Щерба В. Я., Прушак В. Я.* Износостойкость ограночных дисков. Гомель, 1996. 157 с.
4. *Марков А. И.* Ультразвуковая обработка материалов. М., 1980. 237 с.
5. *Киселев М. Г., Минченя В. Т., Ибрагимов В. А.* Ультразвук в поверхностной обработке материалов. Мн., 2001. 344 с.

©БРУ

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ СРЕД

***И. М. СТРОЦКИЙ,* А. П. МАРКОВ**

In this article we tell about various circuits of optical fibre gauges, their merits and demerits, and also area of use

Ключевые слова: световод, излучатель, приемник

В современном оптическом приборостроении и средствах неразрушающего контроля все более широкое применение находят элементы и методы волоконной оптики, позволяющие увеличить помехозащищенность и мобильность контрольно-измерительных средств [1, 2].

Объектом наших исследований являлись оптико-электронные преобразователи для контроля параметров жидких сред с целью оптимизации конструкций и типов датчиков применительно к объектам контроля. По результатам исследований разработаны конструкции приборов как с кюветным отсеком, так и с выносными волоконно-оптическими датчиками, имеющими совмещенную и разнесенную схему расположения излучателя и приемника.

Совмещенная схема расположения приемника и излучателя наряду с преимуществами имеет и ряд недостатков. Только за счет прохождения излучения по световодам, имеющим коэффициент пропускания от 0,6 до 0,28, происходит ослабление сигнала, что существенно сужает диапазон применения датчика. Кроме того, наличие двух световодов накладывает определенные габаритные ограничения на конструкцию первичного преобразователя.

Особенный интерес для контроля труднодоступных объектов имеет датчик, построенный по разнесенной схеме расположения излучателя и приемника.

В такой схеме присутствует только один светодиод – приемный. Излучатель вынесен в переднюю часть преобразователя, контактирующую непосредственно со средой. Это позволяет: во-первых, поднять уровень сигнала вдвое за счет отсутствия второго световода; во-вторых, применить световод большего диаметра, что так же способствует увеличению мощности оптического излучения. При одних и тех же габаритных параметрах датчик, построенный по разнесенной схеме, позволяет контролировать более плотные среды при той же мощности излучения. Высокая помехоустойчивость данной схемы способствует стабильной работе датчика в жестких условиях эксплуатации. При использовании данной оптической схемы основным «нетермостабильным» элементом является светодиод. Для устранения влияния на процесс измерения необходимо введение термокомпенсации. Для миниатюризации конструкции применяются малогабаритные светодиоды как видимого так и ИК-спектра диаметром 3мм и углом выхода излучения 30º, что хорошо согласуется со световодными жгутами [3].

На базе данного датчика разработан опытный образец индикатора прозрачности жидких сред ИП-2 и определены области его практического применения. Особый интерес представляет экспресс-анализ мутности любых технических жидкостей в химической, нефтеперерабатывающей, фармацевтической, пищевой и других отраслях. От аналогичных приборов отличается малыми габаритами и массой, простотой в обслуживании, низким энергопотреблением.

Литература

1. Применение волоконно-оптических датчиков в химической промышленности. Les fibres optiques repondent present // Mesures. 1989, №601. - С. 37–43.
2. *Зак Е. А*. Волоконно-оптические преобразователи с внешней модуляцией. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.: ил.
3. *Вейнберг В. Б., Саттаров Д. К.* Оптика световодов. – Л.: Машиностроение, 1977. - 320 с.

©ПГУ

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПОРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ РОТОРА ПРИВОДА КОМПРЕССОРА ОСЕВОГО ИМПУЛЬСНОГО 2SP-201 НА ОАО «ПОЛИМИР»

***П. В. ТИХОНОВ*, В. М. КОНСТАНТИНОВ**

The problem of restoration of abutment surfaces of sliding of a rotor steam pulse is considered. The analysis of probable methods of restoration is carried out on Open Society «Polymir». The optimum method of restoration - electrospark welding gets out. Problems of applicability of the given method of restoration are considered. Defined ways of their removal are . The new tool – electrode and the missing process equipment is developed, already available process equipment is modernized

Ключевые слова: восстановление, электроискровая наплавка, ротор, электрод, технология

По данным ВНИИМ «Ремдеталь» 85% деталей теряют работоспособность при изменении размеров на 0,2-0,3 мм. В большинстве случаев достаточно упрочнить поверхностные слои материалами, стойкими в неблагоприятных условиях, возникающих при работе машин, а для их восстановления – нанести материал, равноценный или превосходящий по физико-механическим свойствам восстанавливаемый.

Заслуживает особого внимания электроискровой способ нанесения стойких покрытий, так как он открыл уникальные физико-механические и технологические возможности в области обработки материалов и их сплавов [1, с. 5; 2, с. 6]. Данный способ перспективен для восстановления прецизионных деталей. Характерным представителем деталей вышеуказанной группы является ротор привода осевого импульсного 2SP-201, применяемый на производстве ОАО «Полимир». Наиболее часто данная деталь выходит из строя ввиду износа опорных поверхностей подшипников скольжения. Анализ технологичности детали показал, что при восстановлении опорных поверхностей ротора не допускается его коробление, так как к ротору предъявляются высокие требования по динамической балансировке. После анализа возможных методов восстановления по критериям производительности и себестоимости выбран метод электроискровой наплавки. В ходе разработки технологии восстановления опорных поверхностей были выявлены следующие недостатки метода:

- невысокая производительность имеющегося на ОАО «Полимир» оборудования;
- относительно высокая стоимость традиционно применяемых при электроискровой наплавке оборудования.

Для устранения вышеуказанных недостатков разработан и запатентован диффузионно-легированный электрод [3], а так же разработано новое оборудование и модернизировано уже имеющееся на ОАО «Полимир». Проведен анализ свойств наплавленного покрытия, который показал, что разработанный электрод не уступает традиционно применяемым электродам ВК6.

Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры технологии конструкционных материалов УО «Полоцкий государственный университет».

Литература

1. *Бутовский М. Э.* //Нанесение покрытий и упрочнение материалов концентрированными потоками энергии. Ч.1. Технология электроэрозионного легирования. М.: И.К.Ф., 1998. – 238с.
2. *Сафронов И. И., Цуркан И.В., Фатеев В. В., Семенчук А. В.* //Электроэрозионные процессы на электродах и микроструктурно-фазовый состав легированного слоя. Кишинев, Штиинца, 1999. - 590с.
3. *Константинов В. М., Тихонов П. В., Шимин В. Н.* //Патент РБ № 1494, МПК B23H 11/00. Инструмент-электрод для электроискрового легирования.

©Бел ГУТ

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕСУРСА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

***Р. И. ЧЕРНИН*, В. И. СЕНЬКО**

Features of the developed way of the control of durability of connections with a guaranteed tightness of thermal assembly on the intense condition of covering detail are considered

Ключевые слова: соединения, натяг, сборка, контроль, прочность

В современных экономических условиях для Белорусской железной дороги актуальным является вопрос повышения технического ресурса подвижного состава. Это связано с разрушением старых существовавших экономических связей и нехваткой денежных средств для пополнения и замены парка подвижного состава, который к настоящему времени практически полностью выработал свой ресурс и требует замены для дальнейшей успешной работы в условиях рыночной экономики и конкуренции с другими перевозчиками. Этот вопрос решается несколькими путями: а) на Белорусских предприятиях организуется сборка вагонов из запасных частей; б) вагоны, у которых срок эксплуата-

ции подошел к концу, подвергаются капитальному ремонту с восстановлением технического ресурса. Но в первом и во втором случае необходимо совершенствование сборочных и ремонтных технологий, а также методов контроля и диагностики получаемых сборочных единиц. Чем качественнее, а значит и надежнее, будет выполнена сборка или ремонт конструкций, тем надежнее и дольше прослужит составная часть или вагон в целом.

В вагоноремонтном производстве и в вагоностроении применяется способ косвенного контроля прочности напрессовки колец буксовых подшипников на шейки осей колесных пар, который заключается в определении разности величин диаметров посадочных поверхностей сопрягаемых с заданным натягом деталей перед сборкой с помощью измерительных инструментов и оптико-механических приборов. Применяемый контроль прочности посадки по замерам диаметров не обеспечивает возможности получения вполне достоверных оценок упругого напряженно деформированного состояния (НДС) деталей получаемых напрессовок тем более, что в практике формирования тепловых соединений не контролируется взаимное угловое расположение сопрягаемых деталей в процессе сборки. Это вызывает отклонения величины удельного давления в сформированных сопряжениях (обусловливающего сопротивление посадки относительно сдвигу и проворачиванию) из-за наличия конусности и овальности поверхностей контакта охватывающей и охватываемой деталей сформированных соединений с гарантированным натягом.

Известны тензометрические устройства для определения усилий и напряжений в элементах металлоконструкций и в механизмах. Тензодатчик для измерения сил в деталях и узлах механизмов содержит упругий чувствительный элемент в виде цилиндра, на наружной поверхности которого вдоль и поперек оси симметрии наклеены тензорезисторы, соединяемые в мостовую измерительную схему. Применение такого тензодатчика не обеспечивает возможности осуществления контроля прочности тепловых сопряжений с гарантированным натягом внутренних колец буксовых роликовых подшипников с шейками осей колесных пар вагонов.

Разработаны в Бел ГУТе два устройства, признанные изобретениями, для осуществления выходного контроля прочности сопряжения деталей с гарантированным натягом после сборки соединения. Первое из них (патент BY № 1587 на полезную модель) содержит измерительный элемент с тензорезисторами, устанавливаемый концентрично относительно контролируемого кольца буксового подшипника при сборке соединения с гарантированным натягом, корпус которого выполнен цилиндрическим составным в виде концентрично расположенных и неподвижно скрепленных между собой наружного толстостенного стакана с центральным круглым отверстием в днище для прохода контролируемого кольца подшипника по диаметру его дорожки качения и внутренней тонкостенной гильзы с утолщенными фланцами. Между внутренними плоскостями последних корпус имеет кольцевую, закрываемую внутренней цилиндрической поверхностью упомянутого наружного стакана и изолированную от внешней среды уплотнениями полость. В этой полости находится гидросреда (жидкая минеральная или консистентная смазка) под давлением, достаточным для осуществления неподвижной установки измерительного устройства на наружной поверхности последнего за счет упругой радиальной деформации указанной выше тонкостенной гильзы. По плоскостям фланцев внутренней тонкостенной гильзы, контактирующим с открытым торцом и днищем наружного толстостенного стакана, имеются торцевые уплотнения, а цилиндрические поверхности упомянутых фланцев внутренней гильзы, сопряженные с поверхностями последнего, снабжены кольцевыми уплотнениями. При этом у указанного стакана днище с внутренней стороны и открытый торец снабжены кольцевыми проточками, а у тонкостенной гильзы выполнена кольцевая проточка на внутренней плоскости фланца большего диаметра.

Во втором устройстве (патент BY № 1656 на полезную модель) используется измерительный элемент в виде корпуса с укрепленными на нем тензорезисторами, установленный концентрично относительно кольца подшипника при сборке контролируемого соединения, и закрепительная ступенчатая упругая разрезная тонкостенная втулка, имеющая на меньшей ступени внутреннюю цилиндрическую поверхность контакта с упомянутым корпусом. Наружная цилиндрическая поверхность большей ступени закрепительной втулки снабжена резьбой для соединения с резьбовой частью измерительного элемента в торцевой внутренней полости большей ступени последнего. На наружной поверхности корпуса устройства наклеены высокотемпературные тензорезисторы, закрытые защитным кожухом.

При ремонте колесных пар вагонов со сменой элементов используется механическая распрессовка их соединений с гарантированным натягом для замены неисправных цельно-катаных колес или осей. В процессах механической распрессовки или формирования колесных пар из новых или старогодных элементов существенное влияние на разборочно-сборочные процессы оказывают: во-первых, значительное удельное давление на торец шейки оси, создаваемое продольной сдвигающей силой от плун-

жера пресса; во-вторых, приложение силы вне центра (несовпадение геометрических осей плунжера гидравлического пресса при формировании и распрессовке колесных пар вагонов). Это может привести к браку оси вследствие повреждения ее шейки (задиры и изгибы, деформация резьбы М110×4, смятие торца оси). Известно применение простейшей технологической оснастки в виде специальных цилиндрических втулок и аналогичных приспособлений, устанавливаемых концентрично на шейках осей колесных пар вагонов при прессовых работах и позволяющих уменьшить вероятность деформации оси.

Предложено (Бел ГУТ, ОНИЛ «ТТОРЕПС») новое техническое решение по устройству (патент Республики Беларусь BY № 761), позволяющему исключить отмеченные выше повреждения торцов и изгибы шеек, развальцовку цилиндрических частей осей при запрессовке и распрессовке соединений с натягом колес и осей при ремонте и новом формировании колесных пар вагонов. При использовании разработанного нами дополнительного навесного гидрофицированного устройства к применяемому прессовому оборудованию колесных цехов и участков промышленных предприятий качество механосборочных и демонтажных работ повышается, а значит увеличивается срок службы колесных пар вагонов. Это устройство представляет собой гидроцилиндр высокого давления двухстороннего действия, который устанавливается соосно между торцами плунжера пресса для разборки соединений с гарантированным натягом и выпрессовываемой из ступицы колеса оси, содержит цилиндрическую рабочую камеру с торцовыми крышками в виде стаканов с центральными отверстиями и кольцевыми уплотнениями высокого давления. Имеются два концентрично размещенных внутри камеры цилиндрических силовых элемента, а также соосно и оппозитно расположенный по отношению к последним пуансон, воспринимающий аксиальное сдвигающее усилие от плунжера пресса, обусловливающее величину давления жидкого минерального масла или консистентной смазки внутри рабочей камеры. Силовые элементы позволяют перераспределить аксиальное сдвигающее усилие на торец оси и на кольцевую поверхность галтели шейки. Указанные силовые элементы выполнены в виде гладкой гильзы с размещенным внутри последней плавающим поршнем, снабженным кольцевыми уплотнениями двух ступеней. При этом первая ступень представляет собой резиновое кольцо, которое с повышением давления поджимает вторую ступень, изготовленную в виде отдельных пластмассового и латунного колец. При неполном заполнении рабочей камеры маслом давление гидросреды передается только на поверхность галтели шейки оси колесной пары.

Приведенные выше устройства позволяют повысить качество демонтажных ремонтных технологических операций и сборочных работ при формировании соединений с гарантированным натягом за счет осуществления более достоверного контроля прочности тепловых напрессовок. Их применение позволит увеличить ресурс ходовых частей подвижного состава. Необходимо дальнейшее всемерное совершенствование применяемых процессов изготовления и сборки элементов конструкций вагонов и технологической оснастки в вагоностроении и в вагоноремонтном производстве. Оформлена заявка на предполагаемое изобретение по устройству для осуществления дополнительного контроля прочности сопряжения получаемых механической запрессовкой соединений с гарантированным натягом цельнокатаных колес и осей колесных пар вагонов. Осуществление предложенного технического решения дает возможность выполнения оценки фактического напряженно-деформированного состояния (НДС) ступицы напрессованного на ось колеса. Дополнительно к существующим критериям качества сборки по индикаторной диаграмме механической запрессовки (форма кривой, длина диаграммы, конечное усилие запрессовки) получаем четвертый показатель прочности по уровню НДС охватывающей детали сформированного при сборке на гидравлическом прессе соединения с гарантированным натягом колесной пары. При автоматизированном контроле напряженного состояния ступицы колеса возможно записать указанный дополнительный показатель прочности полученного сопряжения на индикаторную диаграмму механической запрессовки колесной пары.

©БРУ

МАГНИТОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ С НАМАГНИЧИВАНИЕМ ЧЕРЕЗ МАГНИТОНОСИТЕЛЬ

А. В. ЧЕРНЫШЕВИЧ, **В. А. НОВИКОВ**

Results of researches of the developed magnitographic the control are submitted. Conditions of the control are optimized

Ключевые слова: неразрушающий контроль, магнитографический метод, постоянные магниты

Для обнаружения поверхностных и подповерхностных трещин в ферромагнитных изделиях (гибы труб, оси и опоры вагонов, лопатки турбин, буровое оборудование, различные несущие конструкции, стенки осевых каналов роторов турбин) в основном применяют магнитопорошковый метод контроля. Он хотя и позволяет получить наглядную картину распределения дефектов, однако требует

тщательной и трудоемкой зачистки контролируемой поверхности. Это приводит к большим затратам при обнаружении нарушений сплошности металла. Весьма перспективным методом неразрушающего контроля является магнитографический, отличающийся высокой производительностью и экономичностью. Однако он имеет не всегда высокую мобильность и недостаточно широкую область применения из-за массивности намагничивающих устройств, их громоздкости, требования мощных источников питания.

Шагом вперед явился разработанный ранее на кафедре «Физические методы контроля» Белорусско-Российского университета способ магнитографического контроля изделий на наличие дефектов, в котором для намагничивания применяют постоянные магниты. Предложено осуществлять намагничивание контролируемого изделия вместе с плотно прижатой к его поверхности магнитной лентой постоянным магнитом путем перемещения его полюса над поверхностью ленты. Высокая чувствительность метода при малой массе магнита достигается за счет значительного увеличения напряженности магнитного поля, действующего в зоне дефекта, вблизи полюса магнита, за счет контроля способом приложенного поля, а также из-за небольшого фона помех, т.к. перемещаемый над поверхностью ленты магнит равномерно подмагничивает ее по всей площади.

Подробному исследованию этого способа посвящена настоящая работа. В ней исследованы особенности обнаружения несплошностей в ферромагнитных изделиях, оптимизированы условия контроля и выяснены его возможности. Показано, что в формировании поля дефекта в этом случае участвует как тангенциальная, так и нормальная составляющая поля внешнего поля. Установлено, что минимальное раскрытие уверенно обнаруживаемой трещины без зачистки контролируемой поверхности составляет 5 мкм, максимальная глубина, на которой обнаруживается несплошность при массе магнита 20 г, – 3 мм. Максимальная амплитуда сигнала от дефекта наблюдается при близких к 0° и к 90° углах наклона магнита к поверхности образца. С увеличением расстояния между магнитноактивным слоем ленты и образцом амплитуда сигнала, обусловленного дефектом, уменьшается, причем наиболее быстрое уменьшение полезного сигнала наблюдается при меньшем зазоре. Установлено, что сигнал, обусловленный дефектом, может иметь как однополярный, так и двуполярный вид. При этом амплитуда сигнала максимальна, когда магнит в форме параллелепипеда обращен к объекту контроля гранью с одним полюсом. Дано объяснение причин смены полярности сигнала и показано, что на его вид влияют величина напряженности внешнего поля при начальном и (или) повторном намагничивании объекта, напряженность поля дефекта и крутизна характеристики магнитной ленты.

© БГТУ

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РОТОРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА

***Д. И. ЧИРКУН,* Э. И. ЛЕВДАНСКИЙ**

Processes of division of loose materials are briefly analyzed, the basic lacks of classical ways of division are revealed. The opportunity of elimination of some lacks is realized in the developed design of a centrifugal separator. In the specified separator the principle of flowing division is used. As flowing division understand movement of multiphase systems along nontight walls with continuous tap through them of the continuous environment which carries away behind itself fine fraction. During theoretical researches movement of particles in a separator has been simulated, influence of various factors on quality indicators of process of classification is investigated. Theoretical researches are confirmed with a line of experiments. Results of researches show, that the flowing separator possesses stability of work, high quality of division and thus small power inputs. The disperse structure of end-products is adjusted by change of the size of apertures punched the case. Empirical dependence of disperse structure of fractions on the size of apertures punched cases is deduced

Ключевые слова: фракция, дисперсность, сепаратор, ротор

1. Введение

Интенсификация технологических процессов при снижении энергозатрат на их осуществление является актуальной задачей современного производства. Одним из основных путей решения этой задачи является создание и внедрение новых высокоэффективных машин и аппаратов с низким энергопотреблением.

Проблема снижения энергозатрат и повышения эффективности особо остро ощущается при осуществлении процесса тонкого измельчения. Этот процесс находит широкое применение в различных технологиях и отличается высоким энергопотреблением, а оборудование для его осуществления является громоздким и имеет низкую эффективность.

Анализ литературы по измельчению показывает [1], что для снижения энергозатрат и повышения эффективности процесса помола необходима организация работы мельничных агрегатов по замкнутому циклу наряду с применением высокоэффективных классифицирующих устройств.

Из известных способов классификации наибольшее распространение имеют следующие:

1. Механическая – основанная на просеивании материала через сита;
2. Воздушная сепарация – основанная на сортировке материала в воздушном потоке;
3. Гидравлическая классификация – основанная на различных скоростях осаждения частиц, находящихся во взвешенном состоянии в жидкой среде.

Механическая классификация материалов на фракции просеиванием их через сита является самой распространенной и простой, но при приближении крупности разделения к 1 мм разделительная способность механических классификаторов резко падает и в областях разделения менее 0,5 мм практически приближается к нулю, поэтому применять механическое грохочение целесообразно лишь при сортировке грубодисперсных порошков.

Качественное разделение тонкодисперсных материалов, таких как порошки, возможно осуществить способом воздушной сепарации при сухом помоле, либо способом гидравлической классификации.

Анализ работы мельничных агрегатов с классическими конструкциями сепараторов показывает [2–4], что они обладают недостаточной эффективностью и около 50% готового тонкого продукта после воздушной сепарации не отделяется от грубой фракции, что существенно увеличивает энергозатраты при помоле.

Более качественное разделение материалов обеспечивает способ проточной классификации. Под проточным разделением понимают гидродинамические процессы движения многофазных потоков в канале с проницаемыми стенками с непрерывным отводом через них сплошной фазы. Хотя данной проблемой стали заниматься сравнительно недавно, результаты исследований не систематизированы и в основном содержатся в научных статьях и диссертационных работах, но уже сейчас из опубликованного материала можно сделать вывод, что проточный принцип разделения позволяет повысить технико-экономические показатели оборудования, является перспективным направлением развития процессов разделения.

2. Разработка новой конструкции проточного роторно-центробежного сепаратора

На основании проведенного литературного обзора, учитывая потребности в качественном разделении сыпучих материалов различных отраслей промышленности, также принимая во внимание разработки в вопросах разделения других исследователей, авторами данной статьи спроектирован проточный роторно-центробежный сепаратор. Схематично установка для разделения сыпучих материалов на основе разработанной конструкции сепаратора представлена на *рисунке 1*.

Установка работает следующим образом. Полидисперсный материал из бункера 2 шнековым питателем 3 подается в центральную часть ротора сепаратора 1. Ротор приводится во вращение посредством клиноременной передачи 6 от электродвигателя. Частицы материала, попадая на вращающийся диск ротора, отбрасываются центробежной силой в кольцевой зазор между ротором и перфорированной обечайкой. Разделение материала происходит на перфорированной обечайке, мелкая фракция отводится через шибер 9, крупная фракция, не прошедшая через отверстия перфораций, отводится в сборник 8. Количество подаваемого порошка на классификацию регулировалось вариатором 4 путем изменения числа оборотов шнекового питателя 3. Очистка от пыли воздуха, выходящего из сепаратора осуществлялась в рукавных фильтрах 5.

Рис.1. Установка для разделения сыпучих материалов
1 – роторно-центробежный сепаратор; *2* – бункер; *3* – шнековый питатель; *4* – вариатор; *5* – рукавный фильтр; *6* – шкивы; *7* – ваттметр; *8* – сборник; *9* – шибер

Изменяя диаметры шкивов 6, достигалась необходимая скорость вращения ротора. В ходе исследований с помощью ваттметра 7 замерялась мощность, потребляемая электродвигателем привода ротора. При испытаниях крупная фракция постоянно ссыпалась в сборник 8, а мелкая накапливалась в нижней конической части сепаратора и периодически после каждого опыта удалялась в емкость при открытии шибера 9. Перфорированная обечайка, на которой происходит разделение порошка, имела размеры: диаметр – 0, 42 метра, а высота – 0,15 метра и изготавливалась из металлической сетки с размером отверстий

0,66; 0,44 и 0,28 мм. Скорость вращения ротора с лопастями составляла 750, 1000 и 1500 об/мин. В качестве материала для классификации использовались мука, полученная измельчением зерна ячменя на фураж, а также измельченные в шаровой мельнице клинкер, гипс. Классификация этих материалов является весьма актуальной для промышленного производства. Применение муки ячменя грубого помола, где многие частицы имели иглообразную форму и максимальный размер их достигал 2,5 мм, позволяло изучать возможность забивки отверстий сетки. Используемый нами при исследовании клинкер являлся тем продуктом, который подается в ПО «Волковыскцементошифер» на сепаратор фирмы «MAGOTTEAUX» (Бельгия), недавно закупленный объединением. Поэтому естественно представляло интерес получить результаты классификации на конструкции нашего сепаратора.

3. Теоретические и экспериментальные исследования разработанной конструкции сепаратора

Успешное внедрение разработанной конструкции проточного роторно-центробежного сепаратора может быть обеспечено при наличии надежной инженерной методики их расчета. Данная методика должна позволять находить близкие к оптимальным конструктивные и технологические параметры. Определение этих параметров возможно на основании теоретических исследований, результаты которых в дальнейшем были подтверждены экспериментально. Для проведения теоретических исследований была рассмотрена физическая модель движения частиц материала в сепараторе.

Для расчета динамики движения частицы по вращающемуся диску было составлено и решено следующее дифференциальное уравнение:

$$m \cdot \frac{d^2 r}{dt^2} = F_ц - F_m \pm R\,, \tag{1}$$

где m – масса частицы, r– текущий радиус, $F_ц$ – центробежная сила инерции, F_m – сила трения, R – аэродинамическая сила.

Расчеты, приведенные в работе [5, с.19–28] показывают, что воздух оказывает незначительное влияние на скорость движения частицы по лопатке и в этом случае величиной R в первом приближении можно пренебречь.

Далее были составлены уравнения движения газа и частицы в кольцевом пространстве между ротором и перфорированной обечайкой.

Движение частицы в кольцевом канале, ограниченном внешними кромками ротора и классифицирующей поверхностью, определяется начальными кинетическими параметрами частицы (т.е. величиной полной скорости и ее направлением при входе в кольцевой канал) и гидродинамическим воздействием на частицу движущегося в кольцевом канале газового потока. Гидродинамику на этом участке можно моделировать как плоское движение потоков между вращающимися коаксиальными перфорированными цилиндрами бесконечной длины [6, с.152–158]. Делается предположение, что на оси цилиндров находится источник сплошной фазы с удельным расходом Q. Радиальная скорость газа в области между цилиндрами равна:

$$W_r = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r_p \cdot b}\,, \tag{2}$$

где r_p – радиус перфорированной обечайки, b – высота перфорированной обечайки.

Уравнения Навье-Стокса, описывающие движение газа, преобразуются в систему двух обыкновенных дифференциальных уравнений [7, с.48–50]:

$$\begin{cases} \dfrac{dp}{dr} = \rho_г \cdot \left(\dfrac{W_\varphi}{r} + \dfrac{Q^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot r_p{}^3} \right) \\ \dfrac{d^2 W_\varphi}{dr^2} - \dfrac{1}{r_p} \cdot \left(\dfrac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \nu} - 1 \right) \cdot \dfrac{dW_\varphi}{dr} - \dfrac{1}{r_p{}^2} \cdot \left(\dfrac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \nu} + 1 \right) \cdot W_\varphi = 0 \end{cases}, \tag{3}$$

где p – давление, создаваемое газовым потоком, движущимся в кольцевом канале, $\rho_г$ – плотность воздуха, кг/м^3, W_φ – тангенциальная составляющая скорости газового потока в кольцевом канале, м/с, ν – кинематическая вязкость воздуха, м^2/с.

Уравнение движения частицы в кольцевом канале в цилиндрической системе координат будет иметь вид [8,9]:

$$\begin{cases} m \cdot \left(\dfrac{dV_r}{dt} - \dfrac{V_\varphi{}^2}{r} \right) = F_r \\ m \cdot \left(\dfrac{dV_\varphi}{dt} + 2 \cdot \dfrac{V_\varphi \cdot V_r}{r} \right) = F_\varphi \end{cases}, \qquad (4)$$

где m – масса частицы, V_r, V_φ – соответственно радиальная и тангенциальная составляющие скорости частицы, F_r, F_φ – соответственно радиальная и тангенциальная составляющие силы, действующей на частицу со стороны воздушного потока.

Таким образом, нами составлены системы уравнений, описывающие движение частицы в межлопастном пространстве (1) и в кольцевом канале между ротором и перфорированной обечайкой (3, 4). На основе этих уравнений разработана программа для расчета движения частицы от начала подачи в центральную часть ротора до контакта с перфорированной обечайкой. Результаты расчетов представлены на *рис. 2*.

Теоретические расчеты, проведенные при помощи программы, показали, что влияние плотности частиц на соотношение радиальной и тангенциальной скоростей частицы несущественно, следовательно, на граничный размер щели эти параметры практически не влияют.

С помощью разработанной программы рассчитан минимальный размер щели для прохода граничного размера частиц. Минимальный размер щели равен отношению эквивалентного диаметра частицы к синусу угла подхода частицы к перфорированной обечайке. Угол подхода рассчитывался как арктангенс отношения радиальной скорости частицы к тангенциальной. При этом программой учитывалась возможность того, что частица не сразу попадет в отверстие, а ударится о перфорированную обечайку и отскочит от нее. В этом случае радиальная скорость частицы будет определятся лишь воздействием газового потока в кольцевом зазоре и центробежной силой инерции, следовательно, угол подхода частицы к перфорированной обечайке будет иным, меньшим. Расчеты проводились для различных частот оборотов ротора (в пределах от 750 до 3000 об/мин), при этом наблюдалось несущественное, не более 1,5 %, расхождение значений минимального размера щели, поэтому на графиках мы приводим усредненные зависимости.

С помощью графиков (*рис. 2*) можно подбирать размер отверстий перфораций с целью достижения заданного граничного зерна разделения тонкодисперсного продукта.

Для проверки наших теоретических исследований были проведены экспериментальные исследования по определению максимального граничного размера частиц, проходящих через заданное отверстие перфорации. Одновременно проводились экспериментальные исследования по определению

Рис.2. Определение граничного зерна
d – эквивалентный дивметр частиц, мм; h – размер щели, мм;
1 – первичный подход; *2* – повторный подход

Рис. 3. Фракционный состав продуктов классификации муки D – суммарный выход классов,%; d – эквивалентный диаметр частиц; мм. Фракционный состав: *1* – мелкой фракции, *2* – крупной фракции, *3* – исходного продукта

эффективности работы сепаратора в зависимости от производительности по исходному порошку и частоты вращения ротора. В качестве материала для сепарации использовалась клинкер цемента, гипс, мука, полученная измельчением зерна ячменя. Результаты экспериментов для всех материалов близки между собой, но так как разброс дисперсного состава продуктов сепарации муки значительно выше чем в других случаях, то в данной статье мы приводим результаты исследований только муки, они более наглядны.

Результаты экспериментальных исследований классификации муки при различной частоте вращения ротора и различной производительности по исходному материалу в пределах рабочих значений подтвердили ранее проведенные теоретические исследования, согласно которым на граничный размер частиц, проходящих через отверстие перфорации, скорость вращения ротора не влияет, так как с изменением скорости вращения возрастает как радиальная, так и тангенциальная скорость частиц при сходе с лопатки, а также не влияет и производительность по исходному материалу, так как частицы движутся обособленно, не влияя друг на друга.

На графике (*рис.3*) приведены результаты исследований классификации муки при размере отверстий перфорированной обечайки равном 0,28×0,28 мм, частоте вращения ротора 1000 об/мин.

Анализируя степень извлечения частиц мелкой фракции в тонкодисперсный продукт, обратимся к теоретическим исследованиям, которые представлены в виде зависимостей 1 и 2 (*рис. 2*). Они показывают, что частицы, имеющие размер меньше граничного, полученного согласно зависимости 2, должны полностью отделятся в сепараторе, а частицы с размером в пределах от граничного размера по зависимости 1 до граничного размера по зависимости 2 должны отделятся частично. Результаты экспериментальных данных, приведенные на *рис. 3*, подтверждают вышеизложенные теоретические выводы. Например, согласно зависимости 1 (*рис. 2*) при размере отверстий перфорированной обечайки равном 0,28 мм граничный размер частиц равен 0,19 мм, а согласно зависимости 2 (*рис. 2*) граничный размер равен 0,11 мм, то есть все частицы размером меньше 0,11 мм должны полностью удалиться через отверстия перфораций, а частицы размером от 0,11 мм до 0,19 мм – частично. Линии 1 и 2 графика (*рис. 3*) характеризуют дисперсный состав мелкого и крупного продукта после сепарации. Они показывают, что частиц размером до 0,11 мм нет в крупном продукте, частицы размером от 0,11 мм до 0,18 мм есть как в крупном, так и в мелком продуктах, а частицы размером более 0,19 мм находятся только в крупном продукте – это граничный размер частиц мелкой фракции – что и подтверждает наши теоретические расчеты.

Обработка экспериментальных данных позволила получить математическую зависимость для описания гранулометрического состава порошка, прошедшего через перфорированную обечайку в зависимости от размеров ее отверстий:

$$D = 100 \cdot \left[1 - e^{-\left(11{,}4 \cdot b^{-2{,}3}\right) \cdot x^{2{,}5}} \right], \qquad (5)$$

где $D -$ суммарный выход классов, %; $b -$ размер отверстий перфораций, мм; $x -$ размер частиц, мм.

Результаты экспериментальных данных использованы для проектирования промышленной установки по сортировке на фракции муки грубого помола.

Литература

1. *Барский М. Д.* Фракционирование порошков. М.: Недра, 1980. 376 с.
2. *Левданский А. Э., Левданский Э. И.* Высокоэффективные проточные процессы и аппараты. Мн: БГТУ, 2000. 198 с.
3. *Левданский Э. И., Левданский А. Э., Волк А. Ф., Чиркун Д. И.* Заявка на изобретение № а 20021041 РБ.
4. *Левданский А. Э.* Сортировка сыпучих материалов в газоцентробежных и инерционно-отражательных классификаторах. Дис. к. т. н. Мн.,1993. 196 с.
5. *Рис В. Ф., Маковец Л. В.* О физических особенностях процесса газоабразивного износа колес центробежных компрессоров // Труды ЦКТИ. 1980. вып.181. С.19–28.
6. Течение вязкой жидкости в пространстве между движущимися проницаемыми поверхностями / *А. М. Волк* // Инж. физ. журнал. 1993. Т.65. №2. С.152–158.
7. Расчет оптимальных гидродинамических параметров вихревого разделения суспензий / *А. М. Волк, Н. И. Ковалева, Н. П. Кохно и др.*// Химическая промышленность. 1990. №2. С.48–50.
8. *Соу С. Г.* Гидродинамика многофазных систем. М.: Мир, 1971. 536 с.
9. *Абрамович Г. Н.* Теория турбулентных струй. М.: Физматиздат, 1960. 715 с.

©БГТУ

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННОЙ К-102 УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ В УСЛОВИЯХ ОАО «МОЗЫРСКИЙ НПЗ»

***В. А. ШАБАЛОВ*, В. П. КОБРИНЕЦ**

The purpose of work - development of algorithm of optimization of static operating modes of a column. During work the criterion of optimization is chosen and statement of a problem of optimization of static operating modes of a column

according to which the mathematical model of process is developed is developed. By development of algorithm of optimization the mathematical method of optimization - a method of nonlinear programming is chosen, the detailed block diagram of algorithm of optimization according to which the program of the decision of the given problem on the computer is made is developed. Calculations of optimum modes are carried out and efficiency of the developed algorithm of optimization is confirmed

Ключевые слова: атмосферная колонна, алгоритм оптимизации, математическая модель, критерий оптимизации

Процесс переработки нефти в колонне К-102 является сложным, многофакторным, с большим числом взаимосвязанных параметров объектом, управление которым для технолога представляет довольно сложную и трудоемкую задачу, приводящую к разнообразным тактикам ручного управления, что снижает эффективность процесса.

Для повышения эффективности данного процесса, связанного с увеличением выхода светлых нефтепродуктов, необходимо управление им по оптимальному алгоритму с использованием математической модели процесса и средств вычислительной техники.

Задача оптимизации статических режимов в колонне К-102 формулируется следующим образом: при заданных значениях управляющих воздействий по выходам фракций 140–180ºС, 180–230ºС, 230–360ºС (в соответствии с технологическими требованиями их максимальных значений) обеспечить выполнение качественных показателей данных фракций по соответствующим температурам их выкипания и при заданных ограничениях на диапазоны остальных управляющих воздействиях в пределах технологического регламента.

Ввиду наличия возмущающих и неконтролируемых факторов процесс ректификации в колонне К-102 можно отнести к классу стохастических и для получения его математической модели использовать методы математической статистики.

На основании данных о технологических параметрах процесса, взятых из режимных листов, определены их основные статистические характеристики, оценена степень их колеблемости и проведен корреляционный анализ данных параметров.

Определены виды (формы) и разработаны адекватные уравнения регрессии математической модели относительно всех выходных переменных.

На основании математической формулировки задачи оптимизации, разработанной математической модели выбран наиболее эффективный в данных условиях математический метод оптимизации – один из методов нелинейного программирования – метод сканирования.

С применением выбранного метода оптимизации и математической модели процесса разработана детальная блок-схема алгоритма оптимизации.

По данной блок-схеме разработана программа решения задачи оптимизации на ЭВМ и проведен расчет оптимальных режимов статики процесса в колонне.

Сравнительный анализ режимов нормальной эксплуатации и расчетных оптимальных режимов показал возможность повышения эффективности процесса за счет увеличения выхода светлых нефтепродуктов.

Проведенная оценка работоспособности и эффективности разработанного алгоритма оптимизации показала возможность его применения в различных диапазонах изменения нагрузки колонны по расходу отбензиненной нефти.

© ПГУ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

А. В. ШАРДЫКО, М. Л. ХЕЙФЕЦ, В. И. СЕМЕНОВ

Priority problem of machine building on modern stage alongside with provision due technical level is increasing quality and reliability of the machines. Earlier specialist it is not enough was used possibility technological and working heredity i.e. influences result previous operation on working characteristic of the final products. In recently questions technological and working heredity is spared all greater attention. Technological and working heredity in view of person of specifics of the laboratory studies at repair of the machines to date little were considered. So study of the technological inheritance physico-mechanical and geometric parameter quality when recovering the details in repair production particularly currently. The called on studies have allowed to reveal the defining processes of the issue characteristic when recovering and processing the worn-out surfaces supporting neck and fist of the camshaft of the engine ZMZ-53 and in accordance with them to develop the regulationses for operation of the technological process

Ключевые слова: технологическое и эксплуатационное наследование, физико-механические, геометрические параметры качества

1. ВВЕДЕНИЕ

Технологическое управление – один из основных методов повышения качества машин, зачастую более эффективный, чем конструктивные решения и надежная эксплуатация. Ранее специалистами недооценивалась возможность технологической и эксплуатационной наследственности, т.е. результатов предыдущих операций, на эксплуатационные свойства готовых изделий. В последнее время вопросам технологической и эксплуатационной наследственности уделяется все большее [1, 2].

Обеспечение надежности и высокого качества продукции на этапе создания и освоения производства и ремонта изделий заключаются в организации такой технологической подготовки и осуществлении производства, при которых продукция соответствовала бы требованиям конструкторской документации и не имела бы вредных последствий от технологических методов обработки. Поэтому все операции и их технологические переходы следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как конечные характеристики формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются при эксплуатации машины, ее техническом обслуживании и ремонте [2].

Технологическая и эксплуатационная наследственность в виду особой специфики лабораторных и натурных исследований при ремонте машин до настоящего времени мало рассматривалась. Поэтому изучение технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества при восстановлении деталей в ремонтном производстве особенно актуально.

2. АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ НАСЛЕДОВАНИЯ

Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевают явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операций и переходов к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин [1, 2].

Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхности детали со всем многообразием описывающих их параметров. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических факторов [3].

В технологической цепочке существуют своего рода «барьеры». Некоторые технологические факторы преодолеть эти «барьеры» не могут и в таком случае их влияние на конечные свойства объекта отсутствуют. Другие факторы такие «барьеры» проходят, но при этом значительно теряют свою исходную силу и влияют на конечные свойства очень слабо [4].

Самым существенным «барьером» являются термические операции, а также операции, сопровождающиеся поверхностным деформированием и упрочнением, так как они изменяют микроструктуру обрабатываемого материала, микрогеометрию формируемой поверхности, приводят к короблению детали и искажению ее формы. В ходе этих операций различные пороки поверхности, такие как структурная неоднородность, поры, микротрещины, могут развиваться или «залечиваться».

Следовательно, процессом технологического наследования можно управлять, с тем, чтобы свойства, положительно влияющие на качество детали, сохранить в течение всего технологического процесса, а свойства, влияющие отрицательно, – ликвидировать в его начале [1,2].

Технологический процесс восстановления поверхности изделия может быть представлен в виде графа, выделяющего операции подготовки поверхности, ее восстановления и упрочнения, а также последующей обработки. Граф, как правило, является ориентированным, а параметры качества взаимосвязаны между собой. Рассмотрим развернутый граф (*рис. 1*), который предусматривает, с одной стороны, последовательность операций технологического процесса, а с другой – основные параметры детали и их изменение в ходе технологического процесса. Граф выделяет влияние отдельных параметров детали на качество сборки, но также может показывать изменение этих параметров в процессе эксплуатации собранного изделия.

Начальная вершина графа, при описании технологического процесса представляет собой заготовку (З), а для ремонтного производства – исходную изношенную деталь. Конечная вершина технологического процесса – готовая восстановленная и упрочненная деталь (Д), поступающая на сборку.

Рис.1 Развернутый граф технологического наследования, учитывающий комплекс параметров качества в процессе подготовки, восстановления, упрочнения и обработки поверхностей детали

Рис.2. Граф технологического наследования, отражающий взаимовлияние физико-механических и геометрических параметров качества рабочих поверхностей детали

Ориентированные ребра графа показывают передачу эксплуатационных свойств детали при восстановлении, упрочнении и обработке. Передача ребра описывается коэффициентом наследования К, показывающим количественное изменение свойства и равным отношению предыдущих S_j и последующих S_{j+1} значений свойства.

$$K = S_j / S_{j+1} \quad (1)$$

Помимо прямой передачи свойств (*рис.1*) при технологическом наследовании целесообразно оценивать можно их взаимовлияние (*рис.2*).

Общую структуру технологического процесса можно представить как сложную многомерную систему в виде последовательности изменения основных параметров качества детали [2,5].

На вход системы поступают различные характеристики заготовки $\{S_{10}, S_{20}, ..., S_{m0}\}$, а на выходе обеспечивается соответствующий набор тех же характеристик для готовой детали $\{S_{1p}, S_{2p}, ..., S_{mp}\}$. Эти изменения определяются действием совокупности технологических $\{t_{l1}, t_{l2}, ..., t_{ln}\}$ факторов для каждой операции φ_l технологического процесса.

Так, для одного из параметров качества *S* после окончательной обработки:

$$S_p = a_p S_{p-1}^{b_p}. \quad (2)$$

Количественные связи технологической наследственности, зависящие от выбора метода обработки, определяются коэффициентами b, а основные условия обработки внутри этого метода – коэффициентами *a*.

Выполнив преобразования с уравнениями (2) для предшествующих операций φ_{p-1}, φ_{p-2} ,.., φ_1 найдем общую математическую модель изменения параметра качества для всего технологического процесса:

$$S_p = a_p a_{p-1}^{b_p} a_{p2}^{\left(b_p b_{p-1}\right)} ... a_1^{\left(b_p b_{p-1} ... b_2\right)} S_0^{\left(b_p b_{p-1} ... b_1\right)}. \quad (3)$$

Коэффициент наследственности a_l описывает влияние технологических факторов t_{l1}, t_{l2}, ..., t_{ln} на рассматриваемый параметр качества S_j для операции φ_l и может быть представлен:

$$a_1 = k_{l0} t_{l1}^{k_{l1}} t_{l2}^{k_{l2}} ... t_{ln}^{k_{ln}}, \quad (4)$$

где k_{l0}, k_{l1}, k_{l2}, .., k_{ln} – эмпирические коэффициенты влияния технологических факторов.

Анализ выражений (3) и (4) показывает, что весь технологический процесс может быть выражен в виде суммы действия окончательной операции и некоторой доли влияния предшествующих операций на исходное состояние заготовки (изношенной детали) S_0, которые определяются коэффициентами наследственности b_1, b_2, .., b_p.

Если на какой-либо операции φ_l коэффициент технологической наследственности $b_l = 0$, то это означает отсутствие влияния исходного качества состояния заготовки на окончательное состояние после данной операции, что может служить интерпретацией действия операции φ_l как непреодолимого «технологического барьера» [2, 5]. При изготовлении деталей требуется обеспечить значительное число параметров качества, поэтому необходимо рассматривать общие математические модели. Такие модели могут быть представлены системой уравнений, описывающих влияние технологических факторов t_{l1}, t_{l2}, ..., t_{ln} на отдельные выходные параметры качества обработки S_{1p}, S_{2p}, ..., S_{mp}.

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ

Для описания технологического наследования эксплуатационных свойств распределительного вала двигателя ЗМЗ-53 в процессе ремонта рассматривалась совокупность физико-механических и геометрических свойств: твердости (Н), отклонений формы (ρ), точности размеров (I) и рельефа поверхности (R).

Для этого в качестве определяющего свойства поверхностей опорных шеек и кулачков принималась физико-механическая характеристика – твердость по Роквеллу (HRC), а в качестве зависимых от нее последовательно рассматривались отклонения формы поверхностей (биение ρ), точность размеров (квалитет IT) и шероховатость поверхности (среднеарифметическое отклонение профиля Ra).

Эксплуатационные параметры измерялись как на исходных изношенных деталях (I) двигателей, поступивших на капитальный ремонт, так и после технологических операций маршрута восстановления (II) и обработки (III) детали.

Рассматривался типовой технологический маршрут процесса восстановления распределительного вала двигателя ЗМЗ-53, состоящий из следующих операций:

1) подготовительная; 2) мойка и очистка; 3) дефектация; 4) подрезка торцов; 5) наплавка кулачков вала; 6) правка вала по шейкам; 7) обдирочное шлифование наплавленных кулачков; 8) наплавка поверхности под шестерню и эксцентрик; 9) наплавка опорных шеек; 10) правка вала; 11) обдирочное шлифование поверхностей под эксцентрик и шестерню, опорных шеек; 12) фрезерование шпоночного паза; 13) закалка опорных шеек, шестерни и кулачков; 14) правка вала; 15) шлифование предварительное опорных шеек; 16) шлифование предварительное кулачков; 17) шлифование окончательное опорных шеек; 18) правка вала; 19) шлифование окончательное кулачков; 20) приемочный контроль; 21) мойка; 22) консервация.

Измерения твердости HRC, отклонений формы ρ, точности размеров IT и рельефа поверхности Ra проводились на большой партии ремонтируемых изделий (50штук). Исследуемые валы разбивались на 10 классов, имеющих различную степень износа рабочих поверхностей. В каждом из 10 исследуемых классов в качестве расчетного значения принималось среднеарифметическое значение.

На основании расчетных результатов по формуле (1) определялись коэффициенты передачи наследования K^H, K^ρ, K^I, K^R для графа на *рис.1* и коэффициенты взаимовлияния технологического наследования $K^{H\rho}$, K^{HI}, K^{HR}, $K^{\rho I}$, $K^{\rho R}$, K^{IR} для графа на *рис.2*. Коэффициенты взаимовлияния рассчитывались как передача К для геометрических параметров качества $K^{\rho I}$, $K^{\rho R}$, K^{IR} или как величина обратная передаче 1/К для взаимовлияния физико-механических и геометрических параметров.

Для оценки технологического наследования по технологическому маршруту рассчитывались результирующие коэффициенты Кр, равные произведению соответствующих коэффициентов для эксплуатационных параметров качества по всей последовательности операций. Для определения степени влияния технологического наследования на различных технологических операциях рассчитывались коэффициенты сравнения Кс, равные отношению коэффициентов взаимовлияния на предшествующих и последующих операциях.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ НАСЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА

Изучение экспериментальных данных позволило определить основные зависимости технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества распределительного вала двигателя ЗМЗ-53 в процессе ремонта (*табл.1 и 2*). Коэффициенты передачи (*табл. 1*) показывают, что технологический процесс восстановления и упрочнения коренным образом отличается от рационального технологического процесса механической обработки. При механической обработке в процессе изготовления детали на начальных операциях устраняется вредное влияние технологической наследственности, т.е. коэффициенты велики (К>>1) для геометрических и малы для физико-механических (1>К>0) параметров качества, а на заключительных операциях они стабилизируются (К→0).

Коэффициенты взаимовлияния (*табл.2*) позволяют оценить значимость как технологических операций, так и технологических факторов и параметров на отдельных операциях. Так, твердость материала существенно влияет на геометрические параметры. Для отклонений формы это влияние особенно важно на начальных операциях. В остальных случаях оно стабильно по всем технологическим переходам.

Геометрические параметры цилиндрических поверхностей опорных шеек наследуются слабо, особенно это заметно на начальных операциях. Причем для микрорельефа поверхности (ее шероховатости) операции восстановления являются технологическими «барьерами» (так как KρR и KIR→0). Дальнейшее влияние предыдущих геометрических параметров на последующие также не велико и сказывается только на точности обработки.

Графики изменения твердости опорных шеек и кулачков распределительных валов двигателя ЗМЗ-53 показывают, что технологическими «барьерами» при восстановлении рабочих поверхностей являются операции наплавки, а окончательные геометрические параметры качества поверхностей формируются при шлифовании. В результате исследований установлено, что в процессе электродуговой наплавки проволоки Св-08Г2С в среде CO_2 твердость поверхности стабилизируется (колебания в пределах 3…5 HRC), в то время как исходные детали имели существенный разброс (до 20 HRC). После наплавки проволоки заданная в технической документации твердость обеспечивается последующей термической обработкой.

Таблица 1. **Коэффициенты передачи технологического наследования К и результирующие коэффициенты Кр твердости Н, отклонений формы ρ, точности размеров I и рельефа поверхности R распределительного вала двигателя ЗМЗ-53 (в числителе – средние коэффициенты по опорным шейкам вала, в знаменателе – по кулачкам)**

Операции процесса ремонта	Коэффициенты передачи технологического наследования			
	K^H	K^ρ	K^I	K^R
Дефектация-Восстановление: K_1	3,3/3,3	0,8/-	0,3/0,9	0,4/0,6
Восстановление-Окончательная обработка: K_2	0,3/0,3	1,9/-	3,9/1,1	4,1/2,9
$Kp=K_1 \cdot K_2$	0,99/0,99	1,52/-	1,17/0,99	1,64/1,74

Таблица 2. **Коэффициенты взаимовлияния К и сравнения Кс при передаче физико-механических Н и геометрических ρ, I, R параметров поверхностей распределительного вала двигателя ЗМЗ-53**

Операции процесса ремонта	Коэффициенты взаимовлияния технологического наследования					
	$K^{H\rho}$	K^{HI}	K^{HR}	$K^{\rho I}$	$K^{\rho R}$	K^{IR}
Дефектация-Восстановление: K_1	1208/-	302/23,9	35,5/45,8	0,3/-	0,04/-	0,03/1,6
Восстановление-Окончательная обработка: K_2	538/-	394/8,6	43,6/38,7	1,0/-	0,1/-	0,4/5
$Kc=K_1/K_2$	2,25/-	0,77/2,78	0,81/1,18	0,3/-	0,4/-	0,08/0,32

Геометрические параметры поверхности (точность размеров IT, шероховатость поверхности Ra, радиальное биение ρ) после черновой обработки наследуются на чистовых операциях шлифования шеек и кулачков распределительного вала. Геометрические отклонения поверхностей после правки сохраняются на последующих операциях обработки и сборки.

Анализ зависимостей влияния технологических факторов на наследование параметров качества дал возможность выявить определяющие процессы передачи свойств при восстановлении, упрочнении и обработке изношенных поверхностей опорных шеек и кулачков распределительного вала двигателя ЗМЗ-53.

В результате анализа установлено, что в процессе электродуговой наплавки проволоки Св-08Г2С в среде CO_2 на твердость HRC поверхности оказывают влияние сила тока электрической дуги, диаметр наплавочной проволоки, а также скорости подачи и главного движения обработки. Определяющим параметром для управления качеством наплавки является сила тока. При газопламенной наплавке порошка ПГ-10Н-01 на твердость восстанавливаемой поверхности наиболее сильное влияние оказывают расход как самого порошка, так и газа – ацетилена.

При окончательном шлифовании на твердость HRC и шероховатость Ra поверхности влияют радиальная и тангенциальная составляющие силы резания, которые определяются глубиной резания и подачей при шлифовании, а также скоростями вращения круга и заготовки. Поэтому при управлении качеством обработки главное внимание следует уделять глубине резания и подаче шлифовального круга.

По результатам исследований рекомендовано:

1. Обеспечить в процессе наплавки однородность материала покрытия, регулируя прежде всего силу тока, расход наплавочного материала и газа, а в процессе закалки высокую твердость поверхности (54…56 HRC).
2. Устранить операции правки после термической обработки из технологического процесса восстановления распределительного вала для снижения взаимного радиального биения поверхностей до 0,02 мм и обеспечения требуемой точности рабочих поверхностей.

5. ВЫВОДЫ

Проведенные исследования технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества и анализ возможностей и целесообразности обезличенного ремонта распределительного вала двигателей ЗМЗ-53 показали:

1. Технологическое наследование в процессе восстановления и упрочнения коренным образом отличается от рационального технологического процесса механической обработки, в котором на начальных операциях устраняется вредное влияние технологической наследственности, а на заключительных операциях стремятся к улучшению параметров. При восстановлении деталей как геометрические, так и физико-механические параметры сначала ухудшаются, затем улучшаются, однако в целом по всему технологическому процессу физико-механические характеристики восстанавливаются, а геометрические, связанные с микрорельефом поверхности, улучшаются.

2. При технологическом наследовании свойств в процессе восстановления проявляется взаимосвязь физико-механических и геометрических параметров качества детали. Твердость материала существенно влияет на отклонения формы детали, а также на точность размеров поверхностей, влияние на шероховатость геометрических и физико-механических параметров качества не заметно.
3. В процессе восстановления операции наплавки и правки являются наиболее заметными «технологическими барьерами» для физико-механических параметров материала и напряженного состояния поверхностного слоя, которые затем сказываются на отклонениях формы и точности размеров готовых деталей при обкатке в двигателе и дальнейшей эксплуатации.
4. По результатам исследования технологического наследования рекомендовано обеспечивать в процессах наплавки и закалки однородность материалов покрытий и высокую твердость поверхностей, устранять операции правки после термической обработки и контролировать деформацию детали для снижения радиального биения поверхностей и обеспечения требуемой точности детали в сборочном узле.

Литература

1. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей / *П. И. Ящерицын, М. Л. Хейфец, Б. П. Чемисов* и др. – Новополоцк: ПГУ, 1996. – 136 с.
2. Технологические основы управления качеством машин / *А. С. Васильев, А. М. Дальский, С.А.Клименко и др.*/ - М.: Машиностроение, 2003. – 256с.
3. *Иванов В. П.* Основы ремонта машин: Учебное пособие. - Новополоцк: ПГУ, 2000. – 245с.
4. *Дальский А. М.* Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин.– М.: Машиностроение, 1975.– 223 с.
5. *Ящерицын П.И., Рыжов Э.В., Аверченков В.И.* Технологическая наследственность в машиностроении. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 256 с.

©БРУ

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

***А. В. ШВАЯКОВ*, Б. Б. СКАРЫНО**

This paper present an approach to implementing a fuzzy logic controller on the MCS, AVR and PLD in order to archive best transitional process in a system with time-varying behavior. Numerical simulation show the effectiveness of fuzzy PI controller in comparison with conventional PI controller

Ключевые слова: нечеткий регулятор, нечеткая логика, электропривод

Нечеткое управление в настоящее время является одной из перспективных интеллектуальных технологий [1]. Особые качества систем управления с нечеткой логикой, в частности, малая чувствительность к изменению параметров объекта управления позволяет создать высококачественные системы управления, что подтверждается многочисленными примерами в различных отраслях техники. В системах управления электроприводами, в которых объект управления характеризуется непостоянством параметров или является нелинейным звеном, применение средств нечеткой логики также актуально [2, 3, 4].

В работе рассматривается возможное построение одноконтурной системы управления скоростью «ШИП-МПТ» с нечетким логическим пропорционально-интегральным (ПИ) регулятором. Отличительной особенностью рассматриваемой системы является изменение во времени момента инерции. Разработанный нечеткий логический регулятор имеет две нормированные входные переменные и одну выходную. Логические операции выполняются над треугольными логическими подмножествами. База правил содержит 25 логических правил. Нечеткий логический вывод выполняется методом Мамдани [1]. Метод логической конъюнкции эквивалентен методу алгебраического произведения. Метод логической дизъюнкции эквивалентен методу алгебраического произведения. Дефаззификация производится методом взвешенной суммы [1]. Представлены результаты численного моделирования классического ПИ регулятора и нечеткого логического ПИ регулятора, а также расчеты критерия качества переходных процессов.

Анализ возможных вариантов реализации нечеткого логического регулятора позволяет сделать вывод [2, 3], что построение нечеткого логического регулятора возможно на базе однокристальных микроконтроллерах семейства MCS, AVR, а также на базе программируемых логических устройствах (ПЛУ).

Оценка результатов моделирования и расчет аппаратных затрат показывают преимущества систем, построенных на базе ПЛУ по сравнению с традиционными системами. Кодирование алгоритма работы выполнялось на языке VHLD. Удовлетворительные результаты получены при реализации нечеткого логического пропорционально-интегрального регулятора на базе однокристальных микро-

контроллеров серии AVR семейства Mega фирмы ATMEL, программное обеспечение для которых разрабатывается на языке С.

Дальнейшая оптимизация программы расчета управляющего воздействия нечеткого логического регулятора возможна за счет табличной интерполяции функций принадлежности.

Литература

1. *Леоненков А. В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. – 763 с.: ил.
2. *Шваяков А. В.* К вопросу использования нечетких регуляторов в системах управления ЭП // Информационные технологии, энергетика и экономика: Материалы докл. межрегиональн. науч.-техн. конф. – Смоленск, 2004. – С. 91–94.
3. *Шваяков А. В.* К вопросу о применении нечетких регуляторов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Международн. науч.-техн. конф. – Могилев, Белорусско-Российский ун-т, 2004 – С. 14–15.
4. *Шваяков А. В.* К вопросу о реактивной мощности, потребляемой асинхронными электроприводами по системе «ТРН-АД» // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: Респ. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов – Могилев, Белорусско-Российский ун-т, 2004 – С. 163.

© БНТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПАРАФАЗНЫХ ФОТОПРИЕМНИКОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МОДЕРНИЗАЦИИ ОДНО-ДВУХКАНАЛЬНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И МЕТОДОВ

***Н. В. ЯРЖЕМБИЦКАЯ,* О. К. ГУСЕВ**

The physical and mathematical modelling of characteristics of paraphase photodetectors has been carried out. It is shown, that because of using the paraphase photodetectors, multifunctional in their action, it is possible to realize the modernization and perfection of differential and balancing methods and means of optical measurements

Ключевые слова: фотоприемники, моделирование, измерение

Оптические преобразователи, в состав которых входят различные типы фотоприемников, находят широкое применение в информационно-измерительной технике и, в частности, выступают в качестве важнейших узлов оптико-электронных средств и методов измерений [1].

В работе проанализированы структурные схемы и возможности известных оптико-электронных приборов и методов измерений, модифицированных с помощью парафазных фотоприемников [2; 3]. Проведено математическое моделирование характеристик координатных парафазных фотоприемников, позволяющее объяснить координатные и спектральные характеристики двухбарьерных структур как следствие пространственного перераспределения оптической мощности [4].

На конкретном примере рассмотрены особенности процедуры измерений с помощью фотоэлектрического нуль-детектора. При измерении величины входного параметра используется его электрическое уравновешивание в самом фотоприемнике путем приведения выходного сигнала парафазного фотоприемника к нулю с помощью прикладываемого напряжения, т.к. благодаря низкому уровню шумов вблизи нуля обеспечивается максимально возможная точность измерений. При этом отпадает необходимость использования в оптико-электронном приборе эталонных образцов, движущихся оптико-механических узлов (типа клина, диафрагмы; специальных дисков, синхронизирующих оптические потоки и др. деталей), за счет чего не только повышается экспрессность измерений, но и надежность и компактность средства измерения.

Показано, что использование парафазного фотоприемника со знакопеременной зависимостью выходного сигнала от мощности оптического потока позволяет без разделения светового потока на два реализовать уравновешивающий метод измерения оптической мощности, освещенности, оптического пропускания, поглощения и рассеяния за счет свойств парафазного фотоприемника, используемого в качестве фотоэлектрического нуль-индикатора, что позволит упростить схему соответствующих оптико-электронных приборов, снизить их габариты, вес, повысить быстродействие, надежность и облегчит возможность автоматизации процедуры измерений.

Литература

1. *Фукс-Рабинович Л. И., Епифанов М. В.* Оптико-электронные приборы // Л.: Машиностроение. 1979. с. 360.
2. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC. Под ред. *У. Томпкинсона и Дж. Уэбстера //* М.:Мир. 1992. с. 589.
3. *Яржембицкий В. Б., Свистун А. И., Яржембицкая Н. В.* Структурные особенности и характеристики фотоэлектрических нуль-детекторов// Мат. конф. «Наука и практика. Диалоги нового века». 17–19 марта 2003. Набережные Челны. РФ. с. 123–125.
4. *Яржембицкий В. Б., Свистун А. И., Яржембицкая Н. В.* Математическое моделирование характеристик координатных парафазных фотоприемников// Вестник БНТУ. 2004. вып.2. с. 38–42.

©БРУ

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛИРУЕМЫЙ ТАХОМЕТР

***Д. С. ЧЕРВЯКОВ*, А. В. САСИН**

This article is about development of some types of tachometers, and advantages of the optoelectronically controlled tachometers

Ключевые слова: тахометр, синусно-косинусный преобразователь, фазовращатель

Обеспечение качественных характеристик электроприводов средней и большой мощности на основе низкооборотных тахогенераторов постоянного тока, например ПТ-42, в режимах сверхнизких скоростей, достигающих 0.1 мин$^{-1}$, затруднительно из-за влияния пульсаций и зоны нечувствительности в характеристике тахогенератора.

Применение в качестве первичного оптоэлектронного синусно-косинусного преобразователя угла, построенного на дифференциальной основе с глубокой отрицательной обратной связью, позволяют получить два квадратурных сигнала с числом периодов p на оборот вала до 128, сдвинутых друг относительно друга по фазе на 90 градусов, то есть в виде синуса и косинуса с амплитудой U_m и без начальной фазы (см. *рисунок 1*).

Рис. 1. Структурная схема оптоэлектронного тахометра

Если полученные первичные сигналы пропустить через фазосдвигающие устройства, то в результате получим вторую пару квадратурных гармонических сигналов, фазовый сдвиг γ которых будет зависеть от частоты вращения вала.

Перемножение исходных квадратурных гармонических сигналов на сдвинутые по фазе с последующим вычитанием произведений позволяет сформировать выходной сигнал, зависящий от частоты вращения вала.

В итоге выходной сигнал преобразователя с некоторым приближением можно считать линейно зависящим от частоты. Кроме того, при заданных значениях числа периодов p и максимальной частоты вращения ω_{max} вала высокое значение крутизны характеристики преобразователя можно обеспечить за счет соответствующего выбора постоянной времени фазовращателя (см. *рисунок 2*).

Рис. 2. Фазовращатель

В заключение отметим, что такой преобразователь можно рассматривать в качестве регулируемого тахометра, зона нечувствительности и коэффициент пульсаций которого на низких скоростях существенно ниже по сравнению с известными тахогенераторами.

©БГУИР

КОМПЕНСАЦИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАНИПУЛЯТОРА ТИПА ORTHOGLIDE

***Р. И. ГОМОЛИЦКИЙ*, А. П. ПАШКЕВИЧ**

The paper focuses on the compensation of the gravity component of the Orthoglide type manipulator, a parallel mechanism with the quasi-isotropic input/output relations. The result allows to estimate the gravity component and chose compensating device for the manipulator

Ключевые слова: робот, манипулятор, компенсация, гравитационная составляющая

Альтернативой последовательным манипуляторам, которые достигли предела своих динамических показателей [1,2], являются параллельные кинематические машины, обладающие более высокой структурной жесткостью, лучшим отношением грузоподъемность/вес, а также лучшими динамическими свойствами и более высокой точностью [3]. В работе рассматривается параллельный манипулятор типа Orthoglide [4], обладающий квазиизотропными кинематическими и кинетостатическими

свойствами [5], и имеющий симметричную структуру. Однако основная часть гравитационной составляющей приходиться на вертикальное звено манипулятора, что приводит к значительной перегрузке его привода.

Геометрическая модель манипулятора может быть представлена, как два звена одинаковой длины l, массы который равны m_x, m_y, соединенные с инструментом посредством вращательных суставов с одной стороны, и с соответствующими поступательными суставами с другой. Систему координат расположим на пересечении осей поступательных суставов и направим оси координат вдоль них. Также обозначим $\boldsymbol{\rho} = \left[\rho_x, \rho_y\right]^T$ – вектор входных переменных призматических суставов, а вектор положения рабочей точки инструмента, как $\mathbf{p} = \left[p_x,\ p_y\right]^T$.

Для данного манипулятора задача компенсации гравитационных составляющих состоит в том, чтобы привести манипулятор в состоянии равновесия в начальной точке $\mathbf{p}_0 = \left[0,\ 0\right]^T$. Наиболее просто это можно осуществить при помощи противовеса [6], который будет крепиться к части манипулятора, движущейся поступательно вдоль оси Y. При этом высота подъема-опускания груза будет равна $h_{пр} = l - \rho_y$ или в терминах плоскости декартовых координат $h_{пр} = l - p_y - s_y\sqrt{l^2 - p_x^2}$, где s_x, s_y – индексы конфигурации манипулятора. Следовательно, потенциальная энергия противовеса будет равна $P_{пр} = m_{пр}g(l - p_y - s_y\sqrt{l^2 - p_x^2})$, где $m_{пр}$ – масса противовеса, подставив ее в уравнение Лагранжа получим дополнительные слагаемые в уравнении динамики манипулятора: $h_{пр_x} = m_{пр}g \cdot s_y \cdot p_x / \sqrt{l^2 - p_x^2})$ – слагаемое для уравнения X, и $h_{пр_y} = m_{пр}g$ – слагаемое для уравнения Y. Если $m_{пр} = 0.5m_x + m_y + m_{гр}$, где $m_{пр}$ – масса груза, поднимаемого манипулятором, то гравитационная составляющая будет полностью компенсирована.

Литература

1. *Tsai L. W.* Robot Analysis, The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, John Wiley & Sons, 1999.
2. *Angeles J.* Fundamentals of Robotic Mechanical Systems, Springer-Verlag, 1997.
3. *Merlet M J.-P.* Parallel Robots, Kluwer Academic Publishers, 2000.
4. *Chablat, D., Wenger, P.* A new three-DOF parallel mechanism: milling machine applications, 2nd Chemnitz Parallel Kinematics Seminar, Chemnitz, Germany, 2000.
5. *Wenger P., Chablat D.* Design of a Three-Axis Isotropic Parallel Manipulator for Machining Applications: The Orthoglide" Workshop, Quebec City, Quebec, Canada, 2002, pp. 16–24.
6. *Herder J.* Energy-free Systems. Theory, conception and design of statically balanced spring mechanisms. PhD-thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, November 2001.

©БГУИР

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПО ВИБРАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ

***С. А. ГОНЧАРОВА*, П. Ю. БРАНЦЕВИЧ**

This article describes one of the methods for the rotor mechanism technical condition estimation using start-and-stop vibration characteristics. This method is based on the comparison of current characteristics with standard ones. The author enumerates all the requirements for the software decision-making support systems that are oriented on the technical condition estimation of mechanisms with rotational motion and are based on vibration parameters. The article cites an algorithm of the developed decision-making support system that use start-and-stop vibration characteristics. This system is universal and has an ability to adapt to operating with specific groups of parameters.

Ключевые слова: вибродиагностика, система поддержки принятия решений, пуск-выбег, информативные параметры, решающая функция

1. Введение

Современные предприятия энергетики, нефтехимии, машиностроения характеризуются использованием в технологических процессах, многие из которых являются непрерывными, большого количества механизмов, агрегатов и устройств с вращательным движением. Непредвиденные поломки или остановки такого оборудования приводят к существенным экономическим издержкам, связанным с затратами на неплановые ремонты, восстановлением нарушенных технологических процессов, невыполнением обязательств перед потребителями.

Поэтому, с целью недопущения таких ситуаций требуется:

- осуществлять контроль (постоянный или периодический, в зависимости от важности решаемых задач) за техническим состоянием работающего оборудования;

- предоставлять обслуживающему персоналу необходимую информацию и (или) выполнять функцию сигнализации;
- принимать меры по недопущению возникновения аварийных ситуаций;
- прогнозировать изменение технического состояния машин и механизмов;
- решать задачи технической диагностики;
- планировать проведение ремонтных и восстановительных работ, технического обслуживания.

Для механизмов с вращательным движением, эксплуатируемых в больших количествах на предприятиях, весьма актуальны системы, решающие указанные задачи, на основе параметров вибрационного состояния. Они особенно важны для мощных объектов, типа генераторов, компрессоров, двигателей, насосов, работающих в качестве основных элементов непрерывных технологических процессов. Вибрация во многих случаях является отражением состояния контролируемого объекта данного класса, а анализ количественных изменений параметров вибрации позволяет, с определенной долей вероятности, выявить причины, их вызвавшие.

В настоящее время в мире интенсивно развиваются системы вибрационного контроля, оценки технического состояния и диагностики механизмов и агрегатов по вибрационным параметрам. Однако, во многих случаях они по сути представляют собой измерительно-вычислительные комплексы.

Построение систем поддержки принятия решений имеет общие закономерности, но их разработка под конкретные научно-технические направления, даже близкие по смыслу, имеет специфический характер. В связи с этим целесообразно сформулировать обобщенный методологический подход к разработке программных систем, направленных на решение задач поддержки принятия решений, адаптация которых под различные группы вибрационных параметров будет осуществляться по формализованным правилам

2. Обобщенный алгоритм работы программной системы оценки технического состояния механизмов

Существует множество способов оценки технического состояния механизмов по вибрационным параметрам, основанные на использовании различных типов вибрационных характеристик. Наиболее часто используемыми являются характеристики, показывающие изменения какого-либо вибрационного параметра во времени.

Разрабатываемая программная система поддержки принятия решений предназначена для анализа вибрационных характеристик пуска-выбега, которые снимаются во время останова или пуска объекта и показывающая зависимость изменения вибрационного параметра от частоты вращения вала, на основе которых осуществляется контроль и диагностика технического состояния оборудования, и должна выполнять определенный набор функций [1].

Первой функциональной задачей программной системы является обеспечение удобного механизма накопления, хранения и поиска необходимых данных.

Исходные данные для построения характеристик пуска-выбега получаются в результате работы измерительно-вычислительного комплекса «Лукомль-2001» и после предварительной обработки сохраняются в текстовых файлах. Каждый файл данных характеризуется такими параметрами, как предприятие, объект и точка получения характеристик пуска-выбега, дата проведения испытаний, направление контроля, тип процесса и самой характеристики. Часть данной информации содержится в имени файла, имеющего специальный формат [1]:

- первый символ – номер турбоагрегата;
- второй – номер подшипниковой опоры;
- третий – буква F, обозначающая фазовые измерения;
- четвертый, пятый и шестой – дата и код месяца проведенных измерений,
- седьмой – год;
- восьмой – символ, уточняющий тип процесса (пуск или выбег) для которого получены данные;
- первый символ расширения имени файла обозначает направление контроля (G – горизонталь, W – вертикаль, O – осевое);
- второй – тип характеристики (1 – первая оборотная, 2 – вторая оборотная, F – фаза первой оборотной, G – фаза второй оборотной);
- третий – буква T, обозначающая, что файл текстовый).

Файлы представляют собой таблицу данных, в первой колонке которой указывается частота вращения вала, а в остальных – значение соответствующего вибрационного параметра и время.

Файлы заносятся в древовидную структуру каталогов в соответствии с предприятием и объектом получения характеристик, датой проведения испытаний и типом процесса, что позволяет ускорить

поиск необходимых данных по каталогам. Однако при постоянном росте количества файлов структуризации только по именам файлов и каталогам оказывается недостаточно. Также возникает потребность в поиске и фильтрации данных по определенным признакам. Для решения всех перечисленных задач очень удобно использовать базу данных, в которой хранится вся необходимая информация.

Второй функцией программной системы является реализация возможностей выбора и визуального сопоставления вибрационных характеристик пусков-выбегов, полученных в различное время и для разных составляющих.

Работая на этом уровне, специалист, обладающий хорошими знаниями в предметной области, может провести анализ параметров вибрации, выявить тенденции изменения технического состояния механизма, сделать выводы и дать практические рекомендации. Однако, выполнение таких действий требует больших временных затрат, особенно для механизмов с большим числом точек контроля. Поэтому необходимо автоматизировать процесс сравнительного анализа вибрационных характеристик.

Сравнительный анализ является третьей функцией программной системы обработки и анализа вибрационных характеристик пуска-выбега. Оценка технического состояния механизма основывается на сравнении текущей характеристики с базовой (эталонной). По характеру отличий можно судить о развитии каких-либо дефектов и прогнозировании будущего состояния.

При сравнении характеристик пуска-выбега следует учитывать амплитудную близость и подобие форм. Следовательно, информативные параметры, вычисляемые для характеристик и используемые при сравнении, подразделяются на две соответствующие группы.

Амплитудные свойства характеристики можно оценить с помощью следующих параметров [2]:

- амплитуды трех первых (по величине) максимумов аппроксимирующей функции (локальных максимумов);
- амплитуды четырех первых гармонических составляющих аппроксимирующего разложения;
- основной максимум.

Форма функции характеризуется такими параметрами:

- частота максимума функции;
- частоты трех первых максимумов аппроксимирующей функции;
- фазы четырех первых гармонических составляющих аппроксимирующего разложения;
- коэффициент амплитуды;
- коэффициент асимметрии;
- коэффициент островершинности или эксцесс.

Получить общую количественную оценку о величине расхождения одной характеристики относительно другой можно, вычислив расстояние по Манхэттену.

Выводы о подобии характеристик выбега принимаются на основе решающих функций, которые имеет следующий вид [3]:

$$FR(x) = \begin{cases} 0, \text{ если } x \le X_1; \\ 0.25, \text{ если } X_1 < x \le X_2; \\ 0.5, \text{ если } X_2 < x \le X_3; \\ 0.75, \text{ если } X_3 < x \le X_4; \\ 1, \text{ если } X_4 < x; \end{cases}, \quad (1)$$

где x – параметр, относительно которого определяется значение решающей функции, X_j – значения пороговых уровней, причем $X_1 < X_2 < X_3 < X_4$. Их количественные значения выбираются на основе экспертных оценок и накапливаемых экспериментальных данных.

Значения обобщенной решающей функции по амплитудным параметрам и по параметрам формы определяются как взвешенные суммы решающих функций по отдельным параметрам [3]:

$$FR(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot FR(r_i)}{\sum_{i=1}^{n} a_i}, \quad (2)$$

где t – тип параметров, n – количество параметров, использованных для определения обобщенной решающей функции, $FR(r_i)$ – значение решающей функции для i-го параметра, a_i – весовой коэффициент для i-го параметра.

На основе значений этих решающих функций делаются уточняющие выводы о подобии сравниваемых характеристик выбега.

Поскольку сумма весовых коэффициентов не превышает 1, а максимальное значение решающей функции для *i*-ого параметра тоже равна единице, то сумма произведений весовых коэффициентов на значения решающих функций также не превышает единицы. Исходя из этого, на основе полученной обобщающей решающей функции можно сделать выводы о степени подобия сравниваемых характеристик. Если $FR < 0.25$, то следует вывод «очень похожи», если $0.25 < FR < 0.5$, то – «похожи, но есть и отличия», если $0.5 < FR < 0.75$, то – «существенно отличаются», если $0.75 < FR < 1$, то – «сильно отличаются», если $1 <= FR$, то – «совершенно не похожи».

3. Задание решающих функций

Решающие функции хранятся в базе данных в виде формулы, в которой могут использоваться специальные обозначения параметров и функций, которые были заранее определены. Идентификаторы переменных строятся на основе следующего описания: <характеристика><параметр><функция>. Характеристика может иметь значение Base и Compare, что соответственно обозначают базовая и сравниваемая характеристика.

Признак может принимать следующие значения:

- MainMaxA – основной максимум функции
- MaxA1, MaxA2, MaxA3 – значения трех первых по величине амплитуд (локальных максимумов)
- GarmA1, GarmA2, GarmA3, GarmA4 – амплитуды первых четырех гармонических составляющих
- MainMaxFreq – частота основного макисмума
- MaxFreq1, MaxFreq2, MaxFreq3 – частоты трех первых по величине локальных максимумов
- GarmPhase1, GarmPhase2, GarmPhase3, GarmPhase4 – фазы первых четырех гармонических составляющих
- KoeffAmpl – коэффициент амплитуды
- KoeffSkew – коэффициент асимметрии
- Excess – коэффициент островершинности
- ManhDistance – расстояние по Манхеттену

Функция может принимать значение DesFunct и Weight, что соответственно означает значение решающей функции или весового коэффициента.

Ограничениями в данном описании является то, что вместе не могут использоваться атрибуты <характеристика> и <функция> и не может самостоятельно применяться <параметр>.

Приведем несколько примеров описания идентификаторов:

BaseMainMaxA – значение основного максимума базовой характеристики

CompareExcess – значение коэффициента островершинности сравниваемой характеристики

ManhDistDesFunct – решающая функция для расстояния по Манхеттену

GarmPhase1Weight – весовой коэффициент для фазы первой гармонической составляющей

Возможно также использование и индексной функции. В данном случае идентификатор индекса задается в качестве первого параметра и не может иметь длину большую, чем пять символов. Также он должен быть уникальным, т.е. не совпадать с идентифиаторами используемых переменных. Вторым и третьим параметром задается диапозон изменения индекса, в следующих параметрах индексной функции можно использовать идентификатор индекса в качестве операнда в выражениях, параметра какой-либо функции или непосредственно параметром самой индексной функции.

Единственным ограничением в использовании индексных функций является то, что нельзя применять вложенные индексные функции, в противном случае результат может быть непредсказуемым.

4. Заключение

В ходе проведения анализа и выполнения обоснования требований, предъявляемых к программным системам поддержки принятия решений, ориентированных на оценку технического состояния механизмов с вращательным движением по вибрационным параметрам, были сформулированы следующие положения: процедура принятия решений с помощью системы поддержки представляет собой циклический процесс взаимодействия человека и компьютера. Важным фактором является удобная и понятная структуризация данных, полученных с помощью систем вибрационного контроля, а также визуализация, или предоставление пользователю информации о техническом состоянии объекта в различных формах отображения, позволяющая проанализировать проблему с разных точек зрения.

Сформулированы основные функциональные задачи программных систем поддержки принятия решений. Первой функциональной задачей программной системы является предварительная обра-

ботка и графическое отображение исходных виброметрических данных. Второй функцией является реализация возможностей выбора и визуального сопоставления вибрационных характеристик пусков-выбегов, полученных в различное время и для разных составляющих. Сравнительный анализ (третья функция программной системы) – это нахождение различий между базовой и текущей вибрационными характеристиками и выдача заключений о характере отличий и возможных причинах их возникновения.

Реализована программная система поддержки принятия решений по оценке технического состояния механизмов на основе вибрационных параметров. Прикладная программа разработана в соответствии с требованиями, предъявляемыми к программным системам поддержки принятия решений, ориентированных на оценку технического состояния механизмов с вращательным движением по вибрационным параметрам и реализует основные функциональные задачи. Программа представляет собой циклический процесс взаимодействия человека и компьютера, где человек определяет набор исходных данных, а компьютер обрабатывает данные. Результатом выполнения программы является численное значение, отражающее подобие вибрационных характеристик пуска-выбега и выдача заключения о характере отличий. Нахождение и исследование причин их возникновения является объектом последующих исследований.

Литература

1. *Бранцевич П. Ю., Гончарова С. А.* Программная система обработки и анализа вибрационных характеристик выбега/ «Известия Белорусской инженерной академии» №1(15)/2 – Минск, 2003г., стр. 26–28.
2. *Гончарова С. А.* Оценка технического состояния оборудования по вибрационным характеристикам пуска-выбега. VII Республиканская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «НИРС-2003»/ Тезисы докладов, ч. 7 – Минск, 2003г., стр.78.
3. *Бранцевич П. Ю.* Модель системы диагностики технических объектов по вибрационным параметрам. Наука и технологии на рубеже XXI века: Материалы международной научно-технической конференции/ Под ред. И.П. Филонова, *Е. П. Сапелкина, Г. Я. Беляева* – Мн.:УП «Технопринт», 2000. С.259–264

©ВГТУ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ФОРМОВАНИЯ СОЮЗОК

***Н. В. ВАСЮНИНА*, К. А. ЗАГАЙГОРА, З. Г. МАКСИНА**

Designed technology preliminary form union depending on acerbity of the skin of the top footwear, technologies reveal; open skins and equipment for form

Ключевые слова: Союзка, межподкладка, формование, режимы, увлажнение

ВВЕДЕНИЕ

Обувь – материалоемкое изделие, в структуре себестоимости которой стоимость материалов верха составляет 50–80%. С предварительно формуемыми союзками изготавливается обувь различных видовых групп от туфель до сапог с использованием специальной технологии, при которой имеет место значительная отбраковка полуфабриката, что увеличивает себестоимость обуви и снижает эффективность производства. В работе поставлена задача: исследовать причины отбраковки полуфабриката при производстве обуви с предварительным формованием союзок, исследовать факторы, влияющие на качество формования и разработать технологию предварительного формования союзок улучшенного качества.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ФОРМОВАНИЯ СОЮЗОК

Установлены влияние материала верха и межподкладки под союзку на качество, необходимость подсортировки кож, оптимизация систем раскроя материалов и оптимизации систем кожа+межподкладка, режимов дублирования и предварительного формования союзок. Теоретическое исследование процесса предварительного формования с использованием математического планирования эксперимента позволило оптимизировать режимы формования и дублирования межподкладки.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ФОРМОВАНИЯ СОЮЗОК

Технология предварительного формования союзок предусматривает выполнение следующих процессов: подсортировку кож, оптимальную технологию раскроя кож и межподкладки, подбор межподкладки в зависимости от свойств кож, методику увлажнения союзок, дублирование межподкладки, предварительное формование союзок, обрубание верхнего контура союзок, спускание верхнего контура союзок, окрашивание или загибка верхнего контура союзок.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В работе теоретически и экспериментально установлены пути повышения качества предварительного формования союзок. Разработана и апробирована методика по сортировке кож по жесткости при испытании на приборе ПОИК по ГОСТ 290.78-91. Разработаны рекомендации по подбору межпод-

кладки в зависимости от жесткости кож. Разработаны оптимальные режимы дублирования межподкладки и предварительного формования союзок с учетом жесткости кожтовара и оборудования для формования. Разработанная технология предварительного формования союзок прошла широкую производственную апробацию и рекомендована к внедрению на обувных предприятиях.

©ВГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРГИРУЮЩИХ И ДЕСТРУКТИРУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

***С. И. ГАБА,* Е. А. ЕГОРОВА, К. С. МАТВЕЕВ**

The work is devoted to the development of the technology for recycling the waste of artificial leathers and determination of the physical and mechanical properties of the obtained composite materials. The general and the shortened schemes of thermoplastic waste regeneration have been given. The shortened scheme has been suggested by the researchers of educational establishment «Vitebsk State Technological University»

Ключевые слова: технология, переработка, отходы, диспергирование, деструкция

В настоящее время разработано достаточное количество технологических процессов, ставящих своей целью рециклинг полимерных отходов с последующим их вторичным использованием. Большинству из них присущ существенный недостаток, заключающийся в ориентации указанных процессов на переработку большого количества отходов. Эти технологические процессы используются в основном на предприятиях-производителях, и ставят своей целью переработку бракованной продукции и возврат используемых материалов в основное производство. Экономическая эффективность подобных технологий рециклинга напрямую зависит от объемов перерабатываемого сырья. По этой причине попытки использования указанных техпроцессов в условиях предприятий-потребителей продукции, где объемы отходов невелики, не приносят желаемого эффекта.

Имеющийся опыт работы в плане применения технологий рециклинга отходов легкой промышленности показывает, что наилучший эффект достигается в результате применения разрабатываемых технологий на самих предприятиях легкой промышленности, где эти отходы образуются при изготовлении изделий, используемых в технологическом процессе собственного или сопутствующего производства.

Суть метода и технологии термомеханического рециклинга заключается в создании нового композиционного материала, состоящего из отходов производства, при условии, что хотя бы один компонент является термопластичным материалом. Подбор различных наполнителей, в роли которых выступают термопластичные отходы, позволяет варьировать физико-механические свойства получаемого композита. В результате появляется возможность расширения сферы применения выпускаемой продукции. Этот путь является наиболее экономически целесообразным ввиду широкой гаммы материалов, применяемых на предприятиях легкой промышленности. Однако, для того, чтобы подобная технология была экономически эффективна, необходимо максимально снижать все возможные затраты на осуществление процесса переработки [1].

В результате проведения большого объема экспериментальных исследований предложена упрощенная технология рециклинга, схематично представленная на *рисунке 1*, которая предполагает устранение отдельного процесса измельчения за счет осуществления резки отходов валковыми ножами в загрузочном бункере шнекового экструдера, используемого для осуществления процесса термомеханического рециклинга. Благодаря этому значительно сокращаются материальные, энергетические и трудовые затраты за счет уменьшения количества обслуживающих рабочих и необходимости использования дополнительного оборудования.

Ранее проведенная работа, целью которой ставилось исключение практически всех деструктирующих воздействий, которые могут оказывать то или иное влияние на свойства композиционных материалов, показала, что деструкция поливинилхлорида незначительна. Подобное заключение было сделано на основе ранее проведенных исследований, которые показали, что количество хлорсодержащих веществ в материале переработки увеличивается с 0,005 до 0,045 мг/л, при норме 0,5 мг/л [2]. Указанное небольшое количество выделяющихся хлорсодержащих веществ объясняется специфическими условиями переработки. Действительно, если стандартная технология переработки предполагает осуществление процесса рециклинга при температурах порядка 160–1850 °С, т.е. достижения температуры плавления поливинилхлорида, то разработанная технология позволяет избежать указанного недостатка. Особенности технологического процесса заключаются в том, что переработка происходит при тех температурах, когда материал приобретает вязко-текучее состояние, что происходит в диапазоне 100–1250 °С. Поливинилхлорид при подобных температурных воздействиях деструкции еще не подвергается и ухудшение качества подобной причиной вызвано быть не может [3].

Рис. 1. Технологическая схема рециклинга отходов искусственных кож
1 – сбор отходов, *2* – измельчение отходов, *3* – термомеханический рециклинг, *4* – прокатка экструдированной полосы, *5* – вылеживание заготовок, *6* – вырубание подошв

Вместе с тем, некоторое ухудшение физико-механических свойств материалов все же наблюдалось и четко определить, что же все-таки в большей степени оказывает негативное воздействие на основании полученных результатов не представлялось возможным. Для того, что бы ответить на поставленный вопрос, необходимо разделить негативные факторы и провести их раздельное изучение.

Наиболее существенное диспергирующее воздействие на получаемый материал и, соответственно, его прочностные параметры, оказывает процесс переработки на шнековом экструдере [4]. Вторым негативным фактором может быть деструкция поливинилхлорида, которая протекает в процессе переработки, в результате температурного воздействия, которое неизбежно в данном технологическом процессе. Однако, как показано, вышеуказанным параметром можно пренебречь, поэтому основное внимание необходимо уделить именно диспергирующим свойствам шнекового экструдера.

Исходя из этого, целью настоящей работы является исследование влияния деструктирующего воздействия процесса термомеханической переработки на окончательные свойства получаемых материалов.

Для проведения работы по оценке влияния деструктирующих параметров шнекового экструдера на эксплуатационные свойства получаемых материалов использовались ранее полученные фотографии разволокненных образцов материалов, которые позволили визуально установить изменение длины волокон от кратности переработки [5]. Естественно, что подобное заключение неизбежно имеет некоторую степень субъективизма. На данном этапе было необходимо оценить насколько изменяется длина волокон (насколько она подвергается диспергированию в результате экструзии) в процессе переработки, используя более объективные критерии оценки [6].

Визуальный способ оценки длины волокна по полученным изображениям, хоть и позволяет сделать общую оценку влияния технологических факторов на степень диспергации, все же не дает возможности получить количественные показатели. Вместе с тем, имеющиеся в настоящее время возможности позволяют по каждому из изображений, произведя ряд соответствующих измерений, получить в одинаковых масштабных (относительных, либо абсолютных) единицах среднее значение длины армирующего волокна. Имея данные изображения в цифровом виде, это можно сделать следующими способами:

1. Предварительно распечатав изображения в одинаковом масштабе, произвести необходимые измерения на бумаге известными способами. Иначе говоря, посредством чертежных инструментов измерять и подсчитывать длины кривых и их количество.
2. Проделать те же по смыслу действия не с твердой копией, а с файлом полученного изображения.

Очевидно, что первый из способов подразумевает полностью ручную работу, соответственно, весьма трудоемок, при этом ни одно из действий не может быть автоматизировано. Поскольку при использовании данной методики существует субъективное воздействие на получаемый результат, его применение явно нежелательно.

Напротив, работа с цифровой копией изображения обладает следующими несомненными преимуществами, а именно:

1. Возможностью масштабирования изображения, насколько это позволяет разрешающая способность снимка;
2. Возможностью применения всех средств редактирования, доступных в графических пакетах для растровой графики (таких, как Fotoshop, CorelDraw и др.), что позволяет посредством фильтров исключать ненужную и выделять актуальную на данный момент графическую информацию;
3. Возможностью автоматизации на конечном этапе обработки, в частности, при определении длин кривых, за счет применения прикладных средств обработки векторной графики.

По этой причине был выбран второй способ, при этом обработка изображений включала следующие три стадии:

- во-первых, исходные изображения, представляющие собой растровую графику, подвергали обработке в графическом пакете, при этом на изображениях идентифицировались и оставлялись только изображения, относящиеся к волокнам. Вся остальная информация с изображений удалялась;
- во-вторых, растровая графика переводилась в векторный формат. Данный этап необходим для автоматизированного подсчета длин волокон на полученных изображениях;
- в-третьих, осуществлялось определение количества объектов и их длин на полученных векторных изображениях.

На первом этапе каждый из участков волокна идентифицировался визуально, после чего на него в параллельном слое накладывалась линия определенного цвета и толщины, что хорошо видно на *рисунках 2 и 3*.

На втором этапе, полученный слой с прорисованными линиями сохранялся в отдельном файле.

Проблема пересечений волокон решалась введением дополнительных слоев и «разведением» пересекающихся участков по различным слоям.

Общий результат прорисовки волокон сведенных в одном изображении показан на *рисунке 4*, а на *рисунке 5* показан окончательный вариант обработки одного из растровых изображений, который пригоден для проведения последующих этапов.

Учитывая возможности масштабирования фотографий в ходе редактирования, такое полуавтоматическое идентифицирование изображений участков волокон не вызывает особых трудностей, является достаточно простой процедурой и полностью оправдало себя в рамках данных исследований.

Последний рисунок содержит уже только изображения волокон, однако представляет собой совокупность точек («пикселов»), а не объектов (т.е. в данном случае кривых линий конечной длины). Для того, чтобы эту совокупность объектов получить, необходимо, переведя изображение в векторный формат, распознать отдельные объекты.

Данное изображение, в отличие от исходного, уже поддается 100%-му автоматическому распознаванию посредством целого класса программ векторизации, предназначенных для перевода бумажной конструкторской, строительной и пр. информации в форматы автоматизированного проектирования (CAD/CAM/CAE, например, форматы *dxf, *.dwg). К таким программам, в частности относятся, KVectory, RasterToVector и многие другие. За счет одинаковой толщины, одинакового цвета, отсутствия «мусора» и пересечений участков волокон распознавание происходит совершенно однозначно и без дефектов и неточностей.

Представление рисунка в векторном формате, в свою очередь, уже означает фактическое наличие в самом файле информации о количестве объектов и их длинах. Данная информация может быть получена из файла любым удобным способом в любой из CAD-программ, работающих с векторным форматом, и в дальнейшем проанализирована. Один из таких способов – последовательный перебор каждого из объектов, что не вполне удобно и достаточно долго. В нашем случае длины объектов из каждого файла и их количество рассчитывались автоматически.

Для поставленных в исследовании целей достаточно после обычной статистической обработки, рассчитать среднюю длину волокна на каждом из изображений в условных единицах длины и сравнить данные друг с другом. Кроме того, в случае необходимости достаточно легко оценить также истинную длину участков волокон, пересчитав описанным выше способом длину отрезка, соединяющего соседние штрихи линейки на шкале окуляра микроскопа, которая достаточно четко видна на изображениях (*рисунок 2*).

Статистическая обработка числовых значений главным образом сводилась к исключению «выскакивающих» значений и определению доверительных интервалов при определении среднего. В результате было определено следующее.

Во-первых, средняя длина участков волокон резаных образцов больше, чем дробленых; очевидно, что этим, как и предполагалось, объясняется различие в механической прочности дробленых и резаных образцов.

Рис. 2. Необработанный участок изображения

Рис. 3. Прорисованный участок изображения

Рис. 4. Обработка всего изображения

Рис. 5. Окончательный вариант обработки

Во-вторых, с увеличением кратности переработки как для резаных, так и для дробленых образцов средняя длина волокна уменьшается. Таким образом, подтверждается предположение о диспергирующем воздействии шнека. Наблюдаемый рост прочности образцов вплоть до 3–4-кратной переработки можно объяснить хорошо известным гомогенизирующим свойством экструзии – смесь хорошо перемешивается, становится более однородной, свойства образцов улучшаются в сторону большей равномерности прочностных показателей. Очевидно, что указанный диапазон так называемого «улучшения» свойств свидетельствует скорее о недостатках шнекового экструдера, используемого для получения экспериментальных образцов. В дальнейшем, когда смесь уже достигает достаточной степени однородности, на прочность образцов большее воздействие начинает оказывать диспергирующее свойство шнека, которое однозначно свидетельствует о полной взаимосвязи длины волокна наполнителя на прочностные параметры получаемого композиционного материала.

Таким образом, полученные результаты являются хорошим подтверждением того, что именно диспергирующие способности шнекового экструдера являются самым «негативным» из имеющихся факторов, оказывающих влияние на окончательные свойства получаемых материалов. Именно данными обстоятельствами можно объяснить снижение прочностных показателей в зависимости от кратности переработки. Полученные данные являются весьма важными, поскольку позволяют осуществить иной подход к начальным установочным параметрам, закладываемым не только в технологический процесс переработки, но и в техническое задание на разработку специализированного оборудования, применяемого для осуществления процесса рециклинга.

Литература

1. *Буркин А. Н., Егорова Е. А., Габа С. В., Матвеев К. С.* Технология получения композиционного материала из отходов искусственных кож с ПВХ покрытием/ Прогрессивные технологии, технологические процессы и оборудование: Материалы МНТК.- Могилев: МГТУ, 2003.
2. *Габа С .В.,* Орехова А. Ю. Исследование диспергирующих и деструктирующих воздействий при рециклинге на свойства композиционного материала/ IX Республиканская научная конференция студентов и аспирантов Республики Беларусь «НИРС – 2004» : Тезисы докладов: В 8 ч. Ч 3/ Под ред. Д-ра пед. наук, проф. *А. И. Жука.* – Гродно: ГрГУ, 2004.–208 с.
3. *Габа С. В., Егорова Е. А.* Изучение механизма и продуктов термомеханической деструкции при утилизации отходов искусственных кож: Сборник статей VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов Беларуси (НИРС-2002)/УО «ВГТУ» – Витебск, 2002 – 405 с.
4. *Матвеев К. С., Егорова Е. А., Габа С. В., Орехова А. Ю., Розов Д.* Повышение эффективности рециклинга отходов искусственных кож/ Композиционные материалы в промышленности: Материалы Двадцать четвертой международной конференции, 31 мая-4 июня 2004 г., Ялта-Киев: УИЦ «НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ», 2004.–353 с.
5. *Gaba S., Egorova E., Burkin A., Matveev K., Soltovets G.* Improvement of the quality of the materials produced by the method of thermomechanical recycling: XXIV MIEDZYNARODOWE SYMPOZJUM «AQUA 2003». 22–23 maja 2003: PLOCK, 2003.
6. *Солтовец Г. Н., Матвеев К. С., Габа С. В., Егорова Е. А.* Разработка схемы по изучению структуры подошвенных материалов из отходов искусственных кож / Проблемы создания гибких технологических линий производства изделий из кожи: Международный сборник научных трудов. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2004. – 260 с. (98–103).

©ВГТУ

РАЗРАБОТКА ХЛОПКОПОЛИЭФИРНОЙ ПРЯЖИ МАЛОЙ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХТОНКИХ ВОЛОКОН НА ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ

***С. С. ГРИШАНОВА,* А. А. БАРАНОВА**

The research of the process of the yarn forming with the use of polyester microfibers in the cotton spinning system. On pulpit «SNCF» «VSTU» together with the Grodno RUPP «Groniteks» the technology of receiving of small linear density yarns with the use of polyester microfibers on the cotton spinning equipment was designed. The proposed technology allows to produce the cotton-polyester yarn 15,4 Tex using the rotor spinning way. During the researches there were optimized the parameters of forming of cotton-polyester yarn on the machine BD-200RN. There were defined the optimal twist of yarn, the frequency of the discrete cylinder rotation, which have allowed to get the yarn, satisfying the requirements of standard

Ключевые слова: полиэфирное микроволокно, хлопок, пряжа, пневмомеханическая прядильная машина

На кафедре «Прядение натуральных и химических волокон» совместно с Гродненским РУПП «Гронитекс» разработана энергосберегающая технология получения пряж малой линейной плотности с использованием полиэфирных микроволокон на хлопкопрядильном оборудовании. Появление сверхтонких химических волокон является важнейшим достижением производства химических волокон, которое позволяет существенно расширить ассортимент текстильных изделий. По многим свойствам микроволокно не только уступает натуральным волокнам, а частично даже превосходит их. Кроме того, микроволокна обладают новыми полезными свойствами, которых нет ни у натуральных, ни у химических волокон. Так в поперечном сечении пряжи из микроволокон содержится больше волокон, чем в поперечном сечении пряжи из обычных волокон. Это делает пряжу более прочной. В большинстве своем микроволокна прекрасно сочетаются с другими натуральными и химическими волокнами. Однако переработка их вызывает определенные трудности, связанные с повышенной объемностью продуктов, электризацией и сцепляемостью микроволокон.

Хлопкополиэфирная пряжа 15,4 текс вырабатывалась пневмомеханическим способом на прядильной машине БД-200RN. Схема технологических переходов представлена на *рис. 1*.

Смешивание волокон осуществлялось лентами в соотношении 30% полиэфирного волокна 0,08 текс и 70% тонковолокнистого хлопка 1-I. Для равномерного распределения волокон применялось три перехода ленточных машин.

Перед смешиванием осуществлялась индивидуальная подготовка волокон к прядению. Подготовка волокон хлопка включала все переходы для получения гребенной ленты. Полиэфирное микроволокно подвергалось разрыхлению на модернизированном агрегате и кардочесанию на шляпочной чесальной машине.

Для уменьшения электризации, микроволокна подвергались обработке антистатиком в питателе-смесителе разрыхлительно-очистительного агрегата.

Скоростные параметры оборудования при переработке полиэфирных микроволокон были снижены. Разводки на ленточных машинах устанавливались с учетом штапельной длины микроволокон, которая составляла 37,5 мм.

Рис. 1 Технологические переходы для производства хлопкополиэфирной пряжи с микроволокном

Для оценки качества смешивания волокон лентами определялся градиент неровноты и градиент полноты смешивания в хлопкополиэфирной ленте с третьего перехода ленточных машин. Установлено, что градиент полноты смешивания составляет 98 %, а градиент неровноты – 2,8%, что характеризует эффективное смешивание волокон хлопка с полиэфирным микроволокном, близкое к принятому рецепту смеси.

В результате теоретических исследований рассчитаны основные характеристики процесса формирования пряжи с использованием полиэфирных микроволокон пневмомеханическим способом прядения, представленные в *таблице 1*, исследована структура пряжи.

В связи с особенностями процесса формирования пряжи пневмомеханическим способом прядения ее внешняя и внутренняя структура существенно отличается от структуры пряжи кольцевого способа прядения. Особенностью пряжи пневмомеханического способа прядения является ярко выраженная слоистая структура, то есть наличие стержневого и обвивочного слоя. Стержневой слой определяет прочность пряжи, а обвивочный – пушистость и объемность пряжи. Разработанная хлопкополиэфирная пряжа имеет мягкую структуру, приятную на ощупь, которую ей придает микроволокно. Кроме того, микроволокно придает пряже объемность и пушистость. Исследование пряжи под микроскопом показали, что полиэфирные микроволокна присутствуют как в обвивочном, так и в стержневом слое. Волокна хлопка и микроволокна располагаются в пряже слоями, что характерно для структуры пряжи пневмомеханического способа прядения.

В процессе исследований оптимизированы параметры формирования хлопкополиэфирной пряжи на машине БД-200RN. Установлены оптимальная крутка пряжи, частота вращения дискретизирующего барабанчика и ротора прядильной камеры, которые позволили получить пряжу, удовлетворяющую требованиям стандарта.

В результате планирования эксперимента получены математические модели, описывающие зависимость свойств хлопкополиэфирной пряжи 15,4 текс от частоты вращения дискретизирующего барабанчика (X_1) и ротора прядильной камеры (X_2):

для относительной разрывной нагрузки

$$y_1 = 11{,}099–0{,}047x_1+0{,}258x_2–0{,}279x_1^2–0{,}225x_1\cdot x_2–0{,}105x_2^2$$

для коэффициента вариации по разрывной нагрузке

$$y_2 = 14{,}735+0{,}863x_1–1{,}602x_2–1{,}22x_1^2+0{,}477x_1\cdot x_2+0{,}373x_2^2$$

для разрывного удлинения

$$y_3 = 6{,}295–0{,}103x_1–0{,}27x_2–0{,}125x_1^2+0{,}035x_1\cdot x_2–0{,}465x_2^2$$

для коэффициента вариации по линейной плотности

$$y_4 = 10{,}27–1{,}3x_1+0{,}265x_2–2{,}32x_1^2–0{,}225x_1\cdot x_2–1{,}025x_2^2$$

Таблица 1. **Основные характеристики процесса формирования хлопкополиэфирной пряжи**

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя
Процентное содержание волокон в ленте: хлопок полиэфирное микроволокно	 % %	 67 33
Линейная плотность пряжи	текс	15,4
Линейная плотность ленты	текс	2700
Линейная плотность волокнистой ленточки	текс	15,04
Линейная плотность волокнистого слоя	текс	0,11
Общая вытяжка		175,4
Вытяжка дискретизации		5234
Вытяжка транспортирования		4,7
Вытяжка формирования		0,007
Крутка	кр/м	833
Число волокон в пункте съема волокнистой ленточки	шт.	137
Степень дискретизации	возд/вол	18,33
Коэффициент дискретизации		1
Среднее число волокон в волокнистом слое	шт.	1,03
Среднее число волокон в пряже	шт.	143
Коэффициент захвата волокон		0,17
Процент содержания волокон : в стержневом слое в обвивочном слое	 % %	 83 17

В результате многокритериальной оптимизации с учетом принятых ограничений показателей качества пряжи:

- по относительной разрывной нагрузке $P_o \geq 11{,}1$сН/текс;
- по коэффициенту вариации по разрывной нагрузке $C_p \leq 14{,}3\%$;
- по коэффициенту вариации по линейной плотности $C_т \leq 9\%$.

Определены оптимальные параметры формирования хлопкополиэфирной пряжи 15,4 текс:

- частота вращения дискретизирующего барабанчика $n_{д.б} = 8500 – 8800$ мин$^{-1}$;
- частота вращения ротора прядильной камеры $n_р = 45500 – 50000$ мин$^{-1}$;
- крутка пряжи К = 800 – 850 кр/м.

На Гродненском РУПП «Гронитекс» наработаны опытные партии хлопкополиэфирной пряжи 15,4 текс по разработанной технологии. Физико-механические свойства пряжи представлены в *таблице 2* в сравнении со стандартом на хлопчатобумажную пряжу кольцевого способа прядения. Хлопкополиэфирная пряжа при небольшой крутке обладает высокими показателями по разрывной нагрузке и небольшой неровнотой по линейной плотности.

Таблица 2. **Сравнительный анализ свойств хлопкополиэфирной и хлопчатобумажной пряжи**

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя	
		15,4текс	
Способ прядения		кольцевой	пневмомех
Сырьевой состав: хлопок полиэфирное микроволокно	 % %	 100 –	 67 33
Линейная плотность	текс	15,4	15,2
Коэффициент вариации по линейной плотности	%	н.б 5,6	3,9
Относительная разрывная нагрузка: вс 1с 2с	 сН/текс сН/текс сН/текс	 н.м. 12,4 н.м. 11,6 н.м. 10,6	12,0
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке: вс 1с 2с	 % % %	 н.б 13,8 н.б 16,2 н.б 18,8	12,8
Показатель качества: вс 1с 2с		н.м. 0,92 н.м. 0,73 н.м. 0,57	0,94
Коэффициент крутки		н.б. 34,8	32,5

Опытная партия хлопкополиэфирной пряжи 15,4 текс переработана в трикотажные полотна, которые обладают мягким и приятным грифом и могут использоваться для изделий бельевого ассортимента.

Получение тонких пряж пневмомеханическим способом прядения открывает широкие перспективы для переработки волокон малой линейной плотности по сокращенным системам прядения, что позволяет значительно экономить материальные и трудовые ресурсы.

©ВГТУ

РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСТРУЗИИ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

***А. В. ГУСАКОВ, С. В. БРОВКО*, А. Н. ГОЛУБЕВ, К. С. МАТВЕЕВ**

The article is devoted to improvement of quality and productivity of processing of secondary materials (in particular, waste of artificial leather) by means of extruders. Recommendations which allow to choose optimum parameters of the basic units of extruders are stated. The program of calculation of productivity of the equipment for processing waste is developed. The program allows to connect design data with properties of processed waste and productivity. A number of technical decisions on optimization of the equipment is developed

Ключевые слова: отходы кожевенных материалов, отходы обувного производства, термомеханический рециклинг, экструдер для переработки отходов

Наиболее оптимальный путь решения проблемы переработки отходов на каждом предприятии – это не утилизация или вывоз отходов в целом, а переработка каждого вида из образующихся в технологической цепочке отходов в полуфабрикат, который можно использовать в производственном цикле того же предприятия. Для подобного рециклинга малотоннажных отходов хорошо зарекомендовал себя термомеханический способ рециклинга загрязненных термопластичных материалов, проводящийся без предварительного разделения отходов на шнековом экструзионном оборудовании.

Ряд технологических процессов подобного рода был разработан и внедрен на обувных предприятиях Витебска сотрудниками УО «ВГТУ» [1, 2]. Конечным результатом переработки является композиционный материал, состоящий из полимерного связующего и наполнителя. В качестве полимерного связующего используются отходы производства, содержащие в своем составе какой-либо термопластичный материал: отходы искусственных кож, отходы термопластичного материала для подносков, отходы пенополиуретанов и т.д. В качестве наполнителя в подобных композиционных материалах могут выступать иные отходы обувного производства: отходы кожевенных материалов и меха, отходы картонов, трикотажных и синтетических тканей и т.д. Получаемые композиционные изделия могут, в зависимости от конкретных наполнителей и связующих, входящих в их состав, использоваться для различных целей: вставляться в каблук вместо нового материала, добавляться в исходное сырье и т.д.

Однако, более широкому внедрению способа термомеханической переработки отходов на обувных предприятиях и предприятиях легкой промышленности препятствует практически полное отсутствие оборудования для их осуществления.

По результатам обзора оборудования можно сделать вывод, что производимое оборудование для переработки термопластов и отходов не удовлетворяет необходимым требованиям, так как смесь отходов пенополиуретана и натуральной кожи не имеет как таковой вязкости, поэтому во время переработки таких отходов на стандартном оборудовании не удается получить однородную массу на выходе из головки. При этом во время нагрева кожи происходит разложение дубильных веществ и начинается активное выделение пара, что приводит к ухудшению работы оборудования – экструдер начинает «стрелять», качество образцов резко падает, работа у головки экструдера небезопасна. Пар, выходя через загрузочный бункер, смачивает материал, ухудшая поступление его в шнек. Таким образом, данное оборудование не предназначено для переработки отходов из натуральной кожи.

Приведенные выше методы расчета, такие, как гидравлический метод и метод расчета для холодной экструзии, также не подходят для расчета упомянутых выше режимов расчета. В гидравлическом методе подразумевается, что материал переходит в вязкотекучее состояние, чего нет в нашем случае. Метод расчета для холодной экструзии не учитывает нагрев материала. Единственным приемлемым методом оказывается метод расчета для сыпучих материалов, где основной характеристикой материала является его насыпная плотность.

По данной методике расчета для сыпучих материалов была создана программа расчета производительности и скорости экструзии в электронных таблицах Excel. Данная программа позволяет определить производительность и скорость экструзии последующим исходным данным: длине шнека, его диаметру, шагу, ширине гребня, числу заходов, глубине канала, скорости вращения шнека, насыпной массе материала и коэффициенту заполнения меж виткового пространства. Также она позволяет вес-

ти расчет по нескольким параметрам, например, для нескольких различных диаметров, и построить графические зависимости производительности и скорости экструзии от любого из выше перечисленных параметров. Таким образом, программа позволяет существенно упростить расчет экструзионного оборудования и обработку полученных результатов. Имеется возможность расчета любого параметра исходя из скорости экструзии или производительности экструдера. Сопоставление результатов с полученными экспериментальными данными свидетельствует об адекватности выбранной модели.

По результатам исследований разработана полезная модель экструдера. Сущность полезной модели заключается в том, что в экструдере для переработки кожевенных отходов, состоящем из привода вращения шнека, корпуса с нагревателями, загрузочного бункера с ворошителем, шнека с уменьшающейся глубиной канавки и фильеры, перед загрузочным бункером в нижней части корпуса выполнено отверстие, а ось вращения шнека составляет с горизонталью угол, равный 1…3°, при этом общая длина шнека равна $12d_ш$, зона питания равна $7d_ш$, зона сжатия равна $1d_ш$, а зона дозирования равна $4d_ш$, где $d_ш$ – наружный диаметр шнека; при этом отношение глубины канавки шнека в зоне питания к глубине канавки в зоне дозирования равно 3. Использование предполагаемой полезной модели позволит повысить степень экологической безопасности производства за счет рециклинга ранее не утилизируемой части отходов, образующихся на предприятиях, применяющих при изготовлении своей продукции натуральные кожевенные материалы.

Литература

1. *Гусаков А. В., Матвеев К. С., Голубев А. Н.* Экструзионное оборудование для рециклинга отходов //Материалы XXIII Международного симпозиума студенческих научных обществ «Проблемы защиты окружающей среды», г. Плоцк, 23–24 мая 2002 г. – Варшава: Варшавский политехнический институт, 2002.
2. *Матвеев К. С., Голубев А. Н., Гусаков А. В.* Разработка экструзионного оборудования для рециклинга композиционных материалов //Материалы 22-й МНПК «Композиционные материалы в промышленности (СЛАВПОЛИКОМ)», г. Ялта, 1–5 июня 2002 г. – Киев: Украинский информационный центр «Наука. Техника. Технология», 20

©БРУ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

***О. А. ЗИНОВЬЕВА*, Р. П. СЕМЕНЮК**

Polimermineral is a decorative material for perfoming external and internal building work, made from of ceramic, silicate and glass miter wastes, wood sawdust, acrylic connecting components resins and special fillers. This material is resistant to atmospheric influences, possesses spring and rubber – band structure, uninflammable, possesses insulating characteristics against moisture, noise and heat. After having dried it gives a decorative, natural view with its granules

Ключевые слова: отделочные полимерминеральные композиции, промышленные и бытовые отходы

Современный дизайн требует совершенствования технологии и новых материалов для внутренней отделки помещений, поэтому ведущие западные и отечественные фирмы постоянно работают над этой проблемой.

При соответствующей подготовке промышленные и бытовые отходы из органического и неорганического сырья могут превратиться в исходные компоненты для производства строительных материалов, тем самым экономя природные ресурсы и решая при этом экологические проблемы.

Метод планирования экспериментов позволяет проследить изменение свойств композиционных материалов, выявить оптимальные составы с использованием отходов.

Результатом исследований являются дешевые конкурентоспособные отделочные материалы, полученные из боя керамического и силикатного кирпича, плитки стекла, древесных опилок, измельченной бумаги, ткани и др. В качестве связующих веществ выступают акриловые дисперсии и другие полимерные связующие.

Материал готовится из сухих компонентов, а перед применением затворяется водой. Хранить его можно при отрицательной температуре.

Наносится состав на поверхность тонким слоем. Расход материала и эстетичный вид покрытия будет зависеть от качества подготовки основания. Основанием могут служить любые поверхности, предварительно очищенные: штукатурка, бетон, деревянные и гипсовые поверхности. При необходимости выравнивания поверхности стен возможно применение цементно-известковых штукатурок либо шпаклевочных составов (кроме гипсовых).

Паропроницаемость покрытий на основе неорганических наполнителей приобретает решающее значение при использовании их в помещениях.

Отделочные композиции с успехом можно использовать для обустройства внутреннего интерьера в общественных зданиях, офисах, квартирах, загородных коттеджах, гостиницах и т.п.

Декоративные покрытия могут иметь различную фактуру, которая зависит от вида инструмента и способа нанесения.

Пожаровзрывоопасность отделочных покрытий отвечает современным стандартам, материалы не распространяют огонь и при горении не выделяют токсичных газов (70% смертельных случаев при пожарах из-за отравления газообразными продуктами горения).

Покрытия из отделочных композиций выполняют защитную, декоративную и акустическую функции, имеют большой спектр расцветок, что дает возможность найти оптимальное цвето-фактурное решение, придавая интерьерам своеобразную индивидуальность и неповторимость.

Полученные отделочные композиции имеют более низкую цену по сравнению со штукатурками на акриловой основе, а использование отходов в составах позволяет в 1,5…2 раза удешевить продукцию.

Использование бытовых отходов в качестве наполнителя позволяет решать проблемы их утилизации и охраны окружающей среды.

© МГУП

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ГРУППОВОГО ВИХРЕВОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

***А. К. ИВАНОВ*, А. В. АКУЛИЧ**

During research work essentially the new design of group vortical deduster ГВП-120-2 is created. The innovation of the device design consists in association of two cases of vortical dedusters by a general bunker for gathering besieged dust. Processes of hydrodynamics and efficiency of catching of the new device are investigated and their analysis is made. The application for the invention is submitted to the patent department RB

Ключевые слова: вихревой пылеуловитель, гидродинамика, эффективность, потери давления

Известно, что циклоны практически исчерпали возможность повышать эффективность пылеочистки промышленных газов. Циклонному процессу объективно присуща зависимость показателей эффективности от коэффициента гидравлического сопротивления аппарата, следовательно, с малой вероятностью можно ожидать от них появление значимых результатов. В аппаратах вихревого типа процесс улавливания пыли происходит во встречных закрученных потоках, что позволяет преодолеть энергетический уровень центробежной очистки газов, существенно повысить эффективность и другие технико-экономические показатели. Однако, эффективность вихревого аппарата обратно пропорциональна его диаметру. Поэтому часто в аппарате, обеспечивающем заданную производительность, недостаточна степень очистки газа. Объединяя вихревые аппараты в групповые пылеулавливающие установки на общем бункере, можно получить необходимую производительность при требуемом коэффициенте очистки газа.

В работе разработана принципиально новая конструкция группового вихревого пылеуловителя, в котором осуществляется центробежное отделение взвешенных частиц в системе двух взаимодействующих потоков, закрученных в одном направлении и движущихся навстречу друг другу. Пылеуловитель состоит из двух корпусов, установленных без зазора на общем бункере уловленной пыли, а патрубки периферийного потока газовзвеси, так же, как и патрубки центрального потока каждого из корпусов объединены в один и разделены перегородками, установленными в плоскости, проходящей через линию соединения корпусов.

Разработана и изготовлена лабораторная установка для исследования гидродинамики группового вихревого пылеуловителя. Проведен комплекс исследований по эффективности улавливания и гидравлическому сопротивлению разработанного аппарата.

Получены зависимости эффективности улавливания йодированной соли и коэффициента гидравлического сопротивления пылеуловителя от кратности расходов k в диапазоне 0,35 – 0,85. Установлено, что для диапазона k = 0,6 – 0,65 эффективность улавливания наибольшая и составляет 96 – 98%, при этом коэффициент гидравлического сопротивления имеет наименьшее значение и составляет 40 – 50. Найдена зависимость потерь давления в аппарате от общего расхода газа $Q_{общ}$ = 0,069 – 0,12 $м^3/с$ и плановой скорости 4,32 – 5,86 м/с. На основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что разработанный аппарат обладает управляемой гидродинамикой, он превосходит центробежные циклоны эффективностью очистки, а вихревые пылеуловители производительностью. Полученные результаты положены в основу расчетов аппаратов данного типа.

©БГТУ

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРКЕТНОГО ЛАКА НА ВЛАГОПОГЛОЩЕНИЕ ТОРЦОВОГО ПАРКЕТА

***М. О. ИГНАТОВИЧ,* Л. В. ИГНАТОВИЧ**

Researches of influence of concentration of the parquet varnish on moisture absorption of the face parquet

Ключевые слова: паркет, свойства, проницаемость, лак

Как известно, эстетические и эксплуатационные свойства паркетного пола определяются прежде всего качеством и сортом древесины. Основным качественным показателем исходного материала являются его физико-механические свойства, важное влияние на которое оказывает волокнистое строение древесины, обуславливающее анизотропность свойств, т.е. резкое различие в зависимости от направления, особенно вдоль и поперек волокон. Так твердость торцовой поверхности выше тангенциальной и радиальной на 30% у лиственных и на 40% у хвойных пород. Истирание древесины торцовой поверхности меньше тангенциальной и радиальной на 50%. Особенно эти свойства важны для помещений с массовым посещением людей. В этом случае вне конкуренции полы из торцового паркета. Главное их достоинство – высокая прочность и долговечность. Тем не менее, широкого применения такие полы не получили из-за сложной технологии изготовления и высокой проницаемости жидкостями вдоль волокон вследствие пористой высокоразвитой структуры. Древесина по своему строению представляет собой сложное капиллярно-пористое коллоидное тело, состоящее из сосудов, сердцевинных лучей и клеток, микро- и макрополости которых соединены между собой порами. Проницаемость древесины зависит от количества, формы, размеров, состояния анатомических элементов, выполняющих водопроводящие функции, от степени проходимости перфораций и пор, от количества свободной и связанной влаги, количества воздуха, находящегося в полостях клеток древесины. Известно, что поглощение влаги сопровождается процессами сольватации макромолекул и ослаблением межмолекулярных связей, что приводит к падению механической прочности. Для устранения этого недостатка (высокой проницаемости) целесообразно осуществлять введение в капиллярно-пористую структуру древесины мономеров, олигомеров, смол или других химических соединений, способствующих улучшению свойств торцового паркета [1, 2].

Как говорилось выше, к изделиям паркетных покрытий предъявляются особые требования: наличие необходимых прочностных свойств, высокая формостабильность, низкое влагопоглощение.

Таким образом, задачей исследований было определение защитных свойств торцового паркета из древесины сосны и ольхи (величина влагопоглощения) в зависимости от концентрации защитного средства (паркетный лак) в пропиточном составе. В качестве пропиточного состава применялся паркетный лак ПФ-231 и растворитель уайт-спирит. Проницаемость образцов торцового паркета проводилась путем капиллярной пропитки данным защитным составом на сравнительно небольшую глубину без применения давления и создания вакуума.

Таблица. **Результаты экспериментальных исследований по определению влагопоглощения**

Концентрация раствора паркетного лака, %	Влагопоглощение сосны, %					Влагопоглощение ольхи, %				
	Время выдержки, ч.					Время выдержки, ч.				
	12	24	48	60	72	12	24	48	60	72
30	2,35	3,35	5,75	7,9	8,5	1,95	3,0	5,35	7,05	7,8
60	1,21	1,85	4,0	5,5	6,05	1,1	1,68	3,75	4,75	5,65
75	0,98	1,5	3,5	4,6	5,11	0,83	1,35	3,2	4,2	4,8
85	0,91	1,4	3,35	4,35	4,85	0,79	1,26	3,1	4,0	4,52
100	1,15	1,7	3,6	4,75	5,15	0,95	1,5	3,4	4,52	5,1

Рис. 1 – Графическая зависимость для древесины сосны

Рис. 2 – Графическая зависимость для древесины ольхи

Величина влагопоглощения определялась в процентах по разности масс образцов до и после увлажнения. Измерение прироста массы производили через 12, 24, 48, 60, 72 часа.

На основе полученных экспериментальных данных был сделан корреляционно – регрессионный анализ, получена математическая модель объекта исследования, установлена зависимость между концентрацией пропиточного состава и величиной влагопоглощения.

Результаты эксперимента были обработаны при помощи математического пакета Exel и представлены в виде таблицы и графических зависимостей.

На графиках представлены результаты проведения экспериментов в зависимости от продолжительности выдержки образцов древесины сосны и ольхи соответственно во влажной среде, которая в опытах изменялась от 12 до 72 часов. Нумерация кривых на графиках свидетельствует о разном времени выдержки образцов во влажной среде: ряд 1 – 12 часов; ряд 2 – 24 часа; ряд 3 – 48 часов; ряд 4 – 60 часов; ряд 5 – 72 часа.

Величину влагопоглощения вычисляли в процентах по разности масс образцов до увлажнения и после. Опыт окончился, когда разница между двумя последовательными взвешиваниями оказалась менее 0,05 г (0,1%). Результаты экспериментов показывают, что наименьшее влагопоглощение образцов соответствует концентрации раствора паркетного лака в пределах 80–85%. При сушке модифицированная древесина приобретает свойства, сравнимые со свойствами твердых пород, применяемых при производстве паркета.

Таким образом, предлагаемый способ защиты торцового паркета позволяет снизить влагопоглощение приблизительно в два раза по отношению к древесине твердых лиственных пород [3].

Литература

1. *Оснач Н. А.* Проницаемость и проводимость древесины. М.: Лесная промышленность, 1964.–181с.
2. *Игнатович Л. В., Игнатович М. О.* Теоретический анализ проницаемости древесины вдоль волокон при изготовлении торцового паркета // Труды БГТУ. Вып. 12. Сер.2 «Лесная и деревообрабатывающая промышленность», -Мн.,2004 – С.182 – 184
3. *Уголев Б. Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: Лесная промышленность, 1986.

© ВГТУ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВЯЗАНИЯ ТРИКОТАЖА ДЛЯ ПРОТЕЗНЫХ ИЗДЕЛИЙ

***Н. И. ЛАВРОВА*, В. П. ШЕЛЕПОВА, А. В. ЧАРКОВСКИЙ**

Optimal knitting processes of making artificial limbs knitwear are developed. Fabrics containing rib and tuck stiches and combined

Ключевые слова: протез, трикотажная трубка, режимы вязания

Приемная гильза протеза – один из важнейших его узлов. Для изготовления приемных гильз протезов верхних и нижних конечностей используют слоистые пластики. В качестве текстильного наполнителя гильзы наиболее целесообразно использовать трикотажные трубки нужного типоразмера. При изготовлении гильзы трикотажный трубчатый наполнитель послойно надевается на коническую оправку с последующей пропиткой связующим. Трубки должны обладать достаточной растяжимостью и упругостью. Растяжимость необходима для нормального надевания трубки на большой диаметр оправки, а упругость – для обеспечения облегаемости на малом диаметре.

На предыдущих этапах работы была разработана технология производства протезных трубок различного сырьевого состава, разных типоразмеров и растяжимости на базе кулирной глади. Установлено, что для обеспечения высокого качества приемных гильз целесообразно использовать сочетание полиэфирных нитей со стеклонитями. На базе ЭОП УО «ВГТУ» организовано промышленное производство 14 вариантов протезных трубок со следующими показателями: ширина 70–240 мм, поверхностная плотность 90–220 г/м^2, растяжимость при нагрузках, меньше разрывных не менее 70 %, массовая доля стеклянных нитей в заправке 65 – 85 %, полиэфирных 35 – 15 %. Трубки широко применяются в Белорусском протезно-ортопедическом восстановительном центре в производстве протезов.

Цель настоящей работы – снижение распускаемости трикотажных протезных трубок.

Поставленная цель достигается оптимизацией структуры и процессов вязания трикотажных трубок: вместо глади предложено использовать ластик, одинарный и двойной полуфанг, фанг. Выработаны опытные образцы трубок из сочетания полиэфирных нитей со стеклонитями. Исследованы их основные свойства и определены следующие показатели: ширина трубки, длина нити в петле, число петельных рядов и петельных столбиков на 100 мм, толщина, поверхностная плотность полотна трубки, линейная плотность трубки, растяжимость при нагрузках меньше разрывных, остаточные деформации при нагрузках меньше разрывных, массовая доля нитей в заправке по видам сырья, распускаемость. Установлено, что по комплексу показателей трубки соответствуют предъявляемым тре-

бованиям [1]. Для сравнения распускаемости трубок разных переплетений использована оригинальная методика. Для серийного производства новых трубок разработаны оптимальные режимы вязания, проект необходимой нормативно-технической документации: технологического режима и технических условий. Трубки рекомендованы к апробации в Белорусском протезно-ортопедическом восстановительном центре.

Литература

1. ТУ РБ 300031282.016 – 2002. Трубки трикотажные протезные [Текст]. – Введен 2002 – 06 – 05. – 15 с.

© БГТУ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БУМАГИ ДЛЯ КАШИРОВАННЫХ ОБОЕВ, ПРОКЛЕЕННОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КАНИФОЛЬЮ

***Ю. К. МОРОЗОВА*, Н. В. ЧЕРНАЯ**

The effect of technology paper depends on the sizing process

Ключевые слова: бумага, кашированные обои, проклейка, технология

Современная тенденция развития отечественной целлюлозно-бумажной промышленности характеризуется широким использованием макулатурного сырья, и в том числе для производства бумаги для кашированных обоев, относящейся к массовым видам бумажной продукции. С одной стороны, для проклейки волокнистой суспензии традиционно применяется модифицированная талловая канифоль, содержащая нейтрализованные смоляные кислоты, pH массы находится в пределах pH 4,8–5,4. С другой стороны, на ведущих зарубежных предприятиях широко внедряются высокосмоляные продукты модификации талловой канифоли [1], содержащие более 40% свободных смоляных кислот и применяемые для проклейки в нейтральной среде (pH 6,5–7,2). Следует отметить, что перевод процесса проклейки из кислой среды в нейтральную позволяет уменьшить удельные нормы расходов проклеивающего материала и коагулянта, а также повысить долговечность и гидрофобные свойства производимой бумажной продукции, снизить коррозию оборудования и трубопроводов, а также уменьшить загрязненность оборотных и сточных вод. Для комплексного решения технологических, экономических и экологических проблем, существующих на отечественных бумажных предприятиях, в УО БГТУ разработана новая клеевая канифольная композиция ТМАС-3Н (ТУ РБ 600012243.020-2003), представляющая собой малеинезированную талловую канифоль, модифицированную продуктом взаимодействия смоляных кислот таловой канифоли с моноэтаноламином и содержащая 40% свободных смоляных кислот. Поэтому проблема применения нового вида проклеивающего материала для проклейки бумаги для кашированных обоев представляет научный и практический интерес.

Цель работы – разработка технологии бумаги для кашированных обоев, проклеенной модифицированной канифолью в нейтральной среде.

В лабораторных условиях проведены исследования и определены оптимальные условия проклейки бумаги для кашированных обоев, а в промышленных условиях на ОАО «Бумажная фабрика “Спартак“» апробирована и внедрена разработанная технология.

При проведении исследований расход клеевой канифольной композиции ТМАС-3Н увеличивали от 0,5 до 2,0 % от абс. сух. волокна. В качестве коагулянта применяли сульфат алюминия (ГОСТ 1299-85), расход которого увеличивали от 1,0 до 5,0% от абс. сух. волокна. Установлено, что качество образцов бумаги для кашированных обоев соответствует требованиям ТУ РБ 00280112.015-98 при расходах ТМАС-3Н 1,1% от абс. сух. волокна и коагулянта 2,2% от абс. сух. волокна. При этом впитываемость при одностороннем смачивании не превышает 20 г/м2 и степень проклейки по штриховому методу находится в пределах 2,0–2,4 мм.

Разработанная технология апробирована и внедрена на ОАО «Бумажная фабрика “Спартак“» при производстве бумаги для кашированных обоев, обладающей улучшенными гидрофобными и прочностными свойствами. Ожидаемый годовой экономический эффект составляет более 72 млн. руб. Имеется акт внедрения в производство.

Таким образом, разработана и внедрена технология бумаги для кашированных обоев, проклеенной модифицированной канифолью в нейтральной среде.

Литература

1. *Черная Н. В., Ламоткин А. И.* Проклейка бумаги и картона в кислой и нейтральной средах / Монография / Мн.: БГТУ. 2003. – 345 с.

©МГУП

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЯ ИЗ ПЭТФ ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГРАДИРЕН

***А. А. НОСИКОВ,* А. В. КИРКОР**

The summary: On the basis of the analysis of the result of the experimental research, it's been got the dependencies, allowing to calculate the value of the hydraulic resistance of fill of the mechanical-draft cross-flow cooling tower in a wide range of operating conditions changing

Ключевые слова: градирня, ороситель, гидравлическое сопротивление

Показателем, определяющим эффективность работы вентиляторной градирни в составе водооборотных циклов, является глубина охлаждения – разность температур между температурой воды, поступающей на охлаждение, и охлажденной воды, покидающей градирню. Так как процесс охлаждения главным образом протекает за счет испарительного охлаждения воды при взаимодействии ее с восходящим воздушным потоком, то для достижения максимального охлаждающего эффекта должны соблюдаться следующие главные условия: наличие развитой, постоянно обновляемой межфазной поверхности и высокой относительной скорости движения фаз. За реализацию этих условий в градирне отвечает орошаемая насадка-ороситель, в объеме которого осуществляется контакт воды с атмосферным воздухом. Развитие и обновление межфазной поверхности достигается конструкцией оросителя и формой его поверхности. Высокая межфазная скорость определяется скоростями движения воды и воздуха, причем скорость движения воздуха зависит от гидравлического сопротивления оросителя.

Традиционно гидравлическое сопротивление определяется по коэффициенту сопротивления, установленному экспериментально для каждого типа оросителя. Его значение определено для скорости движения воздуха в градирне 2,0 м/с без учета влияния воды, подаваемой на охлаждение, а следовательно, на другие условия эксплуатации градирни не может быть перенесено.

Поэтому с применением теории подобия нами получено критериальное уравнение для расчета гидравлического сопротивления оросителя в виде:

$$Eu = A \cdot Re^{z} \cdot (h/d)^{f} \cdot (\lambda)^{-k}, \quad (1)$$

где Eu – критерий Эйлера, Re – критерий Рейнольдса, $\lambda = G_в/G_ж$ – критерий, учитывающий удельный расход воздуха в градирне, h/d – симплекс геометрического подобия.

Обработка экспериментальных данных, полученных на модели противоточной вентиляторной градирни с размером в плане 0,5×0,5 м, и пределах изменения скорости движения воздуха от 0 до 3 м/с и плотности орошения от 0 до 10 $м^3/(м^2ч)$ позволила установить явный вид критериальной зависимости. Причем при анализе графиков Eu = f(Re) для фиксированной высоты оросителя при различных плотностях орошения и скоростях движения воздуха в шахте градирни был установлен явный перелом в области значений Re около 4470. В связи с этим получено два критериальных уравнения.

Для значений Re < 4470 получили:

$$Eu = 32{,}004 \cdot Re^{-0{,}41} \cdot (h/d)^{0{,}63} \cdot \lambda^{-0{,}28}, \quad (2)$$

Для значений Re > 4470 получили:

$$Eu = 11{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot Re^{0{,}54} \cdot (h/d)^{0{,}63} \cdot \lambda^{-0{,}28}, \quad (3)$$

Оценка адекватности полученных уравнений данным эксперимента показала, что все точки укладываются в область 10% погрешности, что является достаточной точностью для инженерной практики.

© ВГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА

***А. В. ПИЩИКОВА*, В. Г. БУТКЕВИЧ**

The technological process of obtaining non-woven fabric with the utilization of flax fibre wastes has been worked out. The plan of forming non-woven fabric has been worked out, the optimal composition of the mixture has been proposed. The critical density of piercing has been analytically determined. The new non-woven material completely meets the requirements of GOST

Ключевые слова: нетканое полотно, волокно, технология, кардочесание, расщипывание

Введение

В настоящее время в текстильной промышленности имеется значительное количество технологий, позволяющих получить текстильные изделия из восстановленных волокон. Среди них значительное место занимают технологии производства нетканых материалов. Широкий ассортимент за-

рубежного оборудования недоступен в силу экономических обстоятельств. Между тем предприятия Республики Беларусь заинтересованы в полной переработке волокнистых отходов. Другой важной задачей является полная переработка отходов льняного волокна. Для РБ лен является местным сырьем. В связи с этим в работе поставлена задача – обеспечить возможность получения нетканых полотен из различных видов отходов льняного волокна при максимально возможном использовании традиционного оборудования.

1. Разработка и исследование технологических процессов подготовки отходов льна

Разработка в волокно концов пряжи, лоскута и мешкотары производилась на комбинированной концервальной машине. Разработка в волокно концов веревок производилась на щипальной машине ЩЗ-140-Ш. Для смешивания неоднородных компонентов рекомендуется использовать организованный способ смешивания. Предлагаемый технологический процесс смешивания осуществлен в системе лабазов, он заключался в укладке в камере горизонтальными слоями подводимого материала и выборке вертикальных слоев.

2. Разработка и исследование процесса кардочесания смесей, содержащих отходы льняного волокна

Главной целью процесса кардочесания в производстве нетканых текстильных материалов является создание равномерного по толщине и структуре прочеса, что определяет эффективность последующего процесса – формирования настила волокнистой массы. Теоретическое исследование процесса взаимодействия гарнитуры с волокном дало возможность определить оптимальные скоростные параметры процесса кардочесания.

3. Выводы и рекомендации

В данной работе теоретически и экспериментально описываются основные этапы формирования нетканых полотен с вложением льняных технологических отходов. Математическое описание процесса взаимодействия гарнитуры с волокном при кардочесании, основном процессе технологической цепочки, позволило оптимизировать технологический процесс и получить нетканые полотна требуемых свойств.

Исследование основных физико-механических характеристик нетканых полотен с использованием льняных отходов показало, что предлагаемые нетканые полотна не уступают базовым. Результаты работы могут найти применение на предприятиях текстильной промышленности, работающих с волокнистыми отходами и восстановленными волокнами.

© ВГТУ

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЯ ЭЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

О. А. ТЕРЕНТЬЕВА, **С. Г. КОВЧУР, А. Н. МАХОНЬ**

The operational properties of the articles made from textile and leather materials are defined by their steadiness to external influences, which cause repeated tension deformation, pressing and curve. The evaluation of the given properties elastic materials is possible after multicycle testing of the alteration of appearance and a number of physical-mechanical indices. The developed method and the device for testing elastic materials in dynamic conditions enable to get trustworthy and predict operational properties of the materials and articles

Ключевые слова: многоцикловые испытания, прибор, эластичные материалы, качество

Повышение требований к качеству и ассортименту продукции народного потребления предопределяет необходимость постоянного совершенствования процессов изготовления одежно-обувных материалов и повышения уровня контроля их качества. В условиях быстрого обновления производственного ассортимента существует необходимость в разработке экспресс-метода оценки деформационной способности материалов, создающего динамическое воздействие при переменных нагрузках, близкое к фактическим условиям эксплуатации изделий.

Для испытания материалов в динамических условиях разработан способ и прибор на его основе, моделирующий деформацию многократного изгиба с предварительным растяжением [1]. Метод испытания, основанный на данном способе, в зависимости от режимов нагружения является динамическим; по методу нагружения – механическим; по способу приложения нагрузки – с распределенной нагрузкой; по полноте осуществления цикла воздействия – многоцикловым; по характеру воздействия на пробу относится к пространственному деформированию; по характеру амплитуды – с постоянной амплитудой циклической нагрузки; с использованием пробы в виде цилиндра (с продольным швом).

На основании способа и конструктивных особенностей прибора разработана методика проведения испытаний кожевенных материалов, которая включает порядок подготовки образцов (выкраивание, нанесение разметки, климатические условия); условия испытания (режимы растягивающего усилия, угла изгиба, количество циклов); проведение измерений физико-механических показателей до и после проведения испытаний (расчет остаточной циклической деформации, определение разрывной нагрузки и разрывного удлинения); расчет неопределенности испытаний; требования безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе проведены испытания кожевенных материалов для верха обуви и их соединений с целью: исследования устойчивости поверхностного слоя кож к действию многократных деформаций (выявление появления отдушистости, неисчезающих складок и трещин); исследования формоустойчивости кожевенных материалов, оценка которой осуществляется по величине остаточной циклической деформации (приращению площади рабочей зоны образца); исследования качества ниточных соединений (потери прочности и растяжимости швов).

Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод, что разработанный способ и устройство является воспроизводимым и способным моделировать динамические деформационные нагрузки, вызывающие усталостные явления в эластичных материалах.

Литература

1. A43D1/00, заявка u20020265, патент№870, патентообладатель Витебский государственный технологический университет, авторы *Буркин А. Н., Матвеев К. С., Ковчур С. Г., Махонь А. Н., Терентьева О. А.* Прибор для испытания эластичных материалов и швов.,опубл. «Афіцыйны бюлетэнь», 2003 г., № 2, с. 236.

© МГУП

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ В КУТТЕРАХ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НОЖЕЙ

***А. В. БУГЛАК*, В. Я. ГРУДАНОВ, А. А. БРЕНЧ**

This research work is directed on: the decision of questions which arise because of import foreign firms - manufacturers of the equipment; increase of efficiency of process of cutting of meat raw material; creation of new designs of knifes; a choice of optimum modes of cutting of meat raw material for various knifes

Ключевые слова: куттерный нож, удельная энергоемкость, оптимизация процесса, мясное сырье, импортозамещение

На мясоперерабатывающих предприятиях республики Беларусь в основном эксплуатируются куттеры зарубежного производства. При этом измельчение мясного сырья осуществляется ножами с криволинейной режущей кромкой. При такой форме ножей достигается необходимое качество измельчения за счет высокого коэффициента скольжения, однако ножи криволинейной формы имеют весьма существенные недостатки: высокая стоимость изготовления; требуется сложное заточное оборудование при высокой квалификации обслуживающего персонала; завышенный расход металла при раскрое листовой стали. Данные обстоятельства обусловливают экономическую зависимость отечественных предприятий от зарубежных фирм-производителей оборудования.

В то же время криволинейная форма ножей до настоящего времени не имеет достаточного теоретического и экспериментального обоснования, а сама конструкция ножей нуждается в значительной дополнительной доработке, что и определяет актуальность данной работы.

В данной работе, на основе анализа литературных данных и патентно-информационных материалов предложена классификация куттерных ножей, определены основные пути совершенствования их конструкций.

Впервые выведена обобщенная характеристика куттерного ножа, учитывающая коэффициент скольжения, длину режущей кромки, его рабочую поверхность и толщину. Данная обобщенная характеристика позволяет оценивать конструктивные особенности куттерных ножей на качество процесса куттерования и энергозатраты.

Разработана расчетная модель, позволяющая взаимоувязать конструктивные параметры куттерного ножа с работой, затраченной на процесс измельчения. На основе расчетной модели разработаны новые конструкции куттерных ножей (прямой, треугольный и прямой с внутренними режущими кромками) и выполнена их оценка по обобщенной характеристике.

Впервые получены зависимости удельной энергоемкости процесса куттерования, технологических свойств мясного фарша от режимных и конструктивных особенностей куттера. На основе статистического анализа процесса тонкого измельчения мясного сырья в куттере поставлена и решена задача оптимизации, позволяющая определить оптимальные режимы куттерования для различных конструкций куттерных ножей.

Проведены промышленные испытания опытных образцов ножей для куттера Л5-ФКН. Результаты сравнительных испытаний серийных и новых конструкций доказывают правильность выводов, сделанных по результатам теоретических и экспериментальных исследований. Эффективность использования разработанных конструкций рабочих органов куттера подтверждается актом сравнительных испытаний.

Разработан полный комплект конструкторской документации на новые куттерные ножи. Сделан расчет экономической эффективности от возможного внедрения в производство разработанных конструкций рабочих органов куттера.

©МГУП

ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ

***О. К. БУЙКО*, Е. Н. УРБАНЧИК**

The general characteristic of structure of nutrition of the population of republic is given. Classification of harmful substances of food is resulted. Advantage of food stuffs from germinated grains is shown. New directions in use of nonconventional grain resources of republic in particular triticale′s grains for manufacture of food stuffs of the raised biological value are determined

Ключевые слова: тритикале, пророщенное зерно, питание

Одной из самых важных и сложных проблем, стоящих перед пищевой промышленностью республики, является обеспечение населения безопасными продуктами питания повышенной биологической ценности. Ингредиенты пищевых веществ, поступая в организм человека с пищей, обеспечивают его пластическим материалом и энергией, необходимой для физиологической активности и умственной работоспособности. Это в свою очередь определяет здоровье, продолжительность жизни и активность человека. Таким образом, состояние питания является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье нации.

Обеспечение здорового питания населения в т.ч. создание технологий производства качественно новых пищевых продуктов с направленным изменением химического состава, соответствующего потребностям организма человека, невозможно без всестороннего изучения структуры питания населения республики (см. *рисунок 1*). Принципиальным является правильная и продуманная научно-техническая политика в области здорового питания с учетом демографических изменений и развития науки в данной области.

Особое место в каждом из представленных направлений питания занимает безопасность пищевых продуктов. Ухудшение экологической обстановки (работа промышленных предприятий, появление радиационных зон, применение ядохимикатов и т.д.) приводит к загрязнению пищевого сырья. Питание является одним из основных путей поступления чужеродных химических веществ в организм человека. Классификация вредных веществ в сырье и продуктах питания представлена на *рисунке 2.*

Однако изучение влияния этих факторов на свойства, пищевую ценность и безопасность продуктов питания не всегда проводится достаточно глубоко. Рынок республики наводнен импортными продуктами, которые вызывают опасения с позиций безопасности здоровья населения.

Сложившаяся ситуация требует не только коренного совершенствования технологии традиционных продуктов питания, но и создания нового поколения пищевых продуктов, отвечающих возможностям и реалиям сегодняшнего дня. Это продукты со сбалансированным составом, низкой калорийности, с пониженным содержанием сахара и жира и повышенным содержанием полезных для здоровья ингредиентов функционального и лечебного назначения, с повышенным сроком хранения, быстрого приготовления и, конечно, совершенно безопасных для человека.

Рис.1 Классификация современных продуктов питания

Рис. 2 Классификация вредных веществ пищи

Важное место в производстве продуктов массового питания, пользующихся каждодневным спросом у населения, занимают зерновые ресурсы республики. Их правильное использование позволяет производить продукты питания с заданным составом и свойствами повышенной биологической ценности.

Одной из перспективных зерновых культур, выращиваемых в республики, является зерно тритикале – гибрид пшеницы и ржи. Его посевы за последнее десятилетие увеличились с 14 до 246 тыс.га в связи с неограниченными возможностями использования в пищевой и комбикормовой промышленности. Как сырье для производства продуктов питания тритикале имеет ряд преимуществ по сравнению с пшеницей и рожью: содержит более высокие концентрации витаминов, микро- и макроэлементов, имеет повышенное содержание незаменимых аминокислот, таких как валин, изолейцин, фенилаланин. Поэтому разработка технологии производства из тритикале новых видов продуктов питания повышенной биологической ценности представляет большой интерес и является актуальным и перспективным для республики.

Высокой биологической ценностью обладает пророщенное зерно. По сравнению с непророщенным оно содержит значительно больше витаминов, макро- и микроэлементов в легкоусвояемой форме. Благодаря наличию в нем активных протеолитических ферментов улучшается усвояемость белков. Крахмал в проросших зернах частично превращается в солодовый сахар, что облегчает его переваривание. Из пророщенного зерна можно получать различные продукты питания – традиционные, обладающие лечебными свойствами, специального назначения и др. (см. *рисунок 1*).

Учитывая свойства пророщенного зерна, в МГУП на кафедре технологии хлебопродуктов ведется работа по разработке технологий производства новых видов продуктов, отвечающих современным требованиям сбалансированного питания. Это хлебобулочные и кондитерские изделия из диспергированного пророщенного зерна для обычного питания, изделия из муки, полученной из пророщенного зерна для специального питания, изделия с повышенным содержанием пищевых волокон для лечебного питания и др. Общая характеристика продуктов питания из пророщенного зерна представлена на *рисунке 3*.

Большое внимание уделяется технологии производства хлеба из пророщенного диспергированного зерна, которая полностью соответствует приоритетным направлениям в области производства продуктов питания, безопасных для человека.

Важным свойством хлеба из пророщенного зерна является большое количество растворимых и нерастворимых пищевых волокон, входящих в структуру зерна. Вот почему он, в отличие от других видов продуктов, обладает несравненно более сильным сорбирующим эффектом. При употреблении зернового хлеба с пищей, которая всегда содержит определенное количество канцерогенов и токсичных веществ, пищевые волокна всасывают в себя эти вещества до их воздействия на стенки желудка. Этим обеспечивается постоянное содержание в чистоте внутренних органов и систем организма.

При проращивании зерна происходят изменения качественного и количественного содержания сахаров. Так, содержание редуцирующих сахаров увеличивается в несколько раз. После 30 часов проращивания в два раза увеличивается количество водорастворимых углеводов. Пророщенное зерно в основном состоит из мальтозы, также происходит увеличение содержания глюкозы и фруктозы. Это обуславливает улучшение вкусовых качеств получаемого продукта.

С точки зрения безопасности достоинства продуктов из пророщенного зерна достигаются за счет тщательной подготовки зерна к замачиванию, которая тождественна основным стадиям подготовки зерна к помолу. Она предусматривает удаление примесей из зерновой массы, обеззараживание и глу-

Рис. 3 Общая характеристика новых продуктов питания

бокую очистку поверхности зерна. Также известно, что при увлажнении зерно переходит в физиологически активное состояние, начинается миграция веществ [1, с. 18]. Наряду с этим в процессе замачивания при возрастании влажности от 15,0 до 35% в зерне существенно снижается остаточное количество пестицидов (в 3–6 раз в зависимости от типа), представляющих сегодня большую опасность для здоровья человека.

Необходимо отметить, что кроме полезных для организма человека свойств, продукты из пророщенного зерна имеют еще одно ценное достоинство – эти изделия производить экономически выгодно , так как стоимость зерна практически в два раза ниже стоимости муки.

Внедрение технологии в производство позволит более рационально использовать нетрадиционные зерновые ресурсы республики, в частности, зерно тритикале, и получить принципиально новый вид продукции для повседневного массового питания не только превосходящий по биологической ценности уже известные традиционные пищевые продукты, но и обладающий отличным набором нутриентов для поддержания здорового образа жизни и работоспособности населения республики на высоком уровне.

Литература

1. *Казаков Е. Д.* Хлеб из целого зерна // «Хлебопродукты»,1998, № 8, с. 18–20.
2. *Романов А.* Повышение качества хлеба из целого зерна //Хлебопродукты, 1999. – №2. – с.18–19.
3. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений под ред. *Н. Н. Третьякова*, М., Пищевая промышленность, 1979. –199 с.
4. *Фараджева Е. Д., Руадзе И. Д., Чусова А. Е.* Исследование некоторых физико-химических свойств тритикалевого солода //Хранение и переработка сельхозсырья, 1998. – №2, с.24–27.

© МГУП

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ВИДА БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА БРОЖЕНИЯ С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

О. В. ВЕРАНКОВА, **Е. А. ЦЕД, Л. М. КОРОЛЕВА**

New technology of obtaining fermented non-aicoholic drink having medico-preventive prescription was worked out a patented. A special feature of a new drink is the presence in its composition of viable cells of bephidobacterium. Researches of Mogilev center of hygiene and epidemiology confirmed the quality of new drink

Ключевые слова: бифидобактерии, сброженный безалкогольный напиток, квас, лечебно – профилактические свойства, новая технология

Одним из приоритетных направлений пищевой промышленности, является создание продуктов, способных оказывать лечебно – профилактическое действие. Так, в настоящее время, внимание как наших, так и зарубежных ученых, привлекает возможность создания пищевых продуктов с использованием бифидобактерий.

Бифидобактерии являются доминирующей микрофлорой кишечника человека и играют огромную роль в поддержании его здоровья. Установлена тесная связь между составом кишечной микрофлоры и иммунологическими системами организма. Так, у практически здоровых людей при дефиците бифидобактерий наблюдается ослабление иммунитета. Положительное действие бифидобактерий на организм человека связывают с их ферментативными, витаминообразующими и антагонистическими свойствами. Поэтому снижение количества этих микроорганизмов в составе кишечной микрофлоры, которое может происходить под влиянием различных неблагоприятных факторов (стрессов, использование антибиотиков, неблагоприятная экологическая обстановка и др.), является патологическим явлением, снижающим иммунитет человека.

Одним из способов восстановления микробиоценоза кишечника человека является применение препаратов и продуктов питания, содержащих живые клетки микроорганизмов-пробиотиков – бифидобактерий. Это способствует быстрому восстановлению нормальной микрофлоры кишечника, что особенно важно при лечении кишечных заболеваний. Таким образом исследования, касающиеся создания пищевых продуктов, содержащих в своем составе жизнеспособные клетки бифидобактерий, являются актуальными и значимым.

Целью данной работы являлось изучение возможности использования бифидобактерий в квасном производстве и получения на их основе нового вида сброженного напитка с пробиотическими свойствами. Проведенные экспериментальные исследования по изучению возможности адаптации различных видов бифидобактерий к условиям квасоварения показали, что в квасном сусле способен развиваться только один вид бифидобактерий Bifidumbacterium longum B379 M. Были изучены культурально-морфологические, технологические свойства B.longum B379M, а также процесс совместимости бифидобактерий с различными микроорганизмами, входящими в состав комбинированной закваски, используемой для сбраживания квасного сусла. На основании полученных данных была разработана и запатентована технология приготовления и рецептура нового вида кваса «Надежда», содержащего активные клетки бифидобактерий. Изучены его физико-химические и органолептические свойства, а также влияние сроков хранения на количество жизнеспособных клеток бифидобактерий в готовом квасе. Качество нового кваса «Надежда» было подтверждено Могилевским областным центром гигиены и эпидемиологии.

©БРУ

СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОДУКЦИИ ПРИ ЕЕ ПЕРЕРАБОТКЕ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

***И. В. ЛАДИСОВА,* А. Ф. МИРОНЧИК**

The ways of technological processing in home conditions of radioactive polluted meat and milk are given

Ключевые слова: мясо, молоко, технологическая переработка, доза облучения

Загрязнение радиоактивными веществами территорий с различными почвенными условиями, которое наблюдается после катастрофы на Чернобыльской АЭС, обуславливает заметную вариацию вклада различных путей поступления радионуклидов в организм в формирование дозы облучения населения. В регионах с преимущественно легкими почвами, к которым относится большинство загрязненных земель Белоруссии, России и севера Украины, долгое время внутреннее облучение изотопами 137Cs и 90Sr будет преобладать над внешним облучением населения. В продукции частных хозяйств, где обработка почвы сведена до минимума, а удобрения применяются не всегда, домашние животные, как правило, находятся на свободном выпасе, часто используются лесные пастбища, неудобицы и заливные луга, что приводит порой к повышенному содержанию радиоактивных веществ в молоке. Анализ вклада в общую дозу основных дозообразующих продуктов показывает, что 40–45 % годовой дозовой нагрузки жители загрязненных регионов будут получать за счет потребления молока даже с допустимым содержанием 137Cs. Зачастую, особенно в питании детей, в рационе необходимо присутствие цельного молока. В этой связи, наряду с применением защитных мероприятий в сельском хозяйстве, решение проблемы производства «чистого» молока требует разработки специальных (нетрадиционных) способов его технологической переработки, позволяющих снизить дозу внутреннего облучения.

Процесс сепарирования загрязненного молока, заключающийся в его разделении на фракции с различной плотностью (жировую и обезжиренную), позволяет снизить содержание 137Cs в сливках до 50–55 %, а в случае разбавления последних кипяченой водой до исходного объема молока – до 92–94 % от исходного. В очищенных сливках сохраняются все свойственные молоку микроэлементы,

белки, витамины и после разбавления кипяченой водой до желаемой жирности они вполне пригодны в пищу даже маленьким детям.

При получении творога в домашних условиях путем самопроизвольного сквашивания в зависимости от его выхода (от 7 до 18 %) в сыворотку переходит 69–89 % 137Cs и 61–85 % 90Sr. В твороге концентрация 90Sr такая же, как и в молоке (являясь аналогом кальция, 90Sr прочно связан с казеинатфосфатным белковым комплексом молока). Проведенные исследования подтверждают данные о том, что изотопы 137Cs и 90Sr не связаны с жировой составляющей молока, поэтому потребление жирных молочных продуктов (сливки, сметана, масло) значительно снижает поступление радиоактивных веществ в организм.

Выявленные зависимости снижения концентрации радионуклидов и уменьшения содержания питательных веществ в мышечной ткани позволили выбрать приемлемую интенсивность процесса ее очистки водой в зависимости от конкретных требований к конечному продукту. Оптимальными параметрами процесса являются измельчение мяса до размеров 16–25 мм, разбавление Т:Ж = 1:2, две 10-минутные промывки, при которых возможно удаление примерно 85 % 137Cs при 20 % потере белков. Увеличение кратности обработки мяса до четырех приводит к потере 27–30 % белков при вымывании до 98 % 137Cs.

Очистка животноводческого сырья при соблюдении предлагаемых оптимальных параметров протекания процесса позволяет снизить содержание 137Cs в мясе примерно в 5,6 раза, или на 78–82 %, а в молоке - примерно в 2,7 раза, или на 61–67 %. Снижение поступления радиоцезия в организм с учетом потребления продуктов питания после технологической переработки мяса составляет 78–83 %, молока – 63–69 %, радиостронция – 49–72 %. Общее уменьшение поступления 137Cs с рационом в организм человека (потребление мясомолочной продукции) достигает 66–72 %.

© МГУ

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШИПОВНИКА В ПРОИЗВОДСТВЕ СОКОВ

Н. В. ЛАЧЕВА, А. В. ЧЕРЕПАНОВА, В. Н. ТИМОФЕЕВА

Summary. In activity the researches on use of a dogrose in production of juices of preventive assigning are adduced. As raw material for obtaining juices it is offered to utillize a pumpkin, carrots and dog-rose. The syrup is recommended to be made on a water extract from of a dog-rose. The formulas of juices with with sugar with adding of juice from a dog-rose with of preventive assigning are developed

Ключевые слова: шиповник, пюре тыквенное, пюре морковное, купажированные соки, продукты профилактического назначения

Из всех видов плодоовощной продукции соки являются наиболее полезными для человека. Они имеют высокую биологическую ценность, содержат достаточное количество сахаров, витаминов, минеральных веществ. Биологическая ценность соков заключается еще и в том, что они способствуют более полной усвояемости жиров, белков, углеводов, поступающих в организм человека с другими пищевыми продуктами.

Ассортимент соков, вырабатываемых отечественной консервной промышленностью разнообразен, так как сырьем для производства является большое количество овощей, фруктов и ягод. Традиционны фруктовые соки, однако не следует ослаблять интерес и к овощным, так как последние обладают ценным минеральным и витаминным составом. Расширение ассортимента неизбежно связано с привлечением новых перспективных видов сырья, богатых биологически активными веществами, но мало используемых в консервном производстве. Одним из таких видов является шиповник.

Тыква и морковь – традиционное сырье для консервной промышленности Республики Беларусь. Кроме того, эти овощи обладают лечебными свойствами и ценным химическим составом.

Однако у овощных пюре высокая активная кислотность (pH) и незначительное количество витамина С. Поэтому целесообразно разрабатывать ассортимент и технологии производства купажированных соков на основе тыквенного и морковного пюре с использованием высококислотной и высоковитаминизированной добавки – шиповника.

При разработке технологии производства консервов профилактического назначения с использованием шиповника мы остановились на купажированных соках с мякотью с сахаром: морковно-шиповниковый, тыквенно-шиповниковый.

Соки богаты витамином С (118,05 и 108,33 мг/100г для морковно-шиповникового и тыквенно-шиповникового соответственно), а также содержат большое количество пектина (0,73 и 0,60 %), ко-

торый обладает повышенной комплексообразующей способностью, то есть связывает и выводит из организма человека катионы тяжелых металлов и радионуклидов. Пектин также влияет на обмен холестерина, выводит из организма нейтральные и кислые жироподобные вещества, уменьшает содержание солей в скелете и мышцах, способствует заживлению ран, используется при лечении язвенной болезни желудка.

Следует также отметить, что у соков достаточно высокая зольность (0,72 и 0,67 %), а следовательно и богатый минеральный состав.

Разработанные купажи содержат большое количество биологически активных веществ и могут быть использованы в лечебно-профилактическом питании.

СЕЛЬКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ, ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ

©БГАТУ

УЛУЧШЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ОБОСНОВАНИЕМ КОНСТРУКЦИЙ ХОДОВЫХ СИСТЕМ СО СНИЖЕННЫМ УРОВНЕМ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ

***С. В. АЛЕШКЕВИЧ*, А. Н. ОРДА**

Influence on ground of running systems leads to its deterioration physicomechanical and agrophysical properties, the biological crop of agricultural crops on traces of tractors decreases. One of ways of the decision of the given problem is perfection of wheel and caterpillar running systems

Ключевые слова: почва, ходовая система, движитель, уплотнение

Воздействие на почву ходовых систем существующих МТА приводит, как правило, к ухудшению ее физико-механических и агрофизических свойств: плотность почвы увеличивается в 1,1…1,4 раза, твердость в 4…5 раза, сопротивление обработке в 1,3…1,9 раза, глыбистость в 2…4 раза; количество эрозионно-опасных частиц увеличивается примерно в 5 раз. Из-за этого ухудшается водо- и воздухопроницаемость, почва переувлажняется и не способна впитывать имеющуюся на поверхности влагу. Кроме того, ухудшается качество проводимых технологических операций, связанных с обработкой почвы, посевом и уборкой урожая. Снижается производительность МТА и ухудшается их эксплуатационная надежность. Из-за плохой заделки семян или высокой плотности почвы снижается биологический урожай сельскохозяйственных культур по следам тракторов на 5…27%.

К возможным путям решения описанной проблемы относятся: совершенствование ходовых систем техники с целью снижения буксования и давления на почву; рациональное агрегатирование МТА; уменьшение числа проходов МТА по полю, путем совмещения ряда выполняемых операций; увеличение скорости движения МТА.

В большинстве случаев внимание уделяется совершенствованию колесных и гусеничных систем.

Гусеничные машины обладают развитой опорной поверхностью, за счет чего являются более проходимыми и оказывают меньшее уплотняющее воздействие на почву. Но в существующем конструктивном исполнении они имеют и ряд таких недостатков как большая масса движителя, повышенный износ деталей ходового устройства, отсутствие асфальтоходности, шумы и вибрации, превышающие санитарные нормы, достаточно высокие давления на почву непосредственно под опорными катками.

Анализ результатов различных исследований по влиянию гусеничных тракторов на почву показал, что уровень воздействия необходимо снизить не менее чем в 1,5…2 раза. Этому способствует оптимальное расположение центра тяжести, уменьшение отношения расстояния между катками к шагу гусеницы до 1,5…1,7, увеличение опорной длины поверхности гусениц, снижение динамической нагруженности опорных катков за счет рационального выбора систем подрессоривания тракторов, применение гусеничной ленты с пневмоэлементами или ограничителями прогиба, уменьшение общей массы трактора и др.

Колесные движители лишены большинства недостатков гусеничных движителей, однако, давления, с которыми они воздействуют на почву, значительно выше из-за сравнительно небольшой площади опорной поверхности.

Для уменьшения давления на почву можно использовать такие приемы, как уменьшение давления воздуха в шине, увеличение размеров колес, изменение реологических (деформационных) свойств шин и др. Все указанные способы направлены на увеличение площади пятна контакта шины с почвой, что напрямую влияет на контактное давление.

Кроме того, колесные тракторы оборудуются сдвоенными колесами. Это позволяет не только приблизить параметры уплотнения до уровня гусеничных тракторов, но и повысить тяговый КПД за счет меньшего буксования.

©ГГТУ

АНАЛИЗ АГРЕГАТИРОВАНИЯ КОМБАЙНА ПОЛУНАВЕСНОГО КОРМОУБОРОЧНОГО КПК – 3000 С ТРАКТОРОМ «БЕЛАРУС» МОДЕЛИ 2522

***А. А. БРАНДЮКОВ*, В. Б. ПОПОВ**

The possibilities of block-building design of «Belarus» 2522 model tractor with mounted KPK-3000 harvester are analyzed in the paper. A functional mathematical model has been formed for positioning the harvester from operating to transport position by means of tractor lifting mounted device. Computational experiment data confirm the possibility of block-building design in power aspect with lifting capacity reserve

Ключевые слова: агрегатирование грузоподъемников, трактор, комбайн кормоуборочный

ПО «Гомсельмаш» выпускает полунавесной кормоуборочный комбайн КПК-3000, состоящий из измельчителя и комплекта адаптеров, обычно агрегатируемый с универсальным энергосредством УЭС-250. Комбайн предназначен для уборки зеленых и подвяленных трав, кукурузы, сорго, подсолнечника и других высокостебельных культур. Возможность агрегатирования КПК-3000 только с УЭС-250 ограничивает область возможного распространения данной машины.

Использование в качестве энергоносителя для КПК – 3000 других мобильных энергосредств, в частности, колесных тракторов марки «Беларус», позволит дополнительно навешивать КПК-3000 и на тракторы. Наиболее подходящим для агрегатирования с КПК – 3000 является трактор «Беларус» модели 2522. Он оборудован подъемно-навесным устройством с грузоподъемностью на оси подвеса 100 кН. Таким образом, использование его в качестве энергоносителя для КПК – 3000, вес которого составляет 2700 – 2950 кг, а центр тяжести расположен на расстоянии 0,857 м от оси подвеса, может быть вполне осуществимо. При агрегатировании кормоуборочных комбайнов с тракторами наиболее проблемным в энергетическом аспекте является перевод кормоуборочного комбайна из рабочего в транспортное положение. В целом достаточными условиями возможности навески комбайна на трактор является выполнение совокупности следующих требований:

- минимальная грузоподъемность подъемно-навесного устройства трактора, определенная с учетом расположения центра тяжести комбайна, должна превышать вес комбайна;
- управляемость машинотракторного агрегата не должна быть меньше допустимого значения;
- выполнение требований по компоновке для КПК – 3000, находящегося в транспортном положении.

В итоге для принятия решения о возможности агрегатирования КПК-3000 с трактором «Беларус» требуется подтвердить рациональность выбора внутренних параметров механизма навески и гидропривода, обеспечивающих перевод комбайна в транспортное положение с позиции грузоподъемности подъемно-навесного устройства и управляемости сельскохозяйственного агрегата.

Для определения выполняемости перечисленных требований необходимо было провести структурный анализ схемы механизма навески трактора, свести пространственную геометрическую модель подъемно-навесного устройства к плоскому аналогу [1], для которого сформировать функциональную математическую модель подъема комбайна [2] и выполнить на ее основе вычислительный эксперимент [3].

Результаты вычислительного эксперимента показали возможность перевода навешиваемого на трактор «Беларус» модели 2522 комбайна КПК-3000 в транспортное положение. При этом в транспортном положении обеспечивается необходимая управляемость сельскохозяйственного агрегата. Таким образом, при отсутствии компоновочных ограничений вопрос о возможности агрегатирования трактора и комбайна решается положительно.

Литература

1. *Артоболевский И. И.* Теория механизмов и машин. М: Машиностроение, 1988, 640 с.
2. *Озол О. Г.* Теория механизмов и машин. Пер. с латыш./ Под ред. С.Н. Кожевникова– М.: Наука, 1984.– 432с.
3. *Тарасик В. П.* Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. – Мн.: Дизайн про, 1997.– 640с.

©БГТУ

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОРЕЖИВАНИЙ В ЛЕСАХ НОВИНКОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ГЛХУ «ВАСИЛЕВИЧСКИЙ ЛЕСХОЗ»

***М. В. БРЕЛЬ*, Д. В. ШИМАН, Г. В. МЕРКУЛЬ**

This article is devoted to influence of thing on structure, productivity and grows conditions of stands

Ключевые слова: насаждение, рубка ухода, формирование, технология, продуктивность

В работе исследовано влияние механической выборки деревьев в процессе рубок ухода на изменение таксационных показателей, структуру и состояние насаждений, и в конечном счете – влияние изменившихся условий произрастания в результате рубок на продуктивность сосновых насаждений. Технологическое исполнение прореживаний осуществлено по двум вариантам: базовый вариант – среднепасечная технология с применением бензопил и колесных тракторов; проектный вариант – предусматривающий проведение рубок ухода с использованием прицепного процессора «НИАБ 5-15».

Установлено, что при проведении рубок происходят значительные изменения в пространственной структуре древостоев. В первую очередь разрушаются микрогруппировки с большим количеством деревьев. Часть деревьев сохраняется в дискомфортных зонах, а часть убирается из биологически активных зон, где они могли бы дожить до возраста спелости. Все это приводит к соответствующему экологическому эффекту.

Следует отметить и лесоводственное значение рубок ухода. После их проведения улучшается общее состояние древостоев, снижается заболеваемость насаждений и повышается их устойчивость к различного рода заболеваниям и поражению вредителями, повышается площадь питания одного дерева, что ведет к более быстрому достижению деревом и насаждением в целом возраста технической

спелости. При проведении прореживаний своевременно используется древесина, которая перешла бы в отпад. И хотя уменьшение густоты древостоев путем искусственного разреживания ведет к некоторому ухудшению формы стволов, снижение степени этого отрицательного явления ослабляется тем обстоятельством, что оно сказывается в большей мере в верхней половине ствола, в то время как нижняя, более ценная половина его мало изменяет форму под влиянием изреживаний.

Применением разреживания прежде всего изменяется световой режим в насаждении как внутри полога, так и под ним (освещенность в вариантах с рубками увеличилась на 26-52% по сравнению с контрольными). Кроме того, увеличение доступа света под полог древостоя изменяет в той или иной мере условия почвенных процессов, способствуя в большинстве случаев повышению интенсивности микробиологической деятельности в почве. Все это влияет на интенсивность ассимиляции углекислоты и в связи с этим на прирост древесины. Различия освещенности по вариантам опыта свидетельствуют о положительном влиянии рубок ухода на световой режим в лесу.

Явление повышения производительности при умеренном изреживании, скорее всего, вызывается, с одной стороны, определенным улучшением условий произрастания в результате изменения микроклимата под пологом леса, а с другой – общим повышением тонуса всего насаждения в связи с ослаблением состояния чрезмерной напряженности или подавленности, которую испытывает каждый экземпляр в насаждении, где происходит массовое отмирание его членов вследствие недостатка почвенного и воздушно-светового питания.

Предложенная технология с использованием прицепного процессора «НИАБ 5-15» позволила увеличить рентабельность рубок ухода на 6%.

Из этого следует, что проведение рубок ухода с применением разумной технологии выгодно как с лесоводственной, так и с экономической точки зрения.

© БГТУ

СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ НЕСВИЖСКОГО ДВОРЦОВО-ПАРКОВОГО АНСАМБЛЯ И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

***М. С. ВОЛЧЕНКО,* Т. М. БУРГАНСКАЯ**

In the arcticle the condition of plantings in Old and Japanese parks of Neswizh palace and park complex is analyzed

Ключевые слова: Несвиж, парки, растения, состояние, уход

Несвижский дворцово-парковый ансамбль представляет собой несомненную ценность как крупнейший памятник архитектуры и садово-паркового искусства на территории Беларуси. Его формирование неразрывно связано с княжеским родом Радзивиллов и велось с 1533 г. Комплекс состоит из пяти автономных ландшафтных районов общей площадью 66 га – Замкового парка, или Антонии (11 га), Старого парка, или Озерины (16 га), Нового, или Марысиного парка (22 га), Японского парка, или Плинтовки (7 га), Английского парка, или Ипподрома (10 га). Каждый из них представляет собой обособленный участок комплекса, несущий в себе исторические традиции.

Объектами исследований являлись древесно-кустарниковая растительность и живой напочвенный покров насаждений правобережной части Несвижского дворцово-паркового комплекса (Старый и Японский парки).

Проведенные исследования показали, что насаждения Старого и Японского парков имеют богатый видовой состав древесных растений. В основном это местные породы значительного возраста, а также некоторые экзоты. Доминирующими породами в Старом парке являются клен остролистный, липа мелколистная, ясени обыкновенный и пушистый. Анализ состояния растений в насаждениях этого парка свидетельствует о том, что почти половина из них является ослабленной и имеет различные механические повреждения, вызванные неблагоприятными внешними факторами, в том числе высокой антропогенной нагрузкой. Болезни листьев встречаются редко, однако большинство растений имеют повреждения различными энтомологическими вредителями. В наибольшей степени повреждены молодые посадки клена остролистного.

В отличие от Старого парка, видовой состав насаждений Японского парка менее разнообразен. Среди местных пород преобладает ольха черная. Экзоты представлены как хвойными, так и лиственными породами, среди которых можно выделить клен приречный, ель колючую, орех маньчжурский, боярышник черноплодный и другие. В насаждениях Японского парка подавляющее большинство растений являются вполне здоровыми и находятся в хорошем состоянии. Сильно ослабленными и усыхающими являются молодые посадки ясеня пенсильванского. В отличие от Старого парка, растения Японского парка в меньшей степени повреждены листогрызущими насекомыми, однако здесь чаще встречаются болезни листьев в виде мучнистой росы и пятнистостей, а также другие заболевания. Состояние почв и напочвенного покрова в целом лучше, чем в Старом парке, не считая большо-

го количества сорной растительности. По результатам агрохимического анализа образцов почвы в обоих парках выявлено низкое содержание в почве гумуса и фосфора.

Полученные результаты позволили разработать ряд мероприятий, направленных на улучшение состояния насаждений. К их числу относятся органно-минеральные подкормки растений, полив молодых насаждений, обрезка деревьев и кустарников. В качестве санитарных мероприятий по оздоровлению насаждений предусмотрена вырубка сухостойных деревьев, санитарная обрезка, борьба с болезнями и вредителями. Предусмотрены мероприятия по содержанию и ремонту газона, которые включают в себя подсев газонных трав, подкормку минеральными и органическими удобрениями, полив и скашивание травостоя.

Выполнение предлагаемых агротехнических мероприятий позволит, на наш взгляд, улучшить состояние насаждений парков правобережной части Несвижского дворцово-паркового комплекса.

© БГТУ

СПОСОБ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ ПРОСЛОЙКАМИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

А. Л. ДИВАНОВСКИЙ, **М. Т. НАСКОВЕЦ**

The construction and know-how of piling a heat-insulating dirt band in roads temporary or operating the year round is proposed

Ключевые слова: лесовозная дорога, отходы деревообработки, теплоизоляция

Эффективность работы автомобильного транспорта на вывозке заготовленного леса находится в прямой зависимости от эксплуатационных качеств лесовозных дорог.

В последние годы транспортное освоение лесных массивов связано с необходимостью строительства дорог в неблагоприятных условиях. Строительство дорог в этих районах характеризуется избыточным увлажнением, большим процентом заболоченности лесосечного фонда, распространением переувлажненных глинистых грунтов, кроме того, используемая для вывозки древесины дорожная сеть подвергается негативному влиянию погодно-климатических факторов в зимний период и в период весенней распутицы.

Одним из эффективных способов, позволяющих замедлить процесс оттаивания грунтов, является применение теплоизоляционных прослоек. В практике строительства для этих целей предусматривается использование таких материалов, как гидролизный лигнин, опилки и другие. Но вышеперечисленные материалы не позволяют эффективно использовать их эксплуатационные качества в процессе работы дорожной конструкции, так как они не защищены от действия влаги. Это снижает общую работоспособность дороги, и требует применения дорогостоящих органических вяжущих, таких, как битум, либо минерального вяжущего – цемента.

На основании этого предложен ряд технических решений, способствующих увеличению срока эксплуатации лесовозных дорог в весенний период и устройства дорог круглогодового действия с применением отходов деревообработки (гидролизный лигнин, опилки и др.). В частности, предложена конструкция и технология укладки теплоизоляционных прослоек в дорогах временного либо круглогодового действия, представляющая собой мат, состоящий из равновеликих ячеек, заполненных опилками, и уложенных в основании земляного полотна между двумя прослойками из нетканого синтетического материала (НСМ). Данный вариант может быть использован в качестве теплоизоляционной прослойки в основании дорог круглогодового действия на слабых грунтах.

Разработан также вариант образования полностью закрытых ячеистых матов, с размещенными внутри опилками. Маты после окончания зимне-весенней эксплуатации можно извлекать и использовать в дальнейшем на временных дорогах или же засыпать поверхность грунтом, устраивая, таким образом, дороги длительного срока службы. Альтернативной заменой нетканого синтетического материала (НСМ) может служить 2-х слойный полиэтиленово-пленочный материал. В таких конструкциях, сухие опилки засыпаются внутрь между двумя предварительно рассоединенными пленками. При этом образуется мат, состоящий в поперечном сечении из одной или нескольких оболочек, внутри которых заключены сухие опилки. Данная конструкция закладывается в основание земляного полотна и поверх нее отсыпается слой песка (снега). Данная прослойка будет выполнять как армирующую (воспринимать растягивающие напряжения), так и теплоизоляционную функцию. Укладка разработанной конструкции в колею дороги повышает несущую способность грунта, тем самым увеличивает проходимость лесовозного автотранспорта. Кроме того, она может использоваться не только на зимних дорогах, а при небольших объемах вывозки и на временных дорогах летнего действия.

©ГГТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ГИДРОЦИЛИНДРА И ГИДРОПНЕВМОАККУМУЛЯТОРА В ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОМ УСТРОЙСТВЕ УЭС-2-250А

***А. В. КОТОВ*, В. Б. ПОПОВ**

The influence of variable inner parameters of lifting mounted device on narrowing the range of ratios change of mounting mechanism of multi-purpose power unit is considered in the paper. A functional mathematical model of the process of KSN–6-2M beet harvester lifting by means of CES –2–250A lifting mounted device has been formed. After a computational experiment with the use of the functional mathematical model the lifting mounted device output characteristics have been improved

Ключевые слова: навеска, тяга, гидроцилиндр, гидроаккумулятор

В работе на основе известных теоретических методов выполнен анализ влияния гидроцилиндра (ГЦ) и гидропневмоаккумулятора (ГПА), дополнительно включенных в подъемно-навесное устройство (ПНУ) УЭС-2-250А. При этом УЭС-2-250А агрегатируется со свеклоуборочным комбайном КСН-6-2М, разработанным в РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике». Предложенная здесь методика исследования использует сведения из векторного анализа, метод преобразования координат и матричный метод решения систем уравнений [1, 3].

В результате структурного анализа схемы механизма навески (МН) УЭС-2-250А, полученной на основе его пространственной геометрической модели была сформирована 3D функциональная математическая модель (ФММ) ПНУ с переменными параметрами [2]. Варьирование параметрами позволяет подобрать рациональный режим работы ПНУ УЭС с навешенным адаптером. Функциональная ММ ПНУ с переменными параметрами включает аналитические выражения для геометрического, кинематического и силового анализа МН. Кроме этого в работе выполнен анализ устойчивости мобильного сельскохозяйственного агрегата (МСХА), состоящего из УЭС-2-250А и КСН-6-2М, находящемся в транспортном положении.

Анализ результатов, полученных на основе вычислительного эксперимента, выполненного на базе разработанной ФММ, показал преимущество применения ПНУ с переменными параметрами (верхняя тяга которого включает ГЦ, подсоединенный к ГПА) по сравнению с классическим исполнением ПНУ.

По результатам проделанной работы были сформированы конкретные рекомендации для РКУП «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» по изменениям в схеме ПНУ УЭС-2-250А при его агрегатировании со свеклоуборочным комбайном КСН-6-2М.

Результаты 3D силового анализа ПНУ УЭС-2-250А могут быть использованы для анализа прочности звеньев МН в инженерных расчетах, выполняемых по методу конечных элементов. Включение в силовой анализ составляющей потерь на трение в элементах МН повышает точность вычисления грузоподъемности ПНУ УЭС-2-250А. Помимо этого результаты геометрического и кинематического анализа модернизированной схемы ПНУ используются в динамическом анализе колебаний, возникающих в элементах МН в процессе транспортного переезда МСХА.

Полученные на основе разработанной 3D ФММ выходные характеристики ПНУ могут быть улучшены в процессе параметрической оптимизации, т.е. обеспечена большая стабильность передаточных чисел МН в диапазоне изменения обобщенной координаты. С этой позиции разработанная 3D ФММ составляет основу для ФММ оптимизационного параметрического синтеза ПНУ.

Предложенный алгоритм анализа функционального процесса подъема навесной машины может также быть использован при автоматизированном проектировании идентичных по структуре подъемно-навесных устройств.

Литература

1. Курс теории механизмов и машин. *Зиновьев В. А.*, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975 г., 394 стр.
2. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин: Теория систем автоматического управления: Учеб. пособие /*В. П. Автушко, Н. В. Богдан, В. В.* Будько и др.; Под ред. *Н. В. Богдана, Н. Ф. Метлюка.* – Мн.: «ПИОН», 2001. – 396 с.
3. *Гусак А. А.* и др. Справочник по высшей математике/ А. А. Гусак, Г. М. Гусак, Е. А. Бричикова. – Мн.: 1999. – 640 с.

©БелГУТ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ ТРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

***В. В. МАКЕЕВ*, А. Б. НЕВЗОРОВА**

Laboratory of BelSUT elaborated new method of restoration of details bearing of sites with simultaneous application of a material of the pressed wood working in a mode self-lubricate (brass) and method of gas-flame of drawing wear-resistant of coverings. We gave practical recommendations for using of this method

Ключевые слова: восстановление, подшипник скольжения, газопламенное напыление, древесная заготовка, триботехнические испытания

Одним из приоритетных направлений развития Республики Беларусь является сельское хозяйство. Его успешное функционирование напрямую зависит от технологического уровня, условий эксплуатации, долговечности и надежности сборочных узлов сельскохозяйственных машин. Зачастую тяжелые условия эксплуатации, несвоевременный технический осмотр, технологическое несовершенство узлов трения приводит к поломкам и, как результат, простоям техники.

В результате исследований был произведен теоретический анализ возможности комплексного восстановления подшипниковых узлов. Он предусматривал рассмотрение целого ряда методов, рекомендаций, предпосылок, позволяющих более детально и всесторонне подойти к вопросу о выборе необходимого метода реконструкции подшипникового узла. Такой подход необходимо было реализовать сразу в двух направлениях: восстановление вала; восстановление подшипника. Было получено экспериментальное подтверждение эффективности выбранного метода восстановления узлов трения, работающих при различных условиях эксплуатации, установлены особенности триботехнических свойств материалов исследуемой пары трения. Условия эксплуатации различных машин и механизмов зачастую очень различаются друг от друга. Разрабатываемая технология комплексного восстановления узлов трения скольжения не может быть применима ко всем условиям эксплуатации и являться альтернативой всем методам восстановления узлов трения. Поэтому были выработаны рекомендации, основываясь на которых можно сделать вывод о целесообразности применения предложенной технологии комплексного восстановления к конкретной конструкции и условиям работы рассматриваемого подшипникового узла.

Основой предлагаемой технологии является применение газотермического нанесения покрытия в качестве метода восстановления вала [1] и древесного вкладыша объемного деформирования при ремонте подшипника скольжения [2]. Такой подход позволяет снизить себестоимость ремонта машин и механизмов, уменьшить расход металла, повысить эксплуатационные свойства восстанавливаемых узлов.

Заключение. В результате исследований были предложены новые решения по конструированию подшипникового узла, выбору материалов пары трения в зависимости от параметров окружающей среды и условий его работы.

Литература

1. *Витязь П. А., Ивашко В.С., Ильющенко А. Ф.* и др. Теория и практика нанесения защитных покрытий. – Мн.: Беларусская навука, 1998. – 583 с.
2. *Врублевская В. И., Невзорова А. Б., Врублевский В.Б* . Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них. – Гомель, 2000.

©БГАТУ

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ

***М. И. НАЗАРОВА*, А. В. КИТУН**

The submitted work contains the analysis of lacks of available technologies of processing of the ground, the repeated passes of units connected to necessity and machines. Application of system of the minimal processing of ground at which the number of processings and passes of tractors on a field is reduced is offered. Classification of the soil-cultivating combined machines and as the design and work of section disk and spike-tooth harrows used in the combined units is described is resulted

Ключевые слова: обработка почвы, комбинированные почвенные агрегаты, рабочие органы, дисковая борона, зубовая борона, шлейф, сферический диск

Многократные проходы почвообрабатывающих агрегатов по полю, связанные с необходимостью выполнения нескольких операций, неизбежно приводят к чрезмерному уплотнению и распылению почвы.

При вспашке пятикорпусным плугом трактор уплотняет 40...50 % поверхности поля. Под действием гусениц трактора и колес машин агрегатные комочки почвы разрушаются, распыляются, плотность почвы повышается, а капиллярность и влагопроницаемость уменьшаются. Все это ведет к снижению урожайности. Многократная предпосевная обработка затягивает сев, что также неблагоприятно сказывается на урожае.

Особенно вредна многократная обработка в зонах недостаточного увлажнения и на легких бесструктурных почвах. При интенсивной обработке вследствие выветривания и водной эрозии теряется органическое вещество, ухудшается структура почвы, возрастают потери влаги и образование глыб. В связи с этим получает распространение система минимальной обработки почвы, при которой сокращается число обработок и проходов тракторов по полю. Для этого применяют комбинированные машины и агрегаты, выполняющие за один проход несколько операций: например, вспашку и допол-

нительную поверхностную обработку (крошение глыб, выравнивание поверхности, уплотнение и др.), культивацию, боронование и прикатывание, предпосевную обработку почвы и посев, основную или предпосевную обработку почвы и внесение удобрений, гербицидов или других химикатов [2].

Применение комбинированных машин уменьшает вредное воздействие колесных движителей на почву, сокращает сроки проведения операций, повышает качество работ и производительность труда, снижает производственные затраты.

Комбинированные машины и агрегаты должны содержать набор рабочих органов для одновременного выполнения лишь тех операций, которые можно совмещать во времени без нарушения агротехники, сроков и качества выполнения.

Существует три основных типа комбинированных машин: агрегат, составленный из нескольких последовательно соединенных простых орудий, выполняющих отдельные операции; машина, на раме которой последовательно закреплены разные по назначению рабочие органы, заимствованные от простых орудий; машина, оснащенная специальным комбинированным рабочим органом, выполняющим все операции заданного технологического цикла [3].

После вспашки необходимо производить боронование. При бороновании почва крошится и частично перемешивается. Для совмещения этих двух операций используются плуги со шлейфом борон, состоящих из дисковых и зубовых секций.

Бороны применяют для рыхления верхнего слоя почвы, выравнивания поверхности поля, разрушения почвенной корки, крошения комков, уничтожения сорняков, заделки семян и удобрений. Бороны бывают зубовые, роторные и дисковые [1].

На основе теоретических и поисковых исследований предлагается дисковый рабочий орган почвообрабатывающей секции к плугу.

Основной задачей, которая ставится перед секцией дисковой бороны, является высокое качество боронования, а также снижение удельной энергоемкости обработки почвы и металлоемкости применяемого агрегата.

Указанная задача достигается тем, что рабочая секция дисковой почвообрабатывающей бороны, содержащая два сферических диска большего и меньшего диаметров, примыкающих друг к другу и обращенных вогнутыми сферами в противоположные стороны, где рабочая поверхность сферического диска меньшего диаметра выполнена в виде сегментов с одинаковым радиусом.

Установленные сферические диски меньшего диаметра, рабочая поверхность которых выполнена вырезкой в виде сегментов, позволяют при уплотнении почвы образовывать лунки, в результате чего одновременно выполняются две технологические операции – уплотнение почвы и образование лунок, что уменьшает шлейф заменяемых почвообрабатывающих машин, а следовательно снижается удельная энергоемкость процесса подготовки почвы и металлоемкость применяемого шлейфа машин. Кроме того, вырезная поверхность дисков выполнена в виде сегментов, а следовательно площадь воздействия почвы на рабочую поверхность диска уменьшается, что снижает затраты энергии на выполняемый рабочий процесс.

На секцию данной дисковой бороны получен патент.

В составе комбинированных почвообрабатывающих агрегатов также применяют зубовые бороны. Рабочим органом зубовых борон является зуб.

В предлагаемой нами приставке к плугу в виде почвообрабатывающей зубовой бороны зубья второго и последующих рядов имеют меньший диаметр, чем зубья первого ряда, и нижняя их часть изогнута под тупым углом к оси зуба.

При поступательном движении бороны зубья каждого ряда под действием силы тяжести внедряются в почву. Каждый зуб первого ряда передней рабочей гранью раскалывает почву, при этом возникает сопротивление раскалываемого слоя. Боковыми гранями зуб раздвигает, сминает и перемешивает почвенные частицы, деформируя близлежащие площади почвы.

Так как первый ряд зубьев деформирует близлежащие площади почвы, то сопротивление движению последующих зубьев снижается, а следовательно уменьшается нагрузка, действующая на фронтальную поверхность зубьев второго и последующих рядов, что позволяет уменьшить их диаметр, вследствие чего снижаются затраты энергии на выполняемый процесс.

Использование зубьев изогнутой формы позволяет выполнить одновременно две технологические операции – рыхление и уплотнение и тем самым уменьшить число машин, а следовательно снизить удельную энергоемкость выполняемого процесса и металлоемкость используемого для почвообработки шлейфа машин.

На данную зубовую борону получен патент.

Использование комбинированных почвообрабатывающих агрегатов позволит решить многие проблемы сельского хозяйства: такие как нехватка рабочей силы и топливо-энергетических ресурсов.

Применение в шлейфе комбинированных почвенных агрегатов предложенных нами секций дисковой и зубовой борон позволяет соединить несколько технологических операций и тем самым уменьшить число машин, следовательно – снизить энергоемкость выполняемого процесса и металлоемкость используемого для почвообработки шлейфа машин.

Литература

1. *Карпенко А. Н., Халанский В. М.* Сельскохозяйственные машины.-6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989.-527 с.: ил.
2. *Кленин А. В., Сакун В. А.* – Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.– Москва: Колос, 1994г.
3. *Клочков А. В., Чайчиц Н. В., Буяшов В. П.* – Сельскохозяйственные машины. Мн.: Урожай, 1997г.

©БГТУ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ НАГРУЖЕННОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

***С. Н. ПИЩОВ*, В. А. СИМАНОВИЧ**

Substantiation of parameters wheel loggings tractors and their research loading in various operational conditions

Ключевые слова: трелевочный трактор, динамическая нагруженность, коэффициент динамичности

Динамика развития лесозаготовительной отрасли в Республике Беларусь зависит от оснащенности ее новейшими машинами и механизмами, оборудованием для первичной и углубленной переработки сырья, внедрения новейших технологий, обеспечивающих качественно новый подход при использовании лесного сырья.

Решение вопросов механизации на трелевке связано с применением колесных и гусеничных тракторов. Преимущества колесных трелевочных тракторов по таким параметрам как скорость передвижения в грузовом и порожнем состоянии, улучшенные показатели по воздействию на почвогрунты доказывают их преобладающее и перспективное использование в лесной отрасли. Колесные тракторы как базовые шасси для навески различных типов технологического оборудования должны войти в перспективный типаж тракторов для лесной промышленности. Обоснование параметров колесных трелевочных тракторов, их навесного оборудования, всегда являлось актуальной задачей, решение которой зависит от правильности выбранных подходов, значимости данной проблемы в народнохозяйственном комплексе страны. По этой причине вопрос обоснования параметров базовой машины и технологического оборудования для различных вариантов применения агрегатной машины остается актуальным и должен решаться в комплексе с другими проблемами.

Теоретическими исследованиями установлена зависимость мощности колесных трелевочных тракторов от их эксплуатационной массы, получены значения коэффициентов пропорциональности для колесных машин с различным технологическим оборудованием, которые могут быть использованы при проектировании новых агрегатных машин, работающих в лесной отрасли.

Важной задачей при создании новой и усовершенствовании уже существующей техники является исследование динамической нагруженности основных узлов базовой машины и технологического оборудования. Аналитические исследования динамики машин и механизмов играют важную роль, поскольку при незначительных затратах средств позволяют получить важную информацию, необходимую для проектирования оптимальных устройств или определения оптимальных режимов их эксплуатации.

Наиболее нагруженным режимом с эксплуатационной точки зрения является трогание трактора с полупогруженной или полуподвешенной пачкой деревьев с места. С этой целью нами была разработана расчетная модель «колесный трактор – пачка деревьев», для которой были учтены особенности транспортирования груза и его взаимодействия с трактором через технологическое оборудование с учетом допущений статического характера.

Оценочным показателем динамического взаимодействия при трогании груженого трактора был выбран коэффициент динамичности, определяемый как отношение максимальной величины усилия, возникающего в технологическом оборудовании, при трогании к этой же величине при установившемся движении.

Установлено, что с увеличением темпа включения сцепления коэффициент динамичности возрастает. Максимальное значение $K_д$ при темпе включения сцепления 1,2 с. составляет 3,2 для трансмиссии трактора и 2,8 для технологического оборудования. Изменение длины подвеса пачки деревьев в сторону увеличения приводит к снижению коэффициента динамичности системы.

© БГТУ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НЕГОРЕЛЬСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА

***А. Ф. ПУЗОВИК*, Л. Н. РОЖКОВ**

Are established taxation and forestry-ecological parameters of plantings, the qualitative and quantitative estimation undegrows, a underbrush and live ground cover also is received. Influence of cabins of the main and intermediate using on a soil cover, specific structure and efficiency of plantings is revealed. Pilot research of ecological results of conducting a forestry is executed according to the sir – European criteria steady forest management

Ключевые слова: устойчивое лесное хозяйство, экологическая сертификация, критерии и индикаторы сертификации, рубки леса

Сертификация лесоуправления и лесопользования, для краткости называемая лесной сертификацией – это новый и быстро развивающийся процесс, который стремительно меняет привычный облик мировой торговли лесоматериалами. Если ранее при заключении контрактов на поставку лесопродукции во главу угла ставились качество, сроки поставки и цена, то теперь к ним прибавляется требование экологической сертификации [1].

Целью данного исследования являлась экологическая сертификация лесохозяйственных мероприятий Негорельского учебно-опытного лесхоза в соответствии с критериями устойчивого управления лесного хозяйства Республики Беларусь [2, 3]. Критерии – стратегические направления практической деятельности для осуществления принятых принципов. Каждый критерий может быть оценен по совокупности характеризующих его индикаторов (показателей). Индикаторы (показатели) – количественные и описательные характеристики критериев устойчивого управления лесами. Последовательное отслеживание индикаторов (показателей) с течением времени показывает тенденции в изменении управления лесами.

Негорельский учебно-опытный лесхоз является филиалом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет. Общая площадь лесхоза составляет 17071 га. Леса Негорельского учебно-опытного лесхоза согласно геоботаническому районированию Беларуси относятся к зоне хвойно-широколиственных лесов, к подзоне елово-грабовых дубрав Неманско-Предполесского лесорастительного района, Неманскому комплексу лесных массивов.

К лесохозяйственным мероприятиям, подвергшимся экологической сертификации, относятся рубки главного и промежуточного пользования: сплошная рубка, постепенная рубка, рубка ухода в молодняках, прореживание, выборочная санитарная рубка и рубка формирования. На пробных площадях произведен учет подроста, подлеска, живого напочвенного покрова, определены возраст, средний диаметр, средняя высота, сумма площадей сечения, полнота, класс бонитета, количество деревьев на 1 га, запас стволовой древесины на 1 га. Также рассчитаны статистические показатели распределения деревьев по диаметру [4].

В соответствии с методикой экологической оценки рубок леса [5] на пробных площадях исследовались следующие показатели: площадь технологических элементов (пасечные и магистральные волоки, погрузочные площадки); повреждаемость напочвенного покрова на пасеках и технологических элементах; повреждаемость оставляемых на доращивание деревьев после проведения рубки; повреждаемость подроста хозяйственно ценных пород после проведения рубки; повреждаемость подлеска и живого напочвенного покрова, изменение их видового состава.

Повреждения напочвенного покрова в зависимости от величины негативного последствия на лесорастительные условия подразделялись на три степени. Повреждения деревьев и подроста подразделялись на три степени.

В ходе исследований были получены следующие результаты (*таблица*).

Таблица

Наименование мероприятий	Наименование индикаторов	Комментарий	Балл	Оценка
Сплошнолесосечные рубки главного пользования	Удельный вес технологических элементов на рубках леса, %	Площадь под пасечными и магистральными волоками, погрузочными пунктами составляет от 10,5 до 14,3% от общей площади лесосеки	4	Индикатор принят без замечаний
	Повреждения почвенного покрова	Площадь повреждений 2 степени на пасеках составляют до 2%	1	Индикатор не принят
		Площадь повреждений на волоках 2 степени – до 25%	4	Индикатор принят без замечаний

Наименование мероприятий	Наименование индикаторов	Комментарий	Балл	Оценка
	Целесообразность выбора способа лесовосстановления	Искусственное лесовосстановление	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации.
Постепенные рубки главного пользования	Удельный вес технологических элементов на рубках леса, %	Площадь под пасечными и магистральными волоками, погрузочными площадками составляет от 8,5 до 10% от общей площади лесосеки	4	Индикатор принимается без замечаний
	Повреждения почвенного покрова	На пасеках повреждения 2 степени составляют 0,3% от общей площади лесосеки	2	Индикатор не принят
		На волоках повреждения 2 и 3 степени занимают от 22,5 до 25% от площади технологических элементов	2	Индикатор не принят, установлена дата повторного контроля
	Повреждаемость сохраненного подроста хозяйственно ценных пород	Повреждаемость подроста сосны обыкновенной составляет от 7,2 до 10,9% Повреждаемость подроста ели европейской составляет от 7,2 до 7,8%	4	Индикатор принимается без замечаний
	Повреждаемость деревьев, оставляемых на доращивание	Повреждаемость деревьев, оставляемых на доращивание, составляет от 2 до 3%	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации
	Доля участия хозяйственно ценных пород после рубки	Доля хозяйственно ценных пород составляет 10 единиц	4	Индикатор принят без замечаний
	Целесообразность выбора способа лесовосстановления	Естественное лесовозобновление	4	Индикатор принят без замечаний
	Целесообразность мер содействия лесовозобновлению	Воздействие на материнский древостой	2	Индикатор не принимается. Установлена дата повторного контроля.
	Соответствие условий местопроизрастания целевой породе	В условиях бора свежего в качестве целевой породы произрастает ель европейская	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации.
Рубки ухода	Удельный вес технологических элементов на рубках леса, %	Площадь под пасечными и магистральными волоками, погрузочными пунктами составляет от 5 до 15% от общей площади лесосеки	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации.
	Повреждения почвенного покрова	На пасеках повреждения 1 степени составляют 5,1% от общей площади лесосеки	2	Индикатор не принят. Уставлена дата повторного контроля
	Повреждаемость сохраненного подроста хозяйственно ценных пород	На волоках повреждения 2 степени занимают от 12 до 14% от площади технологических элементов	3	Индикатор не принят. Установлена дата повторного контроля
	Повреждаемость оставляемых на доращивание деревьев	Повреждаемость подроста сосны обыкновенной составляет 2,8% Повреждаемость подроста ели европейской составляет до 4,4%	4	Индикатор принимается без замечаний
Рубки ухода	Доля участия хозяйственно ценных пород после рубки	Повреждаемость деревьев, оставляемых на доращивание, составляет до 4,5%	2	Индикатор не принят. Установлена дата повторного контроля
	Целесообразность выбора способа лесовосстановления	Доля хозяйственно ценных пород составляет 10 единиц	4	Индикатор принят без замечаний
		Естественное лесовозобновление	4	Индикатор принят без замечаний
	Целесообразность мер содействия лесовозобновлению	Воздействие на материнский древостой	2	Индикатор не принят. Установлена дата повторного контроля

Наименование мероприятий	Наименование индикаторов	Комментарий	Балл	Оценка
	Соответствие условий местопроизрастания целевой породе	В условиях бора свежего и субори свежей в качестве целевой породы произрастают сосна обыкновенная и ель европейская	4	Индикатор принят без замечаний
Выборочные санитарные рубки	Удельный вес технологических элементов на рубках леса, %	Площадь под пасечными и магистральными волоками, погрузочными пунктами составляет от 5 до 15% от общей площади лесосеки	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации.
	Повреждения почвенного покрова	На пасеках повреждения 1 степени составляют 2,6% от общей площади лесосеки	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации
		Повреждаемость деревьев, оставляемых на доращивание, составляет до 3,8%	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации
	Повреждаемость сохраненного подроста хозяйственно ценных пород, %	На волоках повреждения 2 степени – до 15% от площади технологических элементов	2	Индикатор не принят. Установлена дата повторного контроля
	Повреждаемость оставляемых на доращивание деревьев, %	Повреждаемость деревьев, оставляемых на доращивание, составляет до 2,1%	3	Индикатор принят условно. Даны рекомендации
	Доля участия хозяйственно ценных пород после рубки	Доля участия хозяйственно ценных пород составляет 10 единиц	4	Индикатор принят без замечаний
	Целесообразность выбора способа лесовосстановления	Естественное лесовозобновление	4	Индикатор принят без замечаний
	Целесообразность мер содействия лесовозобновлению	Воздействие на материнский древостой	2	Индикатор не принят. Установлена дата повторного контроля.
	Соответствие условий местопроизрастания целевой породе	В условиях бора свежего и субори свежей в качестве целевой породы произрастает сосна обыкновенная и ель европейская	4	Индикатор принят без замечаний
	Доля участия хозяйственно ценных пород после рубки	Доля участия хозяйственно ценных пород составляет 9–10 единиц	4	Индикатор принят без замечаний
Рубки формирования	Целесообразность мер содействия лесовозобновлению	Воздействие на материнский древостой	2	Индикатор принят условно. Даны рекомендации.
	Соответствие условий местопроизрастания целевой породе	В условиях бора свежего в качестве целевой породы произрастают ель европейская	4	Индикатор принят без замечаний

Из приведенных в таблице данных следует:

- площадь технологических элементов выдерживается в пределах допустимых норм по всем исследованным мероприятиям;
- по рубкам главного пользования (сплошнолесосечные и постепенные рубки) встречается повреждаемость напочвенного покрова на пасеках 2 степени, что является недопустимым;
- по рубкам ухода повреждаемость напочвенного покрова на пасеках 1 степени превышает норматив;
- повреждаемость напочвенного покрова на волоках 2 и 3 степени по всем исследованным объектам достигает предельных значений, что сказалось на их общей балльной оценке;
- повреждаемость подроста хозяйственно ценных пород (сосна обыкновенная и ель европейская) является допустимым;
- повреждаемость оставляемых на доращивание деревьев находится в допустимых пределах, однако приближается к предельным значениям;
- повреждаемость подлеска и живого напочвенного покрова за небольшим исключением минимально;
- мерами содействия естественному возобновлению на исследованных объектах является лишь воздействие на материнский древостой;

Анализ проведенных исследований привел к следующим выводам:

- после сплошных рубок главного пользования с применением современной лесозаготовительной техники лесная экосистема восстанавливается лишь частично, во многом оставаясь обедненной и трансформированной. Поэтому приоритет необходимо отдавать постепенным, выборочным, узколесосечным с длительным периодом примыкания рубкам в сочетании с системой активных лесоводственных мер, надежно обеспечивающих успешный ход естественного возобновления с полным сохранением средообразующих и защитных функций леса, в котором ведутся рубки;
- условием успешности возобновления является наличие на вырубке обсеменителей в виде семенников и стен леса. Необходимо больше внимания уделять таким мероприятиям, как минерализация почвы в местах отсутствия подроста хозяйственно ценных, уходу за самосевом, предупреждениям от повреждения животными;
- необходима обязательная технологическая подготовка лесосеки (разбивка на пасеки и ленты) и чтобы трелевочные механизмы перемещались только по волокам;
- при искусственном возобновлении схему посадки и посадочный материал увязывать с почвенно-групповыми условиями участков;
- лесокультурный фонд за последние годы возрастает. Качество обработки почвы на отдельных участках низкое, кое-где обработка не производится. В отдельных случаях при выборе главной породы не учитываются почвенно-грунтовые условия. Соотношение между естественным и искусственным восстановлением леса составляет примерно ½. Это не лучшим образом сказывается на сохранении биоразнообразия.

Подводя итог, можно сказать, что лесохозяйственные мероприятия, проводимые в Негорельском учебно-опытном лесхозе, еще не полностью соответствуют критериям экологической сертификации.

Литература

1. *Птичников А. В.* Добровольная лесная сертификация. Что это такое? // Бюллетень центра экологической политики. №3 (7), 1998 г, с. 35–37;
2. Критерии и показатели устойчивого лесного хозяйства Республики Беларусь. Проект 2002 г.;
3. *Рожков Л. Н., Юшкевич Н. Т.* Устойчивое лесное хозяйство – леса будущего: Тр./Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск: БГТУ, 2000. – Вып. VIII: Сер. Лесное хозяйство. – С. 3–9.;
4. *Ражкоў Л. М.*. Лесазнаўства і лесаводства. Дыпломане праектаванне. – Мн.: БДТУ, 2005. – 138 с.
5. Проект СТБ. Государственный стандарт Республики Беларусь. Лесное хозяйство. Рубки главного пользования. Экологические требования к технологиям / Под общей редакцией А. С. Федоренчика. – Минск, Госстандарт, 2001.

©БГАТУ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

***А. Н. СМАЛЬ,* В. Г. АНДРУШ, Л. И. БУРГАНСКАЯ**

Power of mechanical losses has been selected as an informational parameter of run in process of internal combustion engine. Analitical form for power of engine mechanical losses as temperatura and time functions is obtained

Ключевые слова: двигатели, обкатка стендовая, приработка, износ, температура масла

Обкатка автотракторного двигателя – важнейшая операция приработки деталей. Цель обкатки не только в подготовке поверхностей трения к восприятию эксплуатационных нагрузок, но и в выявлении и устранении дефектов деталей, сборки и регулировки сопряжений.

Исследованиями Г. П. Шаронова, И. П. Погорелова, Л. М. Гаенко, Н. В. Храмцова и др. подтверждено, что за счет качественно проведенной обкатки на моторемонтном заводе межремонтный срок службы двигателя увеличивается на 20–30%. В то же время на проведение обкатки затрачиваются значительные количества топлива, масла, электроэнергии, трудозатрат, происходит загрязнение окружающей среды вокруг ремонтных предприятий. Поэтому становится очевидной задача сокращения времени обкатки двигателей без снижения качества трущихся поверхностей.

Время приработки двигателей даже одного типа не может быть одинаковым, так как механические свойства поверхностного слоя деталей, чистота поверхности, размеры, значения натягов и зазоров в узлах подвержены статистическим вариациям. Качество приработки определяется не столько временем стендовой обкатки, сколько значениями параметров двигателя. Таким образом, каждый конкретный двигатель будет иметь «свое» время приработки. И чем выше технологическая «культура», тем меньше будет эта длительность.

Показателем хода процесса приработки может служить мощность механических потерь (по моменту прокручивания), тем более, что ее определение на электротормозных стендах не представляет

затруднений. На каждом этапе приработки наблюдается снижение механических потерь и их стабилизация. Чем больше мощность механических потерь обкатываемого двигателя отличается от мощности механических потерь обкатанного, тем большая длительность обкатки требуется для данного двигателя и наоборот.

В качестве информационного параметра оперативного контроля процесса приработки, не требующего разборки двигателя, выбрана мощность механических потерь в контрольных точках. Но мощность механических потерь зависит не только от режимов и длительности обкатки, но и от температуры масла двигателя. Наша задача – получить аналитическое выражение для мощности механических потерь двигателя внутреннего сгорания как функции температуры и времени.

Нами предложено судить о ходе приработки по величине механических потерь, т.е. длительность приработки задавать в зависимости от момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала в контрольных точках. По разности между величиной мощности механических потерь обкатываемого двигателя при данной температуре и величиной мощности механических потерь обкатанного двигателя при той же температуре назначается длительность приработки до следующей контрольной точки или окончания приработки. Чем меньше эта разность, тем меньше время, необходимое для приработки обкатываемого двигателя. Разработана блок-схема обкаточно-испытательного стенда, реализация которой позволяет сократить длительность обкатки, экономить топливно-энергетические ресурсы, уменьшить загрязнение окружающей среды.

© ГГУ

РЕКРЕАЦИОННАЯ ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ И ЕЕ ИНДИКАЦИЯ

***А. С. СОКОЛОВ*, Т. В. СКАЧИНСКАЯ**

The results of studying of recreational transformation of pine forest geosystems in suburban zone of the city of Gomel are shown in the paper. It is settled that such components of geosystems as number and structure of regeneration, special and ecological structure of ground vegetation, correlation of life form in phitocoenose can used as indicators of recreational disturbances of forest geosystems

Ключевые слова: трансформация геоэкосистем, рекреация, экологическая структура, модификация, сосновые леса

1. Введение

Одной их актуальных проблем современности является все возрастающий антропогенный пресс на природные системы, под влиянием которого происходит их деградация и ухудшение состояния окружающей среды. Одним из видов такого пресса является рекреационное использование лесов, приводящее к снижению рекреационного потенциала лесов. Эта проблема является особенно актуальной в зеленых зонах крупных городов, где рекреационная нагрузка на геоэкосистемы многократно выше, чем на других территориях. Разработка эффективных методов индикации рекреационного воздействия на лесные геоэкосистемы позволяет быстро и надежно диагностировать состояние лесной геоэкосистемы и уровень нагрузки на нее.

2. Место и методы исследования

Объект исследований – фации сосняка мшистого на дерново-слабоподзолистых песчаных почвах, который является одним их наиболее распространенных в Гомельском Полесье и одним из наименее устойчивых к механической нагрузке типом леса [1]. Предметом исследования являлись изменения характеристик растительного компонента фаций (как наиболее физиономичного компонента ПТК) при их трансформации вследствие рекреационной нагрузки. Ботанические критерии состояния ПТК имеют наибольшее значение, так как они не только чувствительны к нарушениям, но и наилучшим образом прослеживают зоны геоэкологического состояния по размерам в пространстве и по стадиям нарушения во времени [2].

Работы проводились в восточной части Белорусского Полесья, в пригородной зоне города Гомеля, которая согласно рекреационному районированию Белоруссии относится к территориям с высокой плотностью рекреационных предприятий. В системе ландшафтного районирования данная территория относится к Днепровско-Сожскому ландшафтному району плосковолнистых аллювиальных террасированных и плоскогривистых пойменных ландшафтов с сосновыми, дубовыми, коренными мелколиственными лесами на болотах, лугами. Полевые работы проводились методом ключевых участков, напочвенный покров изучался на площадках Раункиера площадью 0,25 м^2, его проективное покрытие определялось точечным методом [3].

Для камеральной обработки материала использовались один из методов изучения растительного континуума – метод блок-диаграмм И. Чекановского [3], позволяющий выделить сходные по видовому составу блоки описаний.

3. Результаты и их обсуждение

Результатом расчета коэффициентов сходства между видовым составом растительности всех ключевых участков стало выделение 4 блоков описаний, сходство между которыми было более 50%. Эти блоки можно рассматривать как серию геоэкосистем – рекреационных модификаций, – последовательно образующихся при усилении рекреационной нагрузки на коренную геоэкосистему. Каждая модификация соответствует определенному уровню нагрузки.

Практически полному ее отсутствию соответствует сообщество РМ (рекреационная модификация)-1, которое можно принять за фоновую геоэкосистему. Оно характеризуется развитым древесным ярусом. Состав 1-го подъяруса 10С, иногда 8–9С, до 2Б(б). Во втором подъярусе преобладает Quercus robur L. с примесью Pinus silvestris L.. Естественное возобновление представлено практически только Quercus robur L. (3000 экз./га), в подлеске преобладают Frangula alnus Mill. и Sorbus aucuparia L.. Высота яруса 6–7 метров. В напочвенном покрове преобладают мхи: Pleurosium schreberi (Willd.) Mitt. (проективное покрытие 70%) и Dicranum L. (9%). Значительную долю в покрытии составляют Vaccinium myrtillis L. (19%), Vaccinium vitis-idaea L. (7%), Melampyrum silvaticum L. (4%). Также присутствуют в небольших количествах Festuca ovina L., Cytisus ruthenicus Fisch., Pteridium aquilinum (L.) Kuhn., Convallaria majalis L., Chimaphila umbellata (L.) Nutt., Calluna vulgaris (L.) Hill.

Рекреационное воздействие приводит к появлению на месте фоновой геоэкосистемы рекреационной модификации РМ-3. Этот процесс сопровождается изменением характеристик различных компонентов (*табл. 1*).

К основным ее особенностям следует отнести снижение проективного покрытия мхов – Pleurosium schreberi (Willd.) Mitt. до 51%, Dicranum L. до 1%. Увеличивают значение проективного покрытия злаки. Покрытие Festuca ovina L. составляет 30%, Calamagrostis epigeios (L.) Roth 7%. Данное сообщество можно определить как сосняк овсяницево-мшистый. Поскольку в напочвенном покрове два содоминанта, его разнообразие повышается. Из других видов напочвенного покрова необходимо отметить Melampyrum silvaticum L., Hupericum perforatum L., Daucus carota L., Viola canina L., Solidago virga-aurea L. и др. Из состава древесного яруса выпадает второй подъярус. Плотность подроста Quercus robur L. сократилась на данной стадии дигрессии в 2,7 раза, но он продолжает доминировать в составе естественного возобновления (*табл. 2*).

Таблица 1. **Общая характеристика рекреационных модификаций**

Показатель	РМ-4	РМ-3	РМ-2	РМ-1
Плотность подроста, шт./га	3245	1260	475	0
Плотность подлеска, шт./га	3335	3460	600	2560
Число древесных и кустарниковых видов	11	8	8	5
Проективное покрытие напочвенного покрова, %	98	74	46	42
Доля мхов в покрытии, %	76	69	17	22
Доля злаков в покрытии, %	3	45	67	7
Разнообразие напочвенного покрова (индекс Шеннона)	1,134	1,406	1,086	1,558
Экологический спектр жизненных форм (по Раункиеру), в % от числа видов в фитоценозе				
Гемикриптофиты	40	53	49	23
Геофиты	2	2	11	3
Фанерофиты	58	36	32	25
Терофиты и гемитерофиты	0	8	5	49

Таблица 2. **Динамика плотности пород естественного возобновления и подлеска**

Показатель	РМ-4	РМ-3	РМ-2	РМ-1
Естественное возобновление (в % от общей плотности)				
Сосна	4,0	0	5,3	0
Береза	2,0	1,6	44,2	0
Осина	1,2	9,5	29,5	0
Дуб	91,3	87,3	21,1	0
Подлесок (в % от общей плотности)				
Лещина обыкновенная	1,0	0	0	0
Крушина ломкая	32,8	23,4	41,7	1,6
Рябина	55,6	40,5	20,1	59,4
Малина	11,6	35,3	25,0	35,2
Ивы	0,2	0	12,5	0
Бузина	0	0	0	2,3

В напочвенном покрове РМ-2 (сосняка овсяницевый) доминирует овсяница овечья – 31%. Проективное покрытие Pleurosium schreberi (Willd.) Mitt. – 8%, золотарника обыкновенного – 4%. Лесные виды практически исчезли. Характерными видами для данной стадии являются Solidago virga-aurea L., Chamaenerion angustifolium (L.) Scop, Galium mollugo L., Hieracium pilosella L., Erophila verna (L.) Bess., Veronica officinalis L. и др. В подросте доминируют виды, обладающие высокой способностью к вегетативному размножению – Betula pendula Roth. и Populus tremula L. Высота подлеска снизилась до 1–2 м.

РМ-1 – наиболее нарушенная модификация – характеризуется глубоким преобразованием всех компонентов фитоценоза. В напочвенном покрове преобладают сорные однолетники: Polygonum convolvulus L. (проективное покрытие 17%), P. aviculare L. (1%), Chenopodium album L. (5%), Lamium purpureum L. (3%), Galinsoga parviflora Cav. (3%), а также Setaria glauca (L.) P. B., Rumex acetosella L., Spergula sativa Boenn. и др. Проективное покрытие Pleurozium schreberi (Willd.) Mitt. составляет 9%, Festuca ovina L. – 3%. Подрост полностью исчез, в подлеске появляется Sambucus racemosa L.

Характеристики компонентов фитоценоза могут использоваться в качестве индикаторов рекреационной нагрузки на геоэкосистемы. Различные компоненты имеют разное индикационное значение, поэтому необходимо определить компоненты, наиболее сильно зависящие от уровня воздействия.

В ярусе естественного возобновления и подлеска наиболее яркую зависимость от уровня нагрузки проявляют плотность и видовой состав подроста. Уже в условиях РМ-3 плотность подроста снижается в несколько раз и продолжает снижаться вплоть до полного уничтожения подроста в наиболее нарушенной модификации. Основными тенденциями изменения видового состава являются быстрое выпадение из подроста Tilia cordata Mill, Carpinus betulus L., Acer platanoides L. и увеличение доли нехарактерных для коренной фации видов – Betula pendula Roth., Populus tremula L., Acer negundo L., которые составляют значительную часть подлеска нарушенных территорий. Снижается также высота и возраст естественного возобновления, и на крайних стадиях дигрессии большинство его представлено ювенильными особями.

Подлесок более устойчив к рекреационной нагрузке, чем подрост, поэтому его плотность может как увеличиваться, так и уменьшаться. Нарушенные сообщества характеризуются более высокой плотностью Rubus idaeus L. по сравнению с коренными геоэкосистемами. Увеличение доли Rubus idaeus L., Sambucus racemosa L., Populus tremula L. и Betula pendula Roth. связывают с высокой способностью данных видов к вегетативному размножению и способностью давать многочисленную поросль, что ставит их в преимущественное положение по сравнению с другими видами [4; 5].

Из показателей напочвенного покрова для целей индикации можно применять общее проективное покрытие, видовое богатство, долю мхов и злаков. В целом проективное покрытие имеет тенденцию к снижению, однако, на средних стадиях дигрессии может увеличиваться покрытие травами (в особенности злаками), что является одним из свидетельств олуговения сообществ на этих стадиях. Покрытие же мхов снижается непрерывно, соотношение в покрытии мхов и злаков является одним из наиболее достоверных индикаторов в сосняках мшистых.

Хорошим индикатором рекреационной нагрузки является экологическая структура напочвенного покрова [6; 7] (*табл. 3*). Разрежение древостоя, снижение сомкнутости крон, плотности подлесочного яруса приводит к увеличению доли светолюбивых видов, которые начинают преобладать, тенелюбивые виды на крайних стадиях почти исчезают. Анализ соотношения экологических групп по отношению к трофности показал, что на средних стадиях могут преобладать виды-мезотрофы, а на крайних – мегатрофы. Это объясняется привносом органических отходов и, по мнению некоторых авторов, переходу части питательных веществ в верхние горизонты почвы из подстилки при ее разрушении. Зависимость между соотношением экологических групп по отношению к влажности и уровнем рекреационной дигрессии проявляется в усилении доли мезофитов.

Биологический спектр жизненных форм (по Раункиеру) также может с успехом применяться для индикации рекреационной трансформации ПТК [6]. Спектр сообществ РМ-4, т.е. ненарушенных и слабонарушенных, характеризуется преобладанием фанерофитов; с усилением нагрузки их доля постоянно снижается, и в модификациях РМ-3 и РМ-2 преобладают гемикриптофиты, что характерно для луговых сообществ. РМ-1 характеризуется преобладанием терофитов и гемитерофитов, т.е. малолетников, которые могут переносить повышенное уплотнение почвы,

Таблица 3. **Изменение экологической структуры напочвенного покрова (в % от числа видов)**

Экологические группы	РМ-4	РМ-3	РМ-2	РМ-1
Светолюбивые	21,7	45,8	54,9	80,7
Теневыносливые	4,9	34,7	35,7	10,4
Тенелюбивые	43,4	37,2	13,7	8,9
Мегатрофы	0	3,5	15,4	38,6
Мезотрофы	29,5	52,1	28,2	32,1
Олиготрофы	70,5	46,3	70,7	29,4
Ксерофиты	12,6	8,8	10,8	10,4
Мезоксерофиты и ксеромезофиты	34,1	30,0	30,8	17,4
Мезофиты	53,3	61,2	57,5	72,2

инсоляцию, механические повреждения, обладают высокой семенной продуктивностью, поэтому наиболее приспособлены к существованию в условиях сильного антропогенного воздействия. Такой спектр жизненных форм характерен для рудеральных сообществ, формирующихся под воздействием постоянных нарушений.

4. Заключение

Таким образом, результатом рекреационной нагрузки на сосняки мшистые Белорусского Полесья является формирование производных модификаций, сменяющих друг друга с усилением нагрузки: сосняк мшистый → сосняк овсяницево-мшистый → сосняк овсяницевый → сосняк сорно-разнотравный. В зависимости от уровня рекреационного воздействия меняются все показатели геоэкосистемы: видовой состав, плотность естественного возобновления, разнообразие, спектр жизненных форм, экологическая структура и т.д., упрощается вертикальная структура. Эти показатели могут использоваться в качестве индикаторов рекреационной нагрузки на лесные геоэкосистемы. Путем сравнения характеристик геоэкосистемы с соответствующими характеристиками модификаций, рассмотренных в работе, можно определить ее положение в дигрессионном ряду и спрогнозировать направление дальнейшей трансформации.

Литература

1. *Гусев А. П.* Ландшафтно-экологическая индикация техногенных нарушений лесных геосистем. – Гомель: ГГУ, 2000. – 55 с.
2. *Витченко А. Н.* Геоэкология. – Мн.: БГУ, 2002. – 101 с.
3. *Василевич В. И.* Статистические методы в геоботанике. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
4. *Казанская Н. С., Ланина В. В., Марфенин Н. Н.* Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования). – М.: Лесная промышленность, 1977. – 96 с.
5. *Таран И. В., Спиридонов В. Н.* Устойчивость рекреационных лесов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 179 с.
6. *Гусев А. П.* Оценка трансформации ландшафтов на основе экологической индикации (методические аспекты) // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Гомель, октябрь 2002 года. – Гомель: ГГУ, 2002. – С. 82–85.
7. *Соколов А. С., Гусев А. П.* Рекреационная трансформация лесных экосистем и её изучение методом эколого-генетических рядов //Веснік Гродзенскага дзярж. ун-та імя Я. Купалы. Серыя 2. – №1. – 2004. – С. 122–127.

© ГГУ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАРУШЕНИЙ В ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

***А. С. СОКОЛОВ*, А. П. ГУСЕВ**

In the paper the indicators of recreational disturbances of pine forest landscapes is shown. It was described two landscape-genetic series, which consist of three plant communities, which are different with the level of anthropogenic stress (recreational activity) to them. The different changes of characteristics of ecosystems (specific and ecological structure, the diversity etc.) because of intensification of stress are shown

Ключевые слова: индикация, трансформация, рекреационная нагрузка

Антропогенное воздействие на природно-территориальные комплексы (геосистемы) приводит к смене коренной геосистемы серией производных модификаций, каждая из которых соответствует определенному уровню нагрузки. При этом изменения захватывают все компоненты геосистем, связанные друг с другом процессами энергомассопереноса. Поэтому на основе физиономических (легко доступных для наблюдения) компонентов можно судить о состоянии всего ландшафта и уровню его трансформированности.

В качестве индикаторов широко используются растительные сообщества. Пространственные ряды этих сообществ (эколого-генетические ряды) могут в значительном числе случаев соответствовать сменам растительного покрова во времени, поэтому правильная интерпретация этих рядов позволяет перейти от смен в пространстве к сменам во времени [1]. Таким образом, каждое сообщество-член эколого-генетического ряда представляет собой определенную стадию изучаемого процесса.

Целью исследований было изучить влияние рекреационного воздействия на изменение состава и структуры фитоценозов и выявить компоненты, способные выступать в качестве индикаторов этого воздействия. Был построен эколого-генетический ряд, состоящий из трех сообществ: РМ (рекреационная модификация)-! (наиболее измененный), РМ-2 (средней степени трансформированности) и РМ-3 (фоновый сосняк мшистый). Полевые работы проводились стандартными геоботаническими методами [3].

Установлено, что наиболее чутким компонентом фитоценоза является его напочвенный покров. Лесные виды, доминировавшие в РМ-3 (мох Шребера, дикранум, черника, брусника, вереск и т.д.), постепенно исчезали, и их доля снизилась до 14% всех видов в РМ-1. На стадии РМ-2 значительно

возросла доля луговых видов (овсяница овечья, вейник наземный) до 28%, которые затем не смогли выдержать усиливающуюся рекреационную нагрузку и уступили место сорным, которые стали преобладать в наиболее нарушенном сообществе (72% всех видов). Одним из наиболее достоверных индикаторов антропогенной нагрузки является экологическая структура напочвенного покрова [2]. При рекреационной нагрузке на сосняк мшистый отмечены следующие тенденции его изменения. Светолюбивые виды, составлявшие в РМ-3 7% проективного покрытия, в РМ-3 составляют уже 71%. Соответственно снижается доля теневыносливых и тенелюбивых. Увеличивается доля мегатрофов (в РМ-1–в 43,3 раза по сравнению с РМ-3), что связано с привнесение морганических загрязнителей рекреантами, а также воздействием вытаптывания на подстилку, приводящую к её разрушению и переходу части питательных веществ из неё в верхние горизонты почвы. Биологический спектр жизненных форм (по Раункиеру) характеризуется практически полным выпадением нанофанерофитов уже при умеренной нагрузке и доминированием терофитов в напочвенном покрове РМ-1 (горец вьюнковый, горец птичий, галинзога мелкоцветковая, марь белая, щетинник сизый, торица посевная и т.д.). Доля адвентивных видов в РМ-1–10,7%.

Рекреационная нагрузка вызывает изменение разнообразия: так, индекс Шеннона в фоновом сообществе был равен 1,558, а в РМ-1 – 1,729. Основная тенденция изменения яруса подлеска – увеличение доли малины, отсутствовавшей в РМ-3 (в РМ-1 – 59,4% всего подлеска).

Литература

1. *Воронов А. Г.* Современные проблемы ландшафтной индикации // Ландшафтная индикация природных процессов. Тр. МОИП, отд. геол.- геогр., т. LV. -М.: Наука, 1976. С. 10–15.
2. *Гусев А. П., Соколов А. С.* Индикация рекреационных нарушений лесных ландшафтов в Белорусском Полесье // Природные ресурсы. 2002. №2. С. 69–74.
3. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 403 с.

© БГТУ

РОЛЬ КСИЛОФАГОВ В УСЫХАНИИ ЕЛЬНИКОВ ГЛХУ «ВИЛЕЙСКИЙ ЛЕСХОЗ» И МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С НИМИ

***Т. В. ШАУРО,* А. И. БЛИНЦОВ, В. Н. КУХТА**

In this article the role of bark beetles in destruction of spruce forests is shown

Ключевые слова: еловые насаждения, короед-типограф

Во второй половине 1997 года произошло снижение темпов усыхания еловых древостоев по сравнению с предыдущими годами. Выпадение большого количества осадков в течение вегетационного периода 1998 года способствовало дальнейшему сокращению гибели, и аномальное усыхание еловых лесов в республике отмечено в единичных случаях.

Очередная засуха 1999 года реанимировала процесс гибели ельников и ознаменовала начало второй «волны усыхания», продолжающейся до настоящего времени. Еще одна засуха в 2002 году содействовала увеличению масштабов гибели еловых лесов. В результате на протяжении последних пяти лет, с 1999 года в Беларуси происходит постоянный рост объемов сплошных санитарных рубок в ельниках. Уже сейчас очевидно, что вторая «волна усыхания» оказалась более масштабной по своим последствиям для еловых лесов Беларуси. За период 1999–2003 годов было вырублено сплошными санитарными рубками 42 627 га насаждений с объемом заготовленной древесины 10 785 тыс. м^3.

Нами в ходе проведения рекогносцировочного обследования ельников Костеневичского лесничества Вилейского лесхоза дана оценка их состояния по классам биологической устойчивости. Данные насаждения по лесорастительному районированию Республики Беларусь [1] относятся к Ошмяно-Минскому лесорастительному району подзоны дубово-темнохвойных лесов.

Из всех обследованных ельников лесничества основную часть занимают насаждения первого класса биологической устойчивости (52,7 %). Ельники с нарушенной биологической устойчивостью составляют 44 % от всей площади обследованных насаждений. Здесь необходимо проведение выборочной санитарной рубки. Ельники третьего класса, утратившие жизнеспособность, занимают 3,3 % от площади ельников лесничества. Здесь следует провести сплошную санитарную рубку.

Для определения видового состава и роли стволовых вредителей в усыхании еловых насаждений, в поврежденных ксилофагами ельниках нами было заложено 8 пробных площадей, где проводились сплошной перечет деревьев по ступеням толщины и категориям состояния и энтомологический анализ модельных деревьев в соответствии с общепринятой методикой [2].

Энтомологический анализ модельных деревьев показал, что основная роль в ухудшении состояния ельников принадлежит короеду-типографу, встречаемость которого на модельных деревьях со-

ставляет 100 %. Полученные данные по развитию популяции типографа также указывают на продолжение освоения этим вредителем кормовой базы в ослабленных еловых древостоях.

Анализируя полученные результаты можно сказать, что текущий отпад (деревья IV и V категорий состояния) значительно превышает естественный для данных насаждений, составляя на пробных площадях 23–30 %. Следует также отметить, что деревья этих категорий заселены ксилофагами не полностью. Текущий отпад заселен на 70 %. Полученные результаты свидетельствуют о наличии значительной кормовой базы для короеда-типографа и сформировавшихся очагов массового размножения, численность короеда в которых будет расти. В этих насаждениях необходимо организовать лесопатологический мониторинг и лесозащитные мероприятия.

Литература

1. *Юркевич Н. Д., Гельтман В. С.* География, типология и районирование лесной растительности.– Минск: Лесная промышленность, 1965.–119 с.
2. *Мозолевская Е. Г., Катаев О. А., Соколова Э. С.* Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса.– М.: Лесная промышленность, 1984.–152 с.

© ГГАУ

СИСТЕМА РЕГУЛЯЦИИ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У КОРОВ ПРИ ГИПОФУНКЦИИ ЯИЧНИКОВ

***А. А. ГЛАЗ*, В. В. МАЛАШКО**

The existing hormonal system of regulation of function of ovaries at cows does not give high effect at her use. Use of prolonged forms of preparations in the greater measure promotes the decision of a problem

Ключевые слова: коровы, гипофункция, яичники, гормоны

Воспроизводство сельскохозяйственных животных – одна из проблем, которая по мере специализации животноводства становится все более актуальной. При этом решающее значение в дальнейшей интенсификации отрасли отводится повышению воспроизводительной функции животных до уровня, определенного их генетическим потенциалом. Работы многих исследователей убедительно показывают необходимость использования биологически активных соединений для эндокринной регуляции циклов воспроизводства, однако в производственных опытах использование данных препаратов не всегда эффективно, что требует более глубоких исследований и механизма их действия, и ответной реакции организма животных.

Репродуктивная функция коров тесно связана с состоянием эндокринных механизмов регуляции на всех этапах цикла воспроизводства. Степень активности желез внутренней секреции животного организма в условиях покоя соответствует поддержке стабильности его внутренней среды – гомеостаза (В. Шрейбер, 1987). Однако в практике часто приходится встречаться с различными эндокринопатиями, возникающими вследствие гипо- или гиперфункции эндокринных желез, или же нарушений тканевой утилизации или трансформации гормона при отсутствии соответствующих рецепторов. При этом вторично, под воздействием системы обратной связи, может также наступить нарушение деятельности эндокринной железы.

Для восстановления гормонального статуса организма при целом ряде эндокринопатий используются различные гормональные препараты. Однако их применение не во всех случаях дает положительный результат, а иногда сопровождается тяжелыми осложнениями в виде гиперплазии, кистозного перерождения и даже атрофии секреторных клеток гонад, гипофиза. Это является следствием завышенных доз вводимых гормональных средств и кратковременности их действия. Малые же дозы не оказывают профилактического и лечебного эффекта, так как в организме не создаются необходимые стартовые концентрации гормонов, включающих механизм обратной связи эндокринных желез, автоматически регулирующих их нормальную секреторную деятельность. Возникает необходимость изучения возможности использования гормональных препаратов пролонгированного действия при решении вопросов повторности в искусственном осеменении крупного рогатого скота.

Производственные испытания разработанных пролонгированных гормональных препаратов показали, что 61,3–72,4 % обработанных животных пришли в охоту и оплодотворились после первого осеменения. Оказались стельными по результатам двух осеменений 94,4 % коров и только 5,5 % или 1 корова осталась бесплодной. В контрольной группе, где лечебная помощь оказывалась существующими гормональными средствами, по результатам двух осеменений оплодотворилось 58,3 % коров, а 41,6 % остались бесплодными.

Проведенные исследования убедительно доказывают тот факт, что пролонгация действия гормональных препаратов, используемых при восстановлении функции яичников, позволяет улуч-

шить селективность данных препаратов, а продолжительное и щадящее действие способствует активизации эндокринной системы животного.

© ГГАУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБАМИД-АММИАЧНОЙ СМЕСИ НА ПОСЕВАХ РАПСА ЯРОВОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

***А. М. КОЛТОВИЧ*, С. И. ЮРГЕЛЬ**

Fractional entering КАС (120 kg/h of nitrogen) provides formation of productivity of seeds summer rapa within the limits of 30 c/h, and also increases biological action of a preparation karate zeon at their joint entering

Ключевые слова: яровой рапс, КАС, каратэ зеон, эффективность, урожайность, качество семян

Сегодня главной задачей в области использования удобрений в хозяйствах Беларуси является повышение их эффективности. Это достижимо только при использовании ресурсосберегающей системы применения удобрений.

КАС – перспективная форма азотного удобрения, поэтому существует необходимость проведения исследований с целью разработки новых рецептур и технологий применения данного вида удобрения под различные сельскохозяйственные культуры и в том числе под рапс в условиях Беларуси.

В работе представлены результаты полевых и лабораторных исследований, проводимых в условиях учебно-опытного хозяйства ГГАУ «Принеманский». На основании полученных данных установлена энергетически обоснованная доза, а также способ внесения КАС на яровом рапсе. Изучено влияние азотного удобрения КАС на качество семян рапса ярового. Получены данные по увеличению биологической эффективности инсектицида каратэ зеон при совместном его внесении с КАС.

После проведения статистического анализа результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение урожайности семян рапса ярового при внесении КАС в три приема – до посева, в фазу 4–5 листьев и в фазу бутонизации обусловлено формированием большего количества стручков на одном растении, а также семян и их массой в одном стручке. Максимальное их количество отмечено в варианте дробного трехкратного внесения азота КАС в дозе 180 кг/га.
2. Дробное внесение КАС (до посева, в фазу 4–5 листьев и в фазу бутонизации) является более эффективным в сравнении с одно- и двухразовым применением тука, позволяющим получать 30 ц/га с дозой азота 120 кг/га. Максимальная окупаемость единицы азота продукции получена при внесении его в дозе 120 кг/га.
3. Возрастающие дозы азота КАС, а также дробное ее внесение снижали в семенах рапса ярового содержание сырого жира на 2,3 – 5,7% и увеличивали содержание сырого протеина на 0,4 – 2,7%.
4. Содержание глюкозинолатов от возрастающих доз КАС увеличивается на 2,8 – 3,8 ммоль/г и уменьшается от дробного его внесения на 0,2 – 1,4 ммоль/г. Применение 180 кг/га азота приводит к превышению допустимого содержания глюкозинолатов (25 ммоль/г) в семенах рапса ярового.
5. Совместное применение КАС с каратэ зеон против рапсового цветоеда увеличивает биологическую эффективность препарата на 12,1% по сравнению с использованием одного инсектицида.
6. Дробное трехразовое внесение КАС в дозе азота 120 кг/га является наиболее энергетически эффективным, биоэнергетический коэффициент в этом случае составил 1,5 против 1,21 – 1,39 на других вариантах.

Таким образом, полученные результаты позволяют использовать в практике сельскохозяйственного производства наиболее эффективный способ применения КАС (120 кг/га д.в. в три срока – до посева, в фазу 4–5 листьев и в фазу бутонизации), обеспечивающий формирование урожайности семян ярового рапса в пределах 30 ц/га, а также увеличить инсектицидное действие препарата каратэ зеон против рапсового цветоеда при совместном внесении с КАС.

© ВГАВМ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА ИЗ ПЧЕЛИНОЙ ПЕРГИ «АПИСТИМУЛИН-А» ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ ИММУНИТЕТА И ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

***П. П. КРАСОЧКО*, А. А. ГЛАСКОВИЧ**

Введение

Птицеводство играет важную роль в экономическом развитии и продовольственной безопасности Республики Беларусь. Однако многие хозяйства на современном этапе находятся в тяжелом экономическом состоянии, что обуславливает сложное положение дел в данной отрасли. Дефицит медикаментов и биологических препаратов ухудшает ветеринарное благополучие животноводства. Кроме того, сложная экологическая обстановка, нарушение технологии содержания и кормления птицы, постоянные стрессы приводят к снижению ее продуктивности и повышению гибели.

Известно, что вспышкам инфекционных заболеваний в условиях современной промышленной технологии способствуют снижение иммунологической реактивности организма, пищевых токсикозов, некачественного кормления, а также «технологических стрессов» – изменения микроклимата, формирования больших групп птицы, малый фронт кормления, интенсивная эксплуатация. Угнетенная иммунная система под воздействием вышеуказанных факторов не в состоянии противостоять вирусам и бактериям даже с невысокой патогенностью.

В последние годы перспективным направлением в разработке методов иммуностимулирующей терапии и профилактики заболеваний птицы является использование производных продуктов пчеловодства – перги, прополиса, маточного молочка (Д. И. Лазарева, Е. К. Алехин, 1985; Э. А. Лудянский, 1994).

Установлено, что при использовании человеком и животными пыльцы, перги, прополиса стимулируется Т-система лимфоцитов, особенно субпопуляция Т-хелперов, фагоцитарная активность нейтрофилов, увеличивается активность гуморальных факторов иммунной защиты (Н.М.Еремия, 1992; В.П.Кивалкина с соавт., 1988 и др.).

В этой связи представляет интерес использование производных продуктов пчеловодства для активизации Т- и В-лимфоцитов, фагоцитоза, и других факторов иммунитета, угнетение которых отмечается при выращивании цыплят-бройлеров.

Цель работы – проведение оценки состояния иммунитета и обменных процессов цыплят-бройлеров при традиционной технологии выращивания и разработка новых подходов к нормализации обмена веществ и иммунитета с помощью иммуностимулирующего препарата из пчелиной перги «Апистимулина-А». При этом на разрешение были поставлены следующие задачи:

1. Изучить состояние иммунитета и обменных процессов организма цыплят бройлеров при традиционной технологии их выращивания в условиях СП «Витконпродукт» Шумилинского района Витебской области.
2. Отработать оптимальную дозу иммуностимулирующего препарата из пчелиной перги «Апистимулина-А» для цыплят-бройлеров.
3. Изучить влияние иммуностимулирующего препарата из пчелиной перги «Апистимулина-А» на гематологические, биохимические и иммунологические показатели организма цыплят-бройлеров.
4. Провести изучение влияния иммуностимулирующего препарата из пчелиной перги «Апистимулина-А» на продуктивность и сохранность цыплят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнялась в период с ноября 2001 г. по апрель 2003 г. в условиях бройлерной птицефабрики СП «Витконпродукт» Шумилинского района на цыплятах-бройлерах породы «Хибра Г» в течение всего периода их выращивания, Витебской районной ветеринарной лаборатории и на кафедрах микробиологии и вирусологии, болезней мелких животных и птиц учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины».

«Апистимулин-А» представляет собой препарат, изготовленный из пчелиной перги и содержит в своем составе комплекс биологически активных веществ, входящих в пергу, и обладает иммуностимулирующими свойствами, оказывает общестимулирующее действие на организм животных. Активизирует Т-систему лимфоцитов, фагоцитарную активность нейтрофилов и моноцитов периферической крови, стимулирует неспецифический гуморальный иммунитет. Способствует восстановлению угнетенных звеньев клеточного, гуморального иммунитета и обмена веществ у больных животных до уровня здоровых. Обладает адаптогенными свойствами при технологических стрессах.

Исследования проведены в 2 этапа. На первом этапе проведена отработка оптимальной дозы и кратности введения препарата, изучено влияние препарата на основные гематологические, биохимические и иммунологические показатели крови, влияние препарата на качество мяса. При этом для исследования было взято 160 цыплят-бройлеров 7-дневого возраста, которых разделили на 4 группы. Цыплятам 1-й группы выпаивали «Апистимулин-А» в дозе 0,5 мг/кг живой массы, цыплятам второй группы – 1,0 мг/кг живой массы, третьей группы – по 2,0 мг/кг, цыплята четвертой группы – контроль. Препарат выпаивался с 5-го дня жизни 1 раз в день в течение 20-ти дней. На втором этапе – проведено изучение влияние препарата «Апистимулин-А» на продуктивность и сохранность цыплят за весь технологический цикл выращивания.

Биохимические, иммунологические и гематологические исследования проведены в Центральной научно-исследовательской лаборатории (диагностическом центре) ВГАВМ с использованием автоматических гематологических биохимических анализаторов. Кровь получали от опытных и контрольных цыплят 7-, 12-, 19-, 28-, 36- и 46-дневного возраста. В каждый из возрастных периодов исследовали по 10 проб крови от цыплят опытных и контрольной групп. Предварительно исследовали кровь от 5-дневных цыплят, к которым «Апистимулин-А» не применяли. С целью изучения влияния препарата на доброкачественность мяса был проведен комплекс исследований 10 тушек (5 опытных и 5

контрольных) цыплят-бройлеров, убитых в возрасте 46 дней, которые получали препарат в вышеуказанных дозах. Органолептические, бактериологические и физико-химические исследования мяса проводили согласно ГОСТу 7702.0-74 «Мясо птицы. Методы исследований». Биологическую ценность и безвредность мяса определяли с использованием тест-объекта – реснитчатых инфузорий Тетрахимена пириформис согласно «Методическим указаниям по токсико-биологической оценке мяса, мясных продуктов и молока с использованием инфузорий Тетрахимена пириформис», 1997.

Все результаты исследований приведены к Международной системе единиц СИ, цифровой материал экспериментальных исследований подвергнут математической и статистической обработке на ПЭВМ методами вариационной статистики, исходя из уровня значимости 0,05.

Результаты исследований

При изучении влияния различных доз препарата «Апистимулин-А» на гематологические показатели организма цыплят-бройлеров было установлено, что препараты, полученные из продуктов пчеловодства, оказывают положительное влияние на гематологические показатели. На протяжение технологического цикла выращивания основные гематологические показатели – гемоглобин, эритроциты и лейкоциты начали снижаться после 5-го дня жизни до 19 дня, что свидетельствует о том, что к этому периоду у них еще полностью не начал функционировать гемопоэз. К 28 дню отмечается увеличение количества гемопоэтических клеток – эритроцтиов и лейкоцитов. Но обработка цыплят иммуностимулирующим препаратом Апистимулин-А позволяет в некоторой степени активизировать гемопоэз. При этом при выпаивании цыплятам 0,5 мг/кг препарата существенных различий между опытной и контрольной группами не отмечалось. Но увеличение дозы в 2–4 раза на 5–10 % повышает уровень гемоглобина, количества эритроцитов и лейкоцитов. Это заметно уже с 19-дня жизни. Лейкоцитарная формула – также один из показателей, показывающий перестройку системы крови у животных и птиц. В первые дни жизни у цыплят наиболее выражена нейтрофилия. Эта группа лейкоцитов, в основном, отвечает за фагоцитарную активность, т.е. неспецифический клеточный иммунитет. Использование Апистимулина-А способствует активизации нейтрофилов крови, тем самым создавая активный фагоцитоз. Но противоположная картина отмечена в отношении лимфоцитов. Так, начиная с 5-го дня жизни, происходит увеличение количества лимфоцитов – начиная с 34,3 и к 46 дню достигает 54 %. Обработка цыплят иммуностимулирующим препаратом способствует увеличению количества лимфоцитов на 7–10 %.

Результаты, показывающие снижение количества нейтрофилов у цыплят с возрастом, свидетельствуют о фагоцитарной активности нейтрофилов у цыплят. Так, нами проведены исследования направленные на изучение фагоцитарной активности полиморфноядерных клеток. Фагоцитарная активность нейтрофилов у цыплят постепенно увеличивается с возрастом. Хотя количество нейтрофилов и снизилось, но за счет повышения их функциональной активности происходит поддержание резистентности организма цыплят на достаточно высоком уровне. Обработка цыплят Апистимулином-А существенно активизирует фагоцитарную активность нейтрофилов, особенно при использовании его в дозе 2,0 мг/кг живой массы. Так, фагоцитарное число у цыплят, получавших препарат было на 15–20 % выше, чем у контрольных. Но меньшие дозы препарата в некоторой степени угнетали фагоцитоз.

Наряду с клеточным иммунитетом в защите организма существенную роль играет и гуморальный иммунитет. Так, наиболее показательным тестом служит бактерицидная активность сыворотки крови. Результаты исследований показывают, что у цыплят в пятидневном возрасте иммунная система еще недостаточно сформирована и гуморальный антибактериальный иммунитет играет еще слабую роль. При этом бактерицидная активность у них составляет в среднем 33,8%. В процессе жизни этот показатель у контрольных цыплят возрастает к 28-му дню и достигает 48,1–60,2–63,6%. Но выпаивание цыплятам Апистимулина-А в дозах 1–2 мг/кг живой массы уже к 7 дню позволило повысить бактерицидную активность сыворотки крови до 47,6 и 48,4%. Наибольшую бактерицидную активность сыворотка крови у цыплят имела в возрасте 28 дней жизни – 59,2–60,2%, 36 дней – 63,5% и на 46 день – 62,0-60,5%. Это свидетельствует, что препарат позволяет повысить гуморальный иммунитет и предотвратить заболевание птицы.

Наряду с клеточным и гуморальным иммунитетом препарат Апистимулин-А вызывает и изменения в показателях обменных процессов. Общий белок сыворотки крови у контрольных цыплят был практически на одинаковом с исходными показателями уровне до 28 дня и составлял 18,3 – 20,6 г/г. После этого, к 36–46 дням жизни произошло увеличение его концентрации в сыворотке крови до 25,2 – 29,6 г/л. Но использование Апистимулина-А в дозах 1–2 мг/кг живой массы позволило повысить концентрацию общего белка уже к 7 дню до 21,8–22,0 г/л, и этот показатель продолжал повышаться и к 36 дню достиг 32,0–35,0 г/л, а к 46 дню – 37,3–38,3 г/л. Под воздействием препарата Апистимулин-А активизируется биосинтез белка, который является основным резервом организма. Повышение концентрации общего белка сыворотки крови обусловлено повышением концентрации альбуминов и глобулинов. Данные показывают, что препарат Апистимулин-А способствует повышению уровня

альбуминов уже к 7 дню жизни. Так, у цыплят, получавших Апистимулин-А в дозах 1–2 мг/кг, к 7 дню концентрация альбуминов в крови возросла с 9,0 до 10,3–10,6 г/л, после чего происходило постепенное их увеличение к 45 дню до 16,0–18,3 г/л. Аналогично происходило и увеличение глобулинов. Так, в группе цыплят, получавших по 1,0 г/л Апистимулина-А количество глобулинов к 7 дню возросло с 10,9 до 11,7 г/л, к 12 дню – 12,7 г/л, к 36 дню – 16,1 и к 46 дню – 21,3 г/л. У цыплят, получавших по 2,0 г/л Апистимулина-А, аналогично к 7 дню возросло с 10,9 до 11,8 г/л, к 12 дню – до 12,4 г/л, 36 дню – 18,8 г/л, 46 дню – 20,0 г/л. Но цыплят контрольной группы этот показатель был значительно ниже: с 7 по 28 дни уровень глобулинов был ниже исходного показателя – 8,9–10, г/л, а к 36 – 46 дню произошло их увеличение – 12,3–17,4 г/л.

Полученные данные свидетельствуют о том, что у цыплят, выращиваемых по традиционной технологии, уровень иммуноглобулинов на протяжении 28 дней ниже исходных показателей, что подтверждает отсутствие биосинтеза собственных иммуноглобулинов, а иммунная защита идет за счет трансовариальных глобулинов. Но использование иммуностимулятора ведет к более раннему биосинтезу глобулинов и повышению иммунной защиты организма цыпленка. Ферментная система организма цыплят, особенно аланинамитрансферазы и аспартатаминотрансферазы показывают состояния печени и сердечной мышцы. При изучении активности ферментов крови – аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы и щелочной фосфатазы установлено, что у цыплят контрольной группы они выше нормы на 10–25%. Это свидетельствует, о том что при интенсивной технологии отмечается поражение печени, обусловленное наличием в кормах различного рода токсических веществ. Использование иммуностимулятора способствует снижению активности ферментов, т.е. отмечается снижение токсического воздействия на организм и, в частности, на печень поступающих составляющих кормов.

При изучении состояния ферментов у цыплят установлено, что у них отмечено существенное снижение активности аланин- и аспартатаминотрансферраз, которые являются индикатором состояния печени. Для подтверждения данных результатов нами изучено патологоанатомическое и патогистологическое в сравнительном аспекте состояние печени цыплят, получавших апистимулин-А в дозе 1 мг/кг живой массы и котнтрольных цыплят.

При изучении влияния «Апистимулина-А» на морфологию печени птиц установлено, что макроскопически печень 46-дневных птиц контрольной группы была незначительно увеличена в объеме, желто-коричневого цвета, мягкой консистенции, с нечетким рисунком дольчатого строения на разрезе. Под капсулой органа обнаруживались точечные и пятнистые кровоизлияния. Гистологическим исследованием у цыплят контрольной группы был установлен серозный отек с резким расширением пространств Диссе. В печеночных дольках гепатоциты находились в состоянии мелко- и крупнокапельной жировой дистрофии. В ряде клеток обнаруживалось вакуолизация ядер. В отдельных печеночных дольках регистрировали некробиоз и лизис большей части гепатоцитов с дискомплексацией балочного строения. В дольках и междольковой соединительной ткани обнаруживалась диффузно-гнездная пролиферация лимфоцитов, гистоцитов и незрелых клеток гранулоцитарного ряда, иногда с формированием гранулем. При микроскопическом исследовании печени опытных цыплят отмечали умеренный серозный отек. Единичные гепатоциты находились в состоянии жировой инфильтрации. Других существенных структурных нарушений установлено не было. Установлено, что применение «Апистимулина-А» и предупреждает развитие у птиц токсической дистрофии печени, которая проявляется мелко- и крупнокапельной жировой дистрофией гепатоцитов, некрозом и лизисом их, дискомплексацией балочного строения, диффузно-гнездной инфильтрацией стромы и паренхимы органа лимфоидными клетками, макрофагами и незрелыми клетками гранулоцитарного ряда.

При изучении влияния препарата «Апистимулин-А» на показатели качества мяса у цыплят-бройлеров установлено, что у всех опытных и контрольных убитых цыплят поверхность тушек сухая, беловато-желтого цвета с розовым оттенком; слизистая оболочка ротовой полости блестящая, бледно-розового цвета, незначительно увлажнена; клюв глянцевый; глазное яблоко выпуклое, роговица блестящая; подкожный и внутренний жир бледно-желтого цвета; серозная оболочка грудобрюшной полости влажная, блестящая; мышцы на разрезе слегка влажные, бледно-розового цвета, упругой консистенции; запах специфический, свойственный свежему мясу птицы. При проведении пробы варкой бульон от всех подопытных и контрольных цыплят был прозрачный, ароматный. Постороннего запаха не выявлено. Бактериологическое исследование тушек убитых цыплят показало, что микроорганизмы из подопытных и контрольных образцов мяса и внутренних органов не выделены. Исследование физико-химических показателей опытных и контрольных групп достоверных различий не имеют и находятся в пределах нормы.

При исследовании биологической ценности и безвредности мяса, полученного от контрольных цыплят и цыплят, получавших Апистимулин-А, достоверных отличий не установлено. Проявлений токсичности для инфузорий не установлено (в норме количество измененных форм клеток инфузо-

рий составляет от 0,1 до 1%). Следовательно, применение иммуностимулятора на биологическую ценность и безвредность продукта не влияет.

При изучении продуктивности цыплят, получавших различные дозы препарата «Апистимулин-А» установлено, что препарат способствует повышению массы тела у цыплят. Особенно это характерно в первые 3 недели жизни цыплят, т.е. во время получения ими препарата. На протяжении 5–6 недель наблюдения живая масса птицы несколько превышает уровень цыплят контрольной группы и существенно – технологическую норму. Так, к 3 неделе средняя живая масса цыплят, получавших «Апистимулин-А» составляла 700,0 г, тогда как в контроле этот показатель составлял 650,0 г. К 6-й неделе также отмечена существенная разница в живой массе различных групп цыплят: 2100,0 г, (при дозе Апистимулина-А» 1,0 мг/кг). 2000,0 г (2,0 мг/кг), 1990,0 г (0,5 мг/кг), 1900,0 г (контроль). Наиболее оптимальным является использование «Апистимулин-А» в дозе 1,0 мг/кг живой массы. Анализ падежа показал, что в 1-й группе пало 1,2% цыплят, во 2-й – 1,4%, 3-ей – 0,4%, а в контрольной –3,8%. При этом технологический отход допускается до 5%. Использование цыплятами препарата «Апистимулин-А» в дозе 1–2 мг/кг живой массы внутрь в течение 20 дней, начиная с 5-дневного возраста, способствует получению дополнительной продукции и снижению непроизводительного выбытия цыплят-бройлеров.

Выводы

1. Выращивание цыплят-бройлеров в условиях промышленной птицефабрики приводит к угнетению иммунитета и обменных процессов организма. При этом отмечается снижение основных гематологических (количество лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина), иммунологических (уменьшение лимфоцитов, гамма-глобулинов), биохимических (общего белка, альбуминов) показателей крови цыплят по сравнению с уровнем клинически здоровой птицы.
2. Апистимулин-А, примененный цыплятам-бройлерам с питьевой водой в дозах 1,0 и 2,0 мг/кг массы, обладает выраженным стимулирующим действием на гуморальные и клеточные факторы защиты, нормализует основные обменные процессы в организме молодняка, предупреждает развитие возрастных иммунных дефицитов на протяжении всего периода выращивания.
3. Использование иммуностимулирующего препарата Апистимулин-А цыплятам-бройлерам приводит к профилактике у них гепадистрофии.
4. Мясо птицы, в рацион которых вводился иммуностимулятор «Апистимулин-А», по органолептическим, физико-химическим, бактериологическим показателям и биологической ценности и безвредности не уступает мясу контрольной группы и является доброкачественным.

Литература

1. *Еремия Н. М.* Перспективы использования биологически активных веществ цветочной пыльцы в пчеловодстве и при выращивании сельскохозяйственных животных: Автореф. дисс. канд. сельскохоз. наук: 03.00.13/ ТСХА, М.: 1992.– 22 с.
2. *Кивалкина В. П., Турсуналиев С. Ш.* Влияние препаратов прополиса на естественную резистентность кроликов //Апитерапия. Биология и технология продуктов пчеловодства. Матер. Всесоюзн. конф. Ч.II. Днепропетровск:, 1988.— С.101–104.
3. *Лазарев Д. И., Алехин Е. К.* Стимуляторы иммунитета.— М.: Медицина, 1985.— 256 с.
4. *Лудянский Э. А.* Апитерапия. Вологда, 1994. – 460 с.

© БГСХА

ВЫБОР РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИН ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНОВОРОХА

С. Н. КУДРЯВЦЕВ, **В. Е. КРУГЛЕНЯ, А. С. АЛЕКСЕЕНКО**

In system of technological operations on to processing of seeds and grains the important place belongs to drying. Deterioration of a dried up material excluding anyone opportunity made great demands of drying very much. On the basis of the analysis of technologies of processing damp flax heap it is possible to draw a conclusion, that the most comprehensible is the technology of processing flax heap on stationary item. Flax heap on stationary item we offer to apply modernized two-storeyed rotating dryer СКМ-1М to drying. Advantage of an offered dryer will consist in increase in productivity of the machine, reduction of losses of heat with the fulfilled drying agent and reduction of the charge of fuel at drying lots fodder and commercial crops

Ключевые слова: технология, сушка, льноворох, двойное дно

В период уборки и послеуборочной обработки агроклиматические условия в большинстве случаев неблагоприятны, поэтому в системе технологических операций по послеуборочной обработке семян и зерна важное место принадлежит сушке. К сушке предъявляются очень высокие требования, исключающие любую возможность ухудшения качества высушиваемого материала.

В зоне интенсивного льноводства наибольшее применение нашли пункты обработки семян с напольными, карусельными и конвейерными сушилками. Наиболее простым из типовых является пункт на базе оборудования ОСВ-60 [1].

Как установлено исследованиями [2], наибольший удельный вес, 20…70%, в составе льновороха занимают длинные примеси в виде обрывков стеблей льна и сорных растений. Причем они имеют наибольшую влажность – 40…80%. Поэтому перед сушкой их необходимо отделить. Для этих целей используют молотилку МВ-2,5А или зерноуборочный комбайн, что не совсем экономически обоснованно. Поэтому разработка сепаратора грубого льновороха является актуальной задачей сельхозмашиностроения. Полученный при этом мелкий льноворох наиболее экономически эффективно досушивать на карусельной сушилке СКМ-1.

Для повышения производительности, уменьшения потерь тепла и снижения расхода топлива сотрудниками БГСХА предлагается в сушилке СКМ-1 устанавливать вторую вращающуюся решетчатую платформу над уже имеющейся, выше загружаемого слоя льновороха (Патент Республики Беларусь №1559 от 30.01.2004 г. Двухъярусная противоточная карусельная сушилка; Удостоверение № 1 на рационализаторское предложение «Дополнительное решетчатое дно для предварительного подогрева льновороха в карусельной сушилке СКМ-1» от 10 сентября 2004 года).

Для снижения неравномерности сушки и расхода топлива предлагается применять в нижней сушильной камере рыхлитель-разравниватель льновороха, устанавливаемый в виде клинообразного кожуха на выгрузной фрезе. Это также позволяет снизить продолжительность сушки на 10…15% [3].

Одновременное применение предварительного подогрева льновороха на верхней решетчатой платформе и его перемешивание на нижней увеличивает производительность сушилки на 40…50%, позволяет организовать работу пункта непрерывно, уменьшает энергозатраты в 1,6 раза.

Литература

1. *Зеленко В. И.* Пункт сушки льнопродукции. – М.: Россельхозиздат; 1987. – 62 с.
2. *Шаршунов В. А., Кругленя В. Е., Кудрявцев А. А., Алексеенко А. С., Масловский А. В.* Модернизация стационарного пункта переработки вороха кормовых и технических культур // Экология и сельскохозяйственная техника. – Том 2. – Санкт-Петербрг, 2002. С. 187…193.
3. *Шаршунов В. А., Кругленя В. Е., Кудрявцев А. Н., Алексеенко А. С., Масловский А. В.* Выбор и обоснование технологии переработки льновороха // Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinnej / 9 INTERNATIONAL SIMPOZIUM. – Warszawa, 2002. – С. 361–368.

© ГрГАУ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОРОСЯТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОБНО-ВИТАМИННОГО ПРЕПАРАТА И ЛАЗЕРОТЕРАПИИ

***Д. В. МАЛАШКО*, А. В. ГЛАЗ**

Are investigated гематологические and biochemical parameters of blood of pigs at use of a microbe-vitamin preparation for preventive maintenance of gastroenteric diseases and decrease{reduction} of negative influence on an organism of pigs послеотъемного stress. Efficiency of laser therapy is investigated at cultivation of hypotrophyc pigs that has allowed to increase growth rate and resistance of an organism of animals

Ключевые слова: свиньи, лазер, морфология, кровь, пищеварительная дорожка

1. Введение

Использование интенсивных технологий в промышленном животноводстве нередко приводит к снижению естественной резистентности организма животных и его иммунобиологической реактивности. В свиноводстве это касается в первую очередь особей высокопродуктивных пород (например, супермясных), у которых при длительном воздействии неблагоприятных факторов внешней среды (или стрессов) в ряде случаев развивается заболевание, названное стрессовым синдромом свиней (PSE).

Характерной чертой интенсивной системы выращивания животных является то, что отдельные реакции особи отражают реакции целой группы животных, то есть носят стадийный характер. Появилась новая форма патологии, для которой ученые предложили термин «околопатология». Она рассматривает патологические изменения в связи с условиями внешней среды, всей экологической системы [8, с.1424].

Из практики свиноводства известно, что большей требовательностью к условиям жизни отличаются поросята, родившиеся с низкой живой массой, среди которых наблюдается большой процент отхода в первые недели жизни [1, с.96; 6, с.7]. Гипотрофия поросят в последующем сказывается на среднесуточных поросятах живой массы. В случае, если живая масса поросят при рождении находится в пределах 1,1–1,2 кг, то среднесуточный прирост может находиться в пределах 200 г, а при живой массе 1,6–1,8 кг прирост составляет 280–350 г в первые два месяца постнатальной жизни, а на откорме прирост живой массы может достигать 550 г.

Для организма новорожденных характерны физиологическая незрелость и иммунобиологическая неподготовленность к существованию во внешней среде. Характерными признаками их неподготовленности к послеутробной жизни является отсутствие гамма-глобулина в сыворотке крови, малое содержание бета-глобулина и альбумина. Такой биохимический показатель сыворотки крови новорож-

денных поросят называют «незрелым белковым профилем». Это считается одним из критических периодов в жизни поросят. Второй критический период – послеотъемный, когда погибает более 10%, нередко самых лучших поросят. По сумме нанесенного ущерба он занимает ведущее место.

В. П. Урбан и др. [7, с.73] считают, что 10–20-дневный возраст является для поросят критическим, так как с 10-дневного возраста происходит спад гуморальных показателей неспецифической защиты. Это связано с тем, что с 10-дневного возраста наступает возрастание показателей клеточной защиты. Содержание Т - лимфоцитов увеличивается на 10,7%, В – лимфоцитов – на 6,3%. Молоко свиноматки к 20-дневному возрасту поросят становится малопитательным и малоценным по специфическим белкам.

В этот же период (10–20 суток) у поросят собственный синтез специфических белков еще слабый, а полученные колостральным путем иммуноглобулины подвергаются естественному распаду. Повышение активности факторов клеточной защиты не могут компенсировать спад содержания гуморальных факторов. Наблюдается своеобразный «прорыв в защите» иммунитета [2, с.18].

В последнее время уделяется внимание нетрадиционным методам воздействия на живой организм с целью повышения его защитных сил, активизации и коррекции внутриклеточных обменных процессов [4, с.293]. Широкое применение в медицине и ветеринарии обрели методы лазерного воздействия на биологически активные точки.

Действие лазерного излучения на животных вызывает не только местные эффекты, но и системную реакцию организма. Общая реакция укладывается в представление о неспецифическом адаптационном синдроме и зависит от интенсивности и длительности облучения, вызывающем разную степень локальной и общей гипертермии. Работами отечественных и зарубежных ученых [3, с.24; 5, с.22; 9, с.245] установлено, что низкоинтенсивная лазеротерапия вызывает в организме изменения активности ферментов метаболизма, проницаемость клеточных мембран, скорость синтеза белков, регенерации тканей, тем самым повышает защитные силы организма, способствует улучшению трофики тканей. В современных условиях ведения животноводства перспективным является внедрение новых технологий в ветеринарную практику. До настоящего времени в ветеринарной медицине глубоко не изучены биохимические, структурные и физиологические изменения в организме животных под воздействием лазерного изучения.

Целью исследований являлось изучение эффективности комплексного микробно-витаминного препарата «Биокаротивита» и лазеротерапии при выращивании поросят.

В задачи исследований входило: изучить гематологические и биохимические показатели крови поросят при применении препарата и лазера; провести гистохимическое и электронномикроскопическое исследование желудочно-кишечного тракта и мышц поросят; проследить изменения зоотехнических показателей (живая масса, среднесуточные приросты) и формирование микробиоценоза пищеварительного тракта поросят на фоне использования препарата.

2. Материал и методика исследований

Была разработана рецептура комплексного лечебно-профилактического препарата под названием «Биокаротивит». В состав препарата входят: биовит – 80, фуразолидон, кальций молочнокислый, витамин С, глюкоза и кормовой препарат микробиологического каротина (КМПК). Препарат вводился в дозе 11,0 г/гол./сут. из расчета на одно животное за 10 дней до отъема и в течение 60 дней после отъема для снижения отрицательных последствий послеотъемного стресса и профилактики желудочно-кишечных заболеваний поросят.

Для облучения поросят-гипотрофиков применяли лазер «Люзар-МП» с длиной волны 0,67 мкм с мощностью 10 мВт. Опытная группа поросят на протяжении 21 дня облучалась лазером по обе стороны спины вдоль длиннейшей мышцы поясницы и груди с экспозицией 3 мин. После 8 сеансов был сделан 3-дневный перерыв.

Активность фермента щелочная фосфатаза (ЩФ), (КФ 3.1.1.1) в структурах тонкого кишечника определяли по методу Гомори, сукцинатдегидрогеназу (СДГ), (КФ 1.3.99.1.) – по методу Нахласа. Электронномикроскопические исследования проводили на микроскопе JEM – 100CX (Япония).

Объектом исследований служили кровь, тонкий кишечник и длиннейшая мышца поросят. Всего было исследовано 12 поросят из опытных и 10 из контрольных групп.

3. Собственные результаты

3.1. Гематологические и биохимические показатели крови поросят - отъемышей при использовании «Биокаротивита»

Интегральным показателем физиологического состояния организма является гематологический и биохимический анализы крови поросят. Проведенные исследования крови на 10 день после применения препарата показали, что неспецифические факторы иммунитета организма поросят контрольной и опытной групп имеют определенные различия. Содержание эритроцитов было выше контрольного показателя на 18,2% ($P< 0,01$), лейкоцитов – на 14,9% ($P<0,05$), и гемоглобина – на 5,9% ($P<0,05$). В

белковом обмене также наблюдались различия. Содержание общего белка превышало контроль на 18%, альбуминов – на 6,2%, альфа-глобулинов – на 6% и бета – глобулинов – на 22% (P<0,05). В содержании гамма – глобулинов не отмечено столь существенных различий между опытными и контрольными животными.

Таким образом, поросята опытной группы обладают более выраженными защитными способностями и активными обменными процессами, что позволяет им легче перенести стресс – реакцию на отъем, чем животным без применения препарата.

Для оценки влияния отъемного стресса на организм поросят на 5 день после отъема также произвели анализ крови в контрольной и опытной группах. В контрольной группе значительно возрастало содержание лейкоцитов на 21,1% (P<0,01) по отношению к опытным поросятам. В тоже время в крови поросят опытная группа больше содержалось гемоглобина на 12%, общего белка – на 18,5% и глобулиновых фракций – на 4,4% – 32,7% (P<0,01).

Следовательно, в послеотъемный период в биохимических показателях крови при введении в рацион препарата не отмечается существенных изменений по сравнению с предотъемным периодом.

3.2. Формирование микрофлоры желудочно-кишечного тракта поросят под влиянием препарата «Биокаротивит»

Обычно реакция кишечника на большое разнообразие раздражителей является увеличение скорости размножения и «схождения» энтероцитов со слизистой оболочки кишечника, а также усиленное развитие патогенной микрофлоры. В этот период существует недостаточный иммунорегуляторный механизм в иммунной системе кишечника поросят. Все это повышает вероятность увеличения проницаемости слизистой оболочки для ферритинов, аденовирусов и других патогенных агентов.

В результате отъема поросят отмечается резкое снижение микробных клеток полезных видов микроорганизмов в 10–100 раз. Наиболее сильные изменения перетерпела микрофлора кишечника 35-дневных поросят-отъемышей, то есть через 9 дней после отъема, когда уровень бифидо – и молочнокислых бактерий понизился на 19,6% и 20,5%.

С учетом вышеизложенного проведены бактериологические исследования фекалий поросят за два дня до отъема и на 5-й день после отъема животных (*табл.*1).

Анализируя литературные данные по микроценозу желудочно-кишечного тракта поросят, отмечается высокое количество молочнокислых бактерий, которое колеблется от 2016 до 8533 млн. микробных тел в 1 г. С возрастом животных отмечено резкое снижение численности молочнокислых бактерий в пищеварительном тракте. Количество эшерихий с 1-го по 60-й день развития поросят снижается. Самое большое их количество обнаруживается у 15-дневных животных (133,5 млн. в 1 г). Численность энтерококков в желудочно-кишечном тракте однодневных поросят колеблется в среднем от 5 до 199,3 млн. в 1 г. По мере взросления животных содержание энтерококков в пищеварительной системе снижается

Бифидобактерии выделены из пищеварительного тракта поросят в возрасте 15,30, и 60 дней. Отмечено снижение числа бифидобактерий с увеличением возраста животных. Если у 15-дневных поросят высевалось 10^7–10^9 (то есть от десятков миллионов до десятков миллиардов) микробных тел, то у 30-дневных поросят – 10^6–10^8 и у 60-дневных – 10^5–10^7.

Как показывают данные таблицы 1, в контрольной группе после отъема поросят наблюдается снижение численности бифидобактерий на 10%, в опыте не установлено снижения численности бактерий данной группы. Аналогичная тенденция отмечается и в динамике изменения количества молочнокислых бактерий, однако это снижение более значительное в контроле (на 35,7%). В опытной группе содержание бактерий практически осталось на прежнем уровне (8,75 – до отъема и 8,32 – после отъема).

Таблица 1. **Количественные показатели бактериоценоза кишечника поросят–отъемышей, десятичные логарифмы**

Группа	Виды микроорганизмов			
	Б	М	Эн	Эш
За два дня до отъема				
Контроль	$7,34±0,11^{X}$	$6,66±0,11^{X}$	$7,53±0,11^{X}$	$8,30±0,11^{XX}$
Опыт	9,72±0,04	8,75±0,13	5,03±0,06	7,22±0,14
Через пять дней после отъема				
Контроль	$6,60±0,12^{X}$	$4,28±0,07^{XX}$	$9,60±0,09^{XX}$	$9,31±0,11^{X}$
Опыт	9,53±0,12	8,32±0,09	5,48±0,07	7,79±0,09

^{x}P<0,05; ^{xx}P<0,01. Примечание: Б – бифидобактерии; М – молочнокислые бактерии (лактобацилы); Эн – энтерококки; Эш – эшерихии.

После отъема поросят в пищеварительном тракте контрольных животных повышается количество энтерококков на 27,5% по сравнению с началом отъема. Возрастание данного вида бактерий в опыте

незначительное, всего лишь на 8,9%. Повышение концентрации эшерихий в контрольном варианте после отъема составило 12,2%, в опыте – 7,9%.

Таким образом, данные исследования количественного и качественного состава микрофлоры желудочно-кишечного тракта молодняка свиней показывают, что под воздействием препарата не наблюдается резкого изменения биоценоза микрофлоры. Это позволяет животным лучше усваивать питательные вещества корма и сохранять энергию роста на достаточно высоком уровне. Наличие полезной микрофлоры предохраняет желудочно-кишечный тракт от болезней на почве изменения численности полезной и патогенной микрофлоры.

Микробиологический анализ позволил установить, что в послеотъемный период в желудочно-кишечном тракте поросят происходят изменения в сторону нарушения экологического соотношения между основными представителями нормальной микрофлоры, то есть развивается состояние дисбактериоза. Это отражается на росте животных, их витаминном балансе, эффективности усвоения пищи, устойчивости к инфекциям, токсическим веществам и другим неблагоприятным факторам.

Применение препарата «Биокаротивит» позволило не допустить снижения численности полезных микроорганизмов (бифидо- и молочнокислых), что в последующем позволило повысить эффективность использования питательных веществ корма и реактивность организма к неблагоприятным стресс-факторам.

3.3. Морфометрические и гистохимические изменения в организме поросят под воздействием лазеротерапии

До последнего времени нет еще достоверных данных о постнатальном росте и развитии ряда важных функциональных систем, в том числе и мышечной системы, а также реакции последней на облучение лазером. Самый большой относительный рост поросят фиксируется с 7–10-дневного возраста и в остальной подсосный период. За этот отрезок времени живая масса поросят увеличивается к 30-дневному возрасту до 5–7,5 кг и до 12–22 кг в 2-месячном возрасте. Однако мелким новорожденным животным не удается полностью компенсировать свое недоразвитие, как к месячному, так и к 2-месячному возрасту. Все это требует введения в рацион специальных подкормок, стимуляторов, а в последнее время и биофизических методов.

Увеличение живой массы поросят обеспечивается за счет активного наращивания мышечной массы. Для подтверждения этого положения проведен морфометрический анализ диаметра мышечных волокон длиннейшей мышцы спины. В контрольных образцах диаметр мышечных волокон составлял 34,71±1,09 мкм, в опыте – 42,83±1,23, что достоверно превышало контрольные показатели на 23,4% ($P<0,05$). Гипертрофия мышечных волокон, очевидно, представляет собой структурный эквивалент повышенных функциональных нагрузок.

Желудочно-кишечный тракт представляет собой весьма сложный комплекс с высокой степенью структурной, гистологической и биохимической дифференциации. Пищеварительная система играет важную роль в защитных реакциях организма, которая обеспечивает состояние иммунитета и естественную резистентность с помощью специфических и неспецифических факторов.

С учетом вышеизложенного, в микроциркуляторном русле желудка и тонкого кишечника поросят определена активность щелочной фосфатазы. Щелочная фосфатаза участвует в активном переносе метаболитов через клеточные мембраны, в процессах, связанных с реабсорбцией и сосудистой проницаемостью. Фермент является фактором, ускоряющим транспорт глюкозы из кровеносного русла к активно функционирующим клеткам.

Энзимологические методики применяли в качестве теста общего и специфического обмена в тканях. Определение сукцинатдегидрогеназы в нервных структурах желудочно-кишечного тракта позволяет судить о метаболизме клетки, утилизации энергии в цикле Кребса.

Активность щелочной фосфатазы в эндотелии кровеносных сосудов желудка была выше контроля на 4,5% ($P<0,05$), а в структурах тонкого кишечника – на 64,7% ($P<0,05$), сукцинатдегидрогеназы – на 18,7% и 28,4% ($P<0,05$) соответственно.

Таблица 2. **Динамика живой массы поросят под воздействием лазеротерапии**

Показатели	Группы	
	Контроль	Опыт
Живая масса, кг:		
-начало опыта	6,17±0,19	6,11±0,21
-через 21 день	9,67±0,21	11,60±0,23^{x}
% к контролю	100	120
Прирост за опыт, кг	3,50	5,49
% к контролю	100	156,9
Среднесуточный прирост, г	169,5	261,4
% к контролю	100	154,2

$^{x}P<0,01$

Следовательно, гистохимический мониторинг показал, что в структурах пищеварительной системы происходит ряд динамических и метаболических настроек, направленных на активизацию обменных процессов.

Ультраструктурные исследования показали, что под влиянием лазерного облучения активизируется синтез белка, о чем свидетельствует плотность расположения рибосом на 1 мкм длины мембраны эндоплазматической сети эпителиоцитов тонкой кишки. В контрольной группе концентрация рибосом составила 30,29±2,26, в опыте – 51,27±3,54, что превышает контрольный показатель на 69,3% ($P < 0,05$).

Об активизации метаболических процессов свидетельствуют активный экзо- и эндоцитоз в области смежных клеток и межклеточном пространстве. В этих регионах концентрируются многочисленные везикулы.

Наблюдаемая картина ультраструктурных перестроек свидетельствует об интенсификации синтеза, который необходим для увеличения массы тела, и синтеза, обеспечивающего выполнение клеткой специфической функции (например, повышенное образование ферментов, кишечного сока и т.д.).

3.4. Динамика изменения живой массы поросят под воздействием лазеротерапии

Важным условием успешного выращивания поросят является интенсивность роста животных. В таблице 2 приведены данные изменения живой массы поросят в процессе эксперимента. Как показывают данные *таблицы* 2, живая масса поросят превышала контрольные данные на 20%, а среднесуточный прирост был выше на 54,2%. Прирост живой массы за период эксперимента в опыте был выше на 56,9% по отношению к контролю.

Воздействие лазерного излучения на биологические ткани зависит от активизации биохимических реакций, индуцированных лазерным излучением. Биоэффект в организме животных под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения в области с длиной волны 630 нм проявляется в активизации гемодинамики и обмена внутритканевой жидкости, стимуляции электролитного обмена в цитоплазме клетки и, как результат – ускорение процессов метаболизма, стимулирование восстановления клеточных структур за счет увеличения выработки АТФ, потребления кислорода, синтеза белков и нуклеиновых кислот и активизации цитоплазматических ферментов. В итоге суммарный эффект выражается в увеличении живой массы, среднесуточных привесов и повышении сохранности поросят.

4. Заключение

1. Введение препарата «Биокаротивит» в дозе 11,0 г/гол./сут. за 10 дней до отъема и в течении 60 дней после отъема способствует активизации защитных сил организма, стимулирует обменные процессы, что способствует снижению заболеваемости поросят желудочно-кишечными болезнями.
2. Под влиянием «Биокаротивита» стабилизируется микробиоценоз пищеварительной системы поросят, что способствует лучшему использованию корма и повышает энергию роста.
3. Лазеротерапия поросят-гипотрофиков позволяет повысить иммунологическую защиту организма поросят. Под воздействием лазеротерапии стимулируется рост поросят-гипотрофиков. В результате облучения лазером живая масса поросят увеличивается на 20%, активность щелочной фосфатазы повышается на 4,5–64,7%, сукцинатдегидрогеназы – на 18,7–28,4%, диаметр мышечных волокон длиннейшей мышцы возрастает на 23,4% по отношению к контролю.

Литература

1. *Блинов Н. И., Вышинский Г. В.* // Ветеринария . 1977. № 12. С. 96–97.
2. *Карпуть И. М., Николадзе М. Г.* Рекомендации по диагностике и профилактике алиментарной анемии и иммунной недостаточности поросят. Витебск, 2001. С. 33.
3. *Мостовников В. А., Мостовникова Г. Р., Плавский В. Ю.* // Тезисы доклада международной конференции «Лазеры в биомедицине». Гродно, 2002. С. 24.
4. *Пайтеров С. Н.* // Сб.: Роль субъективного фактора в развитии науки и техники. Мн., 2000. С. 291–293.
5. *Рубинов А. Н., Афанасьев А. А.* // Тезисы доклада международной конференции «Лазеры в биомедицине». Гродно,2002.С. 22.
6. *Таллер Б. Г., Бауков В. В.* // Ветеринария. 2001. № 12. С. 6–10.
7. *Урбан В. П., Рудаков В. В., Карпенко Л. Ю.* // Вестник с.–х. науки. 1990. № 4(403). С. 73–77.
8. *Baldwin R. L., Smith N. E., Taylor J.* // J. Anim. Sci. 1980. Vol. 51. № 6. P. 1416–1428.
9. *Ho A. M., Johnson M. D., Kingsley D. M.* // Science. 2000. Vol. 289. № 5477. P. 265–270.

©БГАТУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ

***Е. В. МЕЛЬНИК,* А. И. ФЕДОРЧУК**

Effectiveness of taking measures of protection from electrical shock on cattle-breeding farms

Ключевые слова: зануление, выравнивание потенциалов, защитное отключение, электробезопасность

Таблица. **Показатели эффективности УВЭП**

ρ, Ом·м	d, мм	R_1, Ом	R_n, Ом	$I_з$, А	φ_x, В	$U_{пр}$, В	$U_ш$, В
5	0,018	4,04	0,15	53,0	10,1	1,4	0,8
10	0,018	8,08	0,3	51,2	19,6	2,7	1,6
20	0,014	16,9	0,61	47,7	36,5	5,1	2,9
60	0,014	50,7	1,83	37,7	86,4	12,1	6,9
70	0,014	59,1	2,23	35,1	93,9	13,1	7,5
100	0,014	84,5	3,19	30,6	116,9	16,4	9,4
140	0,012	121,9	4,6	25,6	137,0	19,2	11,0

В последние годы в хозяйствах республики отмечались случаи массового электропоражения крупного рогатого скота, например в Жлобинском, Лельчицком, Березинском и других районах.

В этой связи рассмотрена эффективность применяемых здесь мер защиты от поражения электрическим током.

Сделан вывод, что для эффективной защиты от поражения электрическим током в животноводческих помещениях необходимо использовать в едином комплексе: зануление электрооборудования (система TN-C-S), выравнивание и уравнивание электрических потенциалов, защитное отключение при одновременном применении оболочек электрооборудования не ниже класса IP 35.

Рассмотрены основные зависимости успешного срабатывания системы зануления при пробое напряжения на открытые проводящие части, которая, однако, при определенных аварийных режимах будет неэффективной.

Выполненные на примере коровника на 200 голов расчеты показывают, что выравнивание электрических потенциалов (ВЭП) путем использования стержневых заземлителей с определенным разрежением их установки от периферии к центру помещения (как это рекомендуется руководящими документами) при удельном электрическом сопротивлении грунта более 60 Ом·м может также оказаться неэффективным, так как напряжение прикосновения $U_{пр}$ в этом случае будет превышать допустимое значение 12 В (*таблица*).

В зависимости от диаметра d стержневых заземлителей ВЭП и удельного электрического сопротивления грунта ρ определены расчетным путем сопротивления растеканию тока одиночного заземлителя R_1 с учетом его угловой установки, эквивалентное сопротивление n заземлителей R_n с учетом коэффициента экранирования, ток замыкания на заземляющее устройство (УВЭП) $I_з$, потенциал точки φ_x на расстоянии x от заземлителя, и, в итоге, напряжение прикосновения $U_{пр}$, напряжения шага $U_ш$.

Рекомендовано использование на животноводческих фермах устройств защитного отключения дифференциального типа с токами уставки для разных объектов защиты в животноводческих помещениях 10, 30, 300 мА.

©БГСХА

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ

***Е. Б. ПЕТРОВА*, Н. Н. ПЕТРОВА, А. С. КАРАЧАЕВ**

A new method of standardization, selection and seed breeding of crop production was defined, which makes it possible to do standardization and certification of crop varieties, to control the genetic level of the bought seeds abroad with greater accuracy to get reasonable price, to effectively control newly developed varieties, to preserve elite composition of local varieties, to raise variety productivity, to establish change of variety within 4 – 5 years in conditions of intensive agriculture

Ключевые слова: стандартизация, селекция, семеноводство, электрофоретический анализ

В современных условиях развития международных связей и повышения требований к качеству продукции растениеводства становится неизбежным процесс интеграции стандартизации как науки с такими отраслями наук как селекция и семеноводство. В свою очередь поиск применимых в различных областях методов, как правило, дает универсальный результат.

Метод электрофоретического анализа запасных белков зерна открыл возможность с высокой точностью определять качество продукции растениеводства. Анализ позволяет определять генетический состав сорта через биотипы. Проверка этим методом проводится с фазы молочно-восковой спелости зерна и позволяет достаточно точно выявлять степень гибридности семян, не допуская прием семян с низкими биологическими качествами.

Нами установлено, что в области стандартизации и сертификации продукции растениеводства метод электрофоретического анализа белков следует применять как универсальный способ определения качества на генетическом уровне вне зависимости от условий развития растений, а также для поддержания необходимых компонентов, определяющих качество на уровне продуктивности, других ценных хозяйственных признаков в уже районированных сортах (3).

Возможность выявления на генетическом уровне методом электрофореза белков показателей устойчивости сорта к болезням открывает новые возможности для стандартизации продукции растениеводства. Компоненты электрофоретического спектра белков, маркирующие аллельное состояние гена сопряжены с повышенной морозоустойчивостью, засухоустойчивостью и продуктивностью рас-

тений (1). Активизируется поиск и использование генетических доноров экологической устойчивости растений. Особое внимание обращено на поиск сортов-источников, устойчивых к наиболее вредоносным болезням, вредителям и сорнякам (2). Метод электрофоретического анализа также незаменим при осуществлении защиты авторских прав селекционера (3).

В селекции и семеноводстве данный метод позволяет эффективно использовать труд селекционера, уменьшить материальные затраты для создания новых высокопродуктивных сортов, способных реализовывать свой потенциал с минимальным использованием комплекса удобрений или без применения таковых. Результаты исследования показывают, что применение электрофоретического метода позволяет сократить срок семеноводства и организовывать сортосмену за 4 – 5 лет в условиях интенсивного земледелия (3).

Нами рекомендовано использовать электрофоретический метод в международной торговле для контроля качества закупаемых семян с целью соразмерной их оплаты (3).

Литература

1. *Абугалиева А. И.* Компоненты глиадина и субъединицы глютенина в селекции пшеницы на качество зерна: Автореферат диссертации доктора наук. – Амлалыбак, 1994 – 54с.
2. *Драгавцев В. А.* Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости к качеству. – СПб.: ВИР, 1998, – 52с.
3. *Петрова Н. Н., Петрова Е. Б.* Электрофоретический анализ запасных белков зерна как универсальный метод стандартизации, селекции и семеноводства продукции растениеводства// Аспирант и соискатель. – 2004, №5. – С. 447–448.

©БГСХА

РАЗЛИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЛОКАЛЬНОГО ОБОГРЕВА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОРОСЯТ-СОСУНОВ

***А. А. СОЛЯНИК,* С. О. ТУРЧАНОВ**

Effect of use of different local heating in piglet raising has been studied

Ключевые слова: поросята-сосуны, логово, локальный обогрев, температура, брудер

В свинарниках-маточниках при совместном содержании подсосных свиноматок и поросят-сосунов для обеспечения оптимального температурного режима в логове необходимо использование источников локального обогрева. Такой тепловой режим, не оказывая вредного воздействия на свиноматок, обеспечивает значительную экономию энергии на обогрев помещения в целом, способствует улучшению клинико-физиологического состояния организма молодняка. В связи с этим целью наших исследований было изучить эффективность использования различных источников локального обогрева при выращивании поросят-сосунов.

Для достижения поставленной цели нами на свиноводческом комплексе СПК «Овсянка» Горецкого района проведен научно-хозяйственный опыт (*табл. 1*).

Исследованиями установлено, что температура в помещении находилась в пределах 18–20ºС, под инфракрасными лампами на уровне пола – 23–34ºС в зависимости от высоты их подвеса. В брудерах без поросят с лампами ИКЗК-220–250 температура находилась в пределах 37–40ºС, с лампами накаливания мощностью 150 Вт – 25–27ºС, 100 Вт – 22–25ºС. За счет собственного тепла поросят температурный режим в брудерах увеличивался в среднем на 3–5ºС. Поросята-сосуны 2-й опытной группы чувствовали себя в брудере менее комфортно, постоянно высовывая рыльца из лаза, выходя из него и

Таблица 1. **Схема опыта**

Группы	Количество животных в группе, голов		Источники локального обогрева поросят-сосунов
	свиноматки	поросята	
1-я контрольная	7	70	Лампы ИКЗК–220-250
2-я опытная	7	70	Лампы ИКЗК–220-250 в брудерах
3-я опытная	7	70	Лампы накаливания 150 Вт в брудерах
4-я опытная	7	70	Лампы накаливания 100 Вт в брудерах

Таблица 2. **Показатели роста и сохранности поросят-сосунов**

Показатели	Группы			
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Крупноплодность, кг	1,40±0,03	1,30±0,03	1,35±0,04	1,40±0,02
Живая масса поросенка в 35 дней, кг	8,1±0,20	7,3±0,18	8,7±0,16*	8,2±0,25
Среднесуточный прирост поросят-сосунов, г	197±5,2	176±9,3	216±5,1*	200±6,3
Сохранность поросят за подсосный период, %	90	87,1	95,7	92,8

Примечание: * – $P \leq 0,05$

большую часть времени находясь скученно на или около матки во время ее отдыха, рядом с брудером около лаза во время ее активности. Поросята 3-й и 4-й групп в период между кормлениями больше времени проводили в брудерах, что, видимо, обусловлено более комфортными условиями их содержания. Достоверное превосходство поросят-сосунов 3-й группы над животными контрольной по среднесуточному приросту составило 9,6%, сохранности – 6,3% и обусловлено наиболее благоприятным температурным режимом в логове. Самыми низкими в опыте оказались эти показатели у животных 2-й опытной группы (*табл. 2*).

Прибыль в расчете на одну голову оказалась максимальной в третьей группе и составила 3,45 тыс. рублей.

©ГГАУ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНУТРИЛИНЕЙНОГО ПОДБОРА И КРОССА ЛИНИЙ

***В. А. УЛЯШКО,* С. И. КОРШУН**

The purpose of work was the analysis of used variants of selection and definition of their efficiency. It is established, that the most productive were the cows received cross of lines Hiltes Adema x Annas Adema. Their efficiency on 3 lactations has made 4513,14 kg of milk with fatness of 3,48 % while efficiency of individuals of other groups was within the limits of 3632,5 ... 4303,48 kg of milk with a fat content 3,46 ... 3,48 %

Ключевые слова: подбор, линии, кроссы

Одним из приемов совершенствования отдельных групп животных, стад и породы, который в последнее время привлекает внимание, является разведение по линиям. Цель данного зоотехнического приема заключается в закреплении у потомства ценных особенностей лучших животных для получения следующего поколения с устойчивой наследственностью. В системе разведения породы по линиям неотъемлемым этапом является кроссирование линий, которое позволяет дополнять качества животных одной линии качествами другой, дает возможность соединить ценные качества двух линий. Но не всегда и не любые кроссы дают положительный результат, чем и вызвана необходимость проверки линий на сочетаемость. Были проведены исследования по изучению продуктивных качеств коров, полученных как ведением линий, так и их кроссированием в УО СПК «Путришки» Гродненского района. Для проведения исследований было сформировано 4 группы животных. В первую и вторую группы вошли коровы, полученные внутрилинейным подбором и относящиеся к линиям Аннас Адема и Хильтес Адема, в количестве 34 и 31 голова соответственно. К третьей группе были отнесены животные, полученные кроссированием линий Хильтес Адема и Аннас Адема (34 головы). Четвертая группа была сформирована из особей, принадлежащих к кроссу линий Аннас Адема и Хильтес Адема (33 головы).

В ходе проведения исследований было установлено, что по первой и третьей лактациям наибольшим удоем отличались коровы, принадлежащие к кроссу линий Хильтес Адема × Аннас Адема – 3393,73 кг и 4513 кг соответственно. Во вторую лактацию наиболее обильномолочными оказались животные линии Хильтес Адема, с удоем 3809 кг. Изучение показателей жирномолочности подопытного поголовья показало, что по первой лактации наибольшее содержание жира в молоке имели коровы линии Аннас Адема – 3,49%. За вторую лактацию наибольший показатель жирномолочности отмечен у коров линии Аннас Адема и кросса Хильтес Адема х Аннас Адема – 3,48%. По третьей лактации наибольшую жирность молока имели животные, полученные межлинейным подбором - 3,48%. Коровы, принадлежащие к кроссу линий Хильтес Адема х Аннас Адема по первой и третьей лактациям отличались наибольшим выходом молочного жира – 117,79 кг и 156,5 кг соответственно. За вторую лактацию наибольшее количество молочного жира было получено от коров линии Хильтес Адема. – 132,04 кг.

Изучение коррелятивных связей свидетельствует о том, что у животных, полученных внутрилинейным подбором, отмечается низкая отрицательная корреляция между удоем и жирномолочностью (r = – 0,12...–0,029), в то время как у коров, принадлежащих к кроссам линий взаимосвязь между данными показателями положительная (r = 0,192...0,544). Между удоем и выходом молочного жира у коров всех групп отмечена высокая положительная корреляция (r = 0,935...0,998). Связь между жирностью молока и выходом молочного жира у всех подопытных животных положительная: у коров, полученных внутрилинейным подбором – слабая (r = 0,0,36...0,107), а у особей, полученных межлинейным подбором – средняя (r = 0,311...0,499).

Из вышеизложенного следует, что наиболее целесообразно применять кроссирование линий, поскольку коровы, полученные таким методом, отличаются большей обильномолочностью и выходом молочного жира, у них наблюдается положительная взаимосвязь между удоем и жирномолочностью.

© ГГАУ

ЧИСТОПОРОДНОЕ РАЗВЕДЕНИЕ СВИНЕЙ БЕЛОРУССКОЙ МЯСНОЙ ПОРОДЫ

***О. А. ЕПИШКО*, Л. А. ТАНАНА**

On animals of the Byelorussian meat breed were studied, quality sperm of production, feeding qualities and meat qualities in a cut{section} of lines is established, that better quality sperm of production is observed at male pigs in lines Zvona, Zaslona, Zenita. On feeding qualities animals in lines Zvona, Zaslona, Zenita, surpasses the сверстников on age of achievement 100кг., the charge of forages on 1кг. Production. The best meat qualities at animal lines Zvona, Zaslona, Zenita

Ключевые слова: Белорусская мясная порода свиней, воспроизводительные качества, откормочные качества, мясо-сальные качества, спермопродукция, линия

В условиях отечественного свиноводства ставилась задача получения мясных свиней, способных откармливаться до тяжелых весовых кондиций без признаков чрезмерного ожирения. Работа по созданию породы проводилась по единой методике, на первом этапе выведения породы использовались животные лучшего мирового генофонда: эстонской беконной, йоркширской, ландрас и др. На втором этапе работ спаривали животных полтавского и белорусского мясных типов. Порода утверждена в 1999 г.

Целью исследований явилось изучение качества спермопродукции, откормочных и мясных качеств хряков различной линейной принадлежности белоруской мясной породы свиней. Исследования проводились в СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. Для проведения исследований было отобрано 261 животное, принадлежащее к 9 генеалогическим линиям (*табл. 1*).

В качестве материала, необходимого для исследований, использовали документы зоотехнического и племенного учета: бонитировки, книги учета опоросов и приплода свиней, журналы регистрации подсвинков на контрольном откорме, журналы учета мясных качеств подсвинков на контрольном откорме.

Для изучения откормочных и мясных качеств учитывались: возраст достижения живой массы 100 кг (дней), среднесуточный прирост живой массы (г), затраты корма (к.ед.), длина туши (см), толщина шпика (мм), масса окорока (кг), площадь мышечного глазка (см^2), убойный выход (%).

Биометрическую обработку исследований проводили по общепринятым методикам и достоверными считали различия при уровне значимости $P < 0,05$.

Формирование генеалогической структуры осуществлялось путем использования общепринятых методов селекции, включающих оценку по родословной, жесткого отбора, целенаправленного подбора, оценки ремонтного молодняка по собственной продуктивности на элеверах, хряков и маток по качеству потомства методом контрольного откорма.

Генеалогическая структура породы представлена 10 основными линиями: Залпа 4447, Забоя 7869, Залета 1937, Звона 2043, Зубра 3423, Зенита 72159, Заслона 305, Зонта 625, Задора 321, Зевса 5275, другими единичными линиями и 14 семействами.

Разведение по линиям проводилась методом однородного улучшающего подбора с использованием в отдельных линиях умеренного инбридинга. Наиболее многочисленными и высокопродуктивными являются линии Зевса 5275, 72159, Забоя 7869, Звана 2043, Зубра 3423 и семейства Загадки 58182, Забавы 62412, Землянички 728, Зенитки 5520, Заступницы 7994.

Разведение пяти линий: Зевса 743, Зенита 72159, Залета 1937, Зонта 625, Зубра 3423 – осуществляется по 3–6 ветвям, что позволяет использовать внутрилинейный подбор, остальные линии – по 2–3 ветвям; чередование кроссов между линиями подчинено в основном совершенствованию менее ценных линий за счет лучших с учетом их сочетаемости. Определяющее значение при этом имеет максимальное использование ведущих линий.

В целях повышения эффективности селекции по показателям развития желательному типу телосложения предусмотрено усилить селекционное давление свиноматок по комплексу признаков. Для получения ремонтных хрячков отбирается 10–15% лучших свиноматок по комплексу признаков, а для получения ремонтных свинок – 35–40% с показателями продуктивности, превышающими средние показатели по стаду на 8–10%.

Генеалогическая структура породы поддерживается ежегодным комплектованием хозяйств племенным молодняком согласно схеме размещения плановых линий и родственных групп хряков и плана селекционно-племенной работы с белорусской мясной породой свиней на 1997–2005 гг.

В соответствии с задачами исследований изучалось качество спермопродукции у хряков белорусской мясной породы. Результаты

Таблица 1. **Схема опыта**

Линии	n	Изучаемые показатели
Забой	24	Качество спермопродукции (объем эякулята, мл; густота и подвижность, баллов; концентрация млн/мл.; количество спермиев в эякуляте, млрд; выживаемость спермиев, час.; количество эякулятов). Откормочные качества (возраст достижения 100 кг, дней; среднесуточный прирост, г; затраты корма на 1 кг прироста, к.ед.) Мясо-сальные качества (убойный выход, %; длина туши, см.; толщина шпика, мм.; площадь «мышечного глазка» см^2 ; масса окорока, кг).
Звон	44	
Залет	39	
Зенит	37	
Зубр	13	
Зевс	36	
Заслон	44	
Залп	12	
Зонт	12	

исследований свидетельствуют (*табл. 2*), что хряки белорусской мясной породы отличаются высокими показателями качества спермы. При сравнительно небольшом объеме эякулята у большинства особей выявлена высокая концентрация, подвижность и выживаемость спермиев. Разница в количестве эякулятов, полученных за год от одного хряка-производителя, объясняется кратностью использования хряков согласно планам подбора хряков и маток.

Практикой племенной работы и многочисленными опытами установлено, что уровень целого ряда хозяйственно-полезных признаков, таких как многоплодие, крупноплодность, количество сосков у свиноматок, находится в прямой зависимости от величины животных, их живой массы, а точнее, от длины их туловища, связанной с обхватом груди.

Анализ показателей развития свидетельствует, что созданный массив взрослых хряков представлен крупными и развитыми животными, которые соответствуют модели животных мясного направления продуктивности.

На Заднепровской КИСС проведена оценка хряков и маток методом контрольного откорма по 261 потомку. Полученные результаты (*табл.* 3) свидетельствуют, что в условиях станции контрольного откорма селекционно-гибридного центра возраст достижения живой массы 100 кг, среднесуточный прирост и расход корма на 1 кг прироста составили в среднем 186 дней, 723 г и 3,5 к.ед. соответственно. Потомки трех линий Зубра, Зенита и Залпа достигли живой массы 100 кг за 180–182 дня при среднесуточных приростах 751–759 г и расход корма у них составил 3,36–3,38 к.ед. на 1 кг прироста.

Следует отметить, что выявлено большое количество высокопродуктивных животных. У потомков лучших сочетаний возраст достижения живой массы 100 кг, среднесуточный прирост и расход корма на 1 кг прироста составили в среднем 181 день, 759 г и 3,35 к.ед. соответственно.

По возрасту достижения живой массы 100 кг и среднесуточному приросту молодняк трех линий: Заслона 305, Зевса 743 и Зенита 72159 достигли живой массы 100 кг за 180–181 день при среднесуточных приростах 764–765 г.

При изучении мясо-сальных качеств животных белорусской мясной породы по линиям выявлено, что показатели этих признаков соответствуют требованиям целевого стандарта породы (*табл.* 4).

Самые длинные туши (99,3–99,9 см) имели потомки шести линий: Залета 1937, Зенита 72159, Залпа 4447, Зевса 743 и Зубра 3423; превосходство целевого стандарта по этому признаку у них составляло 4,3–4,9 см, или 4,5–5,2 % (P<0,01).

Среди изучаемых линий тонким шпиком выгодно отличались потомки Залпа 4447, Зевса 743, Зенита 72159, которые превосходили целевой стандарт по этому показателю на 0,3–1,2 мм, или 1,2–3,9 %.

У потомков линий Забоя 7869 и Залпа 4447 показатель массы окорока оказался выше целевого стандарта на 0,1 кг, или 0,9 %, у животных остальных линий этот показатель не достиг этих требований, но приближался к ним. В связи с этим последующая селекционная работа должна быть направлена на дальнейшее совершенствование этого признака, особенно в линиях Звона 2043 и Зубра 3423.

Таблица 2. **Оценка линий хряков белорусской мясной породы по средним данным на станции искусственного осеменения СГЦ «Заднепровский»**

Кличка	Объем эякулята, мл	Густ. и подвиж балл	Концентрация, млн/ мл	Кол-во спермиев в эякуляте, млрд.	Выживаемость сперм., час	Кол-во эякулятов
Забой	160	Г - 9	346	49,8	192	18
Звон	199	Г - 9	350	62,7	192	43
Залет	292	Г - 9	337	88,6	192	53
Зенит	219	Г - 9	348	68,6	192	41
Зубр	190	Г - 9	349	59,7	185	54
Зевс	187	Г - 9	375	63,1	215	43
Заслон	304	Г - 9	312	85,4	208	55
Залп	265	Г - 9	343	81,8	257	52
Зонт	183	Г - 9	356	58,6	183	33

Таблица 3. **Откормочные качества молодняка белорусской мясной породы по линиям**

Линии	n	Возраст достижения 100 кг, дней	Среднесуточный прирост, г	Затраты корма на 1 кг прироста, к.ед.
Заслон 305	44	189,2±1,1	705±8,0	3,6±0,04
Звон 2043	44	188,1±1,1	710±8,3	3,53±0,0
Залет 1937	39	184,7±0,6	734±4,0	3,43±0,0
Зенит 72159	37	182,1±0,3	751±3,1	3,38±0,0
Зевс 743	36	183,1±0,4	744±3,1	3,39±0,0
Забой 7869	24	196,0±0,7	641±0,9	3,94±0,0
Залп 4447	12	182,3±0,3	754±3,0	3,36±0,0
Зубр 3423	13	180,8±0,4	759±0,9	3,37±0,1
В среднем	*261*	*186,0±0,4*	*723±2,9*	*3,5±0,0*

Таблица 4. **Мясо-сальные качества молодняка белорусской мясной породы по линиям**

Линии	n	Убойный выход, %	Длина туши, см	Толщина шпика, мм	Площадь "мышечного глазка", см^2	Масса окорока, кг
Заслон 305	44	69,5±0,1	98,8±0,1	25,8±0,2	34,1±0,2	11,1±0,0
Звон 2043	44	69,1±0,1	99,3±0,1	24,2±0,2	35,4±0,2	10,9±0,0
Залет 1937	39	68,9±0,4	99,9±0,1	24,2±0,1	34,1±0,1	11,0±0,0
Зенит 72159	37	69,2±0,2	99,6±0,1	23,8±0,1	34,8±0,1	11,1±0,0
Зевс 743	36	69,1±0,0	99,5±0,1	23,7±0,1	36,4±0,3	11,1±0,0
Забой 7869	24	71,9±0,3	95,7±0,0	26,9±0,2	35,0±0,3	11,3±0,0
Залп 4447	12	69,7±0,0	99,6±0,0	22,8±0,1	35,9±0,1	11,3±0,0
Зубр 3423	13	69,7±0,1	99,4±0,1	25,6±0,1	35,4±0,1	10,9±0,0
В среднем	*261*	*69,5±0,1*	*99,1±0,1*	*24,5±0,1*	*35,3±0,1*	*11,0±0,0*
Целевой стандарт		-	*95*	*24-25*	*35,0*	*11,2*

Величина убойного выхода туш в среднем по всем откормленным потомкам, а также в лучших сочетаниях оказалась достаточно высокой во всех линиях. Лучшие показатели этого признака (69,7–71,9%) имели потомки линий Зенита 72159, Залпа 4447 и Зубра 3423.

Таким образом, можно сделать заключение, что дальнейшая селекционная работа, направленная на улучшение мясо-сальных качеств в генеалогических линиях при откорме до 100 кг может привести к снижению толщины шпика над 6–7-м грудными позвонками, увеличению площади «мышечного глазка», некоторому увеличению длины туши и массы окорока в отдельных линиях путем отбора, а для улучшения этих признаков по породе необходимо использовать прилитие крови свиней импортной мясной породы ландрас. Ранее проведенные опыты по этому вопросу свидетельствуют об эффективности этого приема.

© ГГАУ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СВИНИНЫ В СПК «ОБУХОВО»

***Д. В. РУДЕНКО*, Д. В. РУДЕНКО**

The article is about measures of pork production increasing at SPK «Obuhovo» of Grodno region. There are different ways of pork production increasing at this enterprise. These measures can bring additional 5790 tons of pork for 814 mln. rubles and make cost lower for 141 mln. rubles. The profitable of production will be increased from 32,7 to 47,2 %

Ключевые слова: свиноводство, эффективность, производство, себестоимость, поголовье

Сегодня, когда в мире наблюдается значительный рост численности населения, особое внимание уделяется обеспечению человечества полноценными продуктами питания. В структуре потребления продуктов питания человеком важную роль играют мясо и мясные продукты. Ведущее место среди потребляемых мясных продуктов в последнее время в мире принадлежит свинине, а отрасль свиноводства является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей не только животноводства, но и в целом сельского хозяйства. В Республике Беларусь свиноводство - одна из самых значимых отраслей животноводства.

Объектом исследования научной работы является сельскохозяйственное предприятие СПК «Обухово» Гродненского района. Целью работы явилась оценка и анализ эффективности производства свинины на примере данного хозяйства и предложение конкретных мер по совершенствованию производства данной продукции. При изучении данной проблемы использовались данные годовых отчетов хозяйства за 1991 – 2003 гг., бизнес плана на 2004 г., производственно-экономического паспорта, а также данные оперативного учета; использована экономическая и технологическая литература по исследуемой теме, статистические сборники.

СПК «Обухово» Гродненского района является современным сельскохозяйственным предприятием, специализирующимся в мясомолочном направлении с развитым свеклосеянием. Поголовье свиней сосредоточено на свинокомплексе с расчетной мощностью 24 тыс. свиней в год, в основу производственного процесса положена цеховая структура, с непрерывной поточной системой воспроизводства стада, что позволяет получать свыше 37 тыс. поросят в год.

Можно отметить, что в целом производство свинины в хозяйстве находится на достаточно высоком уровне. Но, несмотря на это, в результате исследований выявлены внутрихозяйственные резервы увеличения производства свинины, повышения рентабельности отрасли, а также предложена система мероприятий по освоению выявленных резервов и прогнозных показателей которые могут быть внедрены в производство.

Необходимо увеличить среднегодовое поголовье свиней до планового уровня, что позволит дополнительно получить за год 1073,7 ц свинины. Требуется создать лабораторию для проверки качест-

ва производимых комбикормов. Данная мера позволит снизить падеж животных. Оснастить все помещения системами регулирования микроклимата, новыми экономичными системами вентиляции и обогрева животных – это позволят снизить падеж и гибель животных, что в свою очередь позволит получить дополнительно 3040,5 ц валовой продукции свиноводства. Увеличение в породном составе стада свиней, доли крупной белой породы на 6 %, как наиболее продуктивной, за счет пополнения основного стада свиней хряками и свиноматками данной породы, позволит увеличить выход свинины на 32,2 ц. Также необходимо осуществить комплекс мер по реконструкции системы раздачи кормов.

Таким образом, данные предложения по совершенствованию организации производства свинины позволят получить дополнительно 5790 т продукции на сумму 814,65 млн. руб., а также снизить себестоимость на 141 млн. руб. При этом уровень рентабельности производства свинины повысится с 32,7 до 47,2 %.

© ГГАУ

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

***Р. В. ХИЛЬМОН*, В. И. ВЫСОКОМОРНЫЙ**

The article is about measures of vegetable production increasing in Republic of Belarus. The are different ways of vegetable production increasing in Belarus. These measures can bring 1,7–1,8 mln. tons of vegetables

Ключевые слова: овощеводство, эффективность, урожайность, себестоимость

Создание условий социально–экономической стабильности в обществе предполагает необходимость формирования достаточных объемов и рациональной структуры продовольственных ресурсов. Важная роль в решении этой задачи принадлежит круглогодовому обеспечению населения высококачественной и разнообразной овощной продукцией в соответствии с физиологически обоснованными нормами (в Республике Беларусь – 126 кг на душу населения в год).

Тенденция развития мирового сельского хозяйства показывает, что производство овощей и бахчевых культур, а также плодов возрастает (за последние 10 лет валовые сборы увеличились на 43%). Не осталась в стороне от общей тенденции и Беларусь.

Овощные культуры во всех категориях хозяйств занимают в республике 99 тыс. га (в 2003 г.). Средняя урожайность составляет 202 ц/га.

Тенденции развития отрасли овощеводства в Республике Беларусь – это рост посевных площадей, урожайность и соответственно валового сбора продукции. Оптимальный валовой сбор для страны составляет 1,7 млн. тонн. Экономически целесообразный объем производства овощей в 2005–2010 гг. – 1850 тыс. тонн. Импорт не должен превышать экспорт и составлять 200 – 250 тыс. тонн.

Рассмотрим основные показатели экономической эффективности производства овощей открытого грунта. Одним из важных показателей является валовой сбор. На него большое влияние оказывает структура посевных площадей. Чем больше доля высокоурожайных культур в общей посевной площади, тем выше при прочих равных условиях валовой выход продукции и наоборот.

Небольшие посевные площади сдерживают процесс интенсификации, затрудняют внедрение севооборотов, эффективное применение орошения, средств химизации и механизации, рациональную организацию труда. Уровень концентрации овощей в большинстве хозяйств остается очень низким, а между тем наилучших результатов добиваются хозяйства с площадью посевов 300 га и более.

Эффективность овощеводства во многом зависит от показателя урожайности культур. Важность урожайности как экономического показателя в том, что она отражает степень и эффективность использования земли, во многом определяет величину других важных показателей эффективности.

Определим основные пути повышения эффективности производства овощей в Беларуси:

- увеличение посевных площадей овощей открытого грунта в общественном секторе;
- комплексная механизация всех этапов производства овощей;
- углубление специализации и концентраций производства;
- применение интегрированной системы борьбы с сорняками, вредителями и болезнями;
- выращивание овощей на узко профильных грядах и гребнях;
- дальнейшее развитие селекции в направлении создания гибридов.

Только в случае комплексного осуществления всех этих мер можно будет поставить отрасль овощеводства на качественно новую – промышленную – основу.

Медицина

©БрГУ

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, БОЛЬНЫХ СКОЛИОЗОМ

***О. М. БАГНОВЕЦ*, А. Н. ГЕРАСЕВИЧ**

The paper is devoted to definition of age features of the parameters describing a condition of nervous system and the nervous-muscular device at children with a scoliosis of the younger school age. Age parameters of static endurance of the back muscles and the muscles of an abdominal tension, parameters of the tepping-test and results of accuracy of reaction to the moving object are determined in comparison with healthy schoolboys. The received results define more precisely parameters of the functional condition of nervous system and the nervous-muscular device at schoolboys with a scoliosis and allow to bring on their basis updatings in process of the rehabilitation

Ключевые слова: сколиоз, статическая выносливость мышц, теппинг-тест, реакция на движущийся объект

Для детей с боковым искривлением позвоночника весьма важным является состояние мышц, обеспечивающих его устойчивое и симметричное положение [1]. Деятельность скелетных мышц находится под непосредственным контролем нервной системы (НС). В связи с этим текущий контроль за функциональным состоянием НС и нервно-мышечного аппарата (НМА) имеет первостепенное значение [2]. Целью работы было определение возрастных изменений показателей функционального состояния НС и НМА у детей со сколиозом младшего школьного возраста, учащихся 1–5-х классов.

Исследования проводили в Брестской государственной санаторной школе-интернате для детей со сколиозом (n = 184) и в СШ №7 г. Бреста (n = 234). В работе производили оценку статической выносливости мышц спины и мышц брюшного пресса, определение параметров теппинг-теста и точности реакции на движущийся объект (РДО). Статистическую обработку результатов выполняли с использованием t-критерия Стьюдента.

В результате проведенного исследования обнаружено, что:

1. У девочек, больных сколиозом с возрастом (1–5-е классы) наблюдается менее значительный рост результатов статической выносливости мышц спины. Кроме того, изменяется соотношение результатов здоровых и больных сколиозом девочек: во 2-м классе больные сколиозом девочки имеют достоверно более, а в 5-м – менее высокие результаты.
2. С возрастом (1–5-е классы) у здоровых и больных сколиозом девочек наблюдается рост показателей статической выносливости мышц брюшного пресса. Вместе с тем, к 3-му классу результаты девочек со сколиозом достоверно ниже, чем у здоровых. В 4-м и 5-м классах такая тенденция сохраняется.
3. Различия по параметрам РДО между мальчиками и девочками в группе здоровых и больных сколиозом детей наблюдаются во 2-м и 3-м классах. Девочки имеют худший диапазон результатов по модулю, которые в большей степени проявляются по компоненту запаздывания. Достоверные различия, характерные для группы здоровых детей, практически отсутствуют в группе детей со сколиозом.
4. Максимальные результаты теппинг-теста у девочек со сколиозом, учащихся 1–3-х классов, не отличаются от результатов здоровых девочек. Однако к концу теста девочки со сколиозом проявляют достоверное снижение лабильности нервно-мышечного аппарата кисти. С возрастом у девочек со сколиозом наблюдается ухудшение стабильности результатов.

Литература

1. *Ильясевич И.А.* Стимуляционная электромиография мышц туловища у детей и характеристика эффекта электроимпульсной коррекции искривления позвоночника: Автореф. дисс. … канд.мед.наук. Минск. 1984. 20 с.
2. *Шалатонина О.И.* Электродиагностика и электростимуляция мышц туловища у детей, больных сколиозом. Минск. 1991. 20 с.

©ВГМУ

КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ С ПСИХОГЕННЫМИ ДЕПРЕССИВНЫМИ РАССТРОЙСТВАМИ

***К. И. БОРОДЫНКИН,* В. А. ЖЕБЕНТЯЕВ**

The biochemical factors influencing clinical picture and prognosis of psycogenic depressions (products of lipid peroxydation, NO degradation products and antioxidant activity of blood serum) were studied. The psycogenic depressive disorders from a range of adjustment disorders and depressive episodes have activated lipid peroxydation, which with more expressed symptoms (depressive episode) result in decreasing of antioxidant activity of blood serum and also of NO degradation products concentration. The more expressed clinical picture of depression corresponds with more expressed level of personality disorders

Ключевые слова: психогенная депрессия, перекисное окисление липидов, антиоксидантная активность, оксид азота

Особую актуальность в настоящее время приобретает комплексное клинико-патогенетическое исследование закономерностей динамики, особенностей диагностики и терапии психогенных депрессий, что обусловлено не только их все возрастающей распространенностью, но и увеличением многообразия клинических форм. Целью настоящей работы явилось исследование концентрации продуктов ПОЛ, оксида азота и антиоксидантной активности сыворотки крови у пациентов с психогенными депрессиями по сравнению со здоровыми людьми.

Работа была проведена на базе Витебской областной клинической психиатрической больницы, центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) и центра психофизиологической адаптации клиники Витебского государственного медицинского университета. Объектом исследования были выбраны 54 пациента зрелого возраста, впервые обратившиеся за психиатрической помощью, с клинической картиной психогенной депрессии. В контрольную группу вошли 42 здоровых испытуемых.

Для поставленной цели использовались: клинико-психопатологический метод, шкала депрессии Гамильтона, тест СМИЛ, опросник Олдхэма-Морриса, проводилось определение малонового диальдегида (МДА), суммарной антиоксидантной активности (АОА) сыворотки крови, определение суммарного содержания нитратов и нитритов в сыворотке крови, статистические методы.

При клиническом анализе все случаи психогенной депрессии были систематизированы типологически в три группы: депрессивные реакции в рамках диагноза расстройство адаптации, субсиндромальные симптоматические депрессии, депрессивные эпизоды (легкой и умеренной степени).

При психогенных депрессивных расстройствах в рамках расстройств адаптации и депрессивного эпизода наблюдается активация процессов ПОЛ с активным расходованием эндогенных и экзогенных антиоксидантов, приводящим при более выраженной симптоматике (депрессивный эпизод) к снижению антиоксидантной активности сыворотки крови, а также снижение концентрации продуктов деградации оксида азота.

При расстройствах в рамках субсиндромальных симптоматических депрессий не обнаружено статистически значимых отличий по изучаемым биохимическим показателям по сравнению с контрольной группой. При данных расстройствах наступает патологическая адаптация к стрессовому фактору с формированием стабильной маловыраженной симптоматики, встраивающейся в структуру личности (патологическое развитие личности).

© ВГМУ

ПРОФИЛАКТИКА В УСЛОВИЯХ РЫНКА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ УСЛУГ

***А. В. ГЛУШАНКО, А. К. ШЕЛКОВА*, А. В. ПЛИШ, Т. Л. ПЕТРИЩЕ**

According to the historical and statistical analysis of dental care development, the stomatological conditions of population were studied. Methodical ways and approaches in the prevention of stomatological diseases, in estimation of quality and economical effectiveness of stomatological care aid were worked out. The comparative analysis of stomatological status of medical students and employees of Y.S.C. «Keramika» was carriend out.

Ключевые слова: профилактика, стоматология, медицинские технологии, экономика, эффект

Реформирование системы здравоохранения сопровождается формированием маркетинговых отношений в медицине и фармации. С развитием рынка медицинских и фармацевтических услуг в обществе все большее практическое значение приобретает концепция социальной ориентации медицинских программ. Среди них профилактика, в том числе профилактика стоматологической патологии, занимает центральное место. В этом контексте особый интерес для системы здравоохранения представляет изучение соотношения между факторами, влияющими на общественное здоровье и ресурсами практической стоматологии, определяющими реальные возможности организаций здравоохранения [8, 11, 15].

Дефицит бюджетного финансирования отрасли не может обеспечить население достаточным объемом бесплатных стоматологических услуг на мировом качественном уровне. При этом нет дифференцированного подхода к оплате труда медицинских работников и реальной мотивации для рационального использования финансовых ресурсов. В то же время материальный достаток жизни наших граждан не позволяет перейти на повсеместное использование исключительно платных стоматологических услуг.

Одной из важнейших задач в улучшении состояния стоматологического здоровья является обеспечение населения качественной медицинской помощью [2]. Мы считаем, что именно качество будет определять в дальнейшем не только уровень стоматологического здоровья пациента, но и здоровье всего организма в целом, ведь факт влияния состояния здоровья зубов на развитие системной патологии на сегодняшний день доказан и остается неоспоримым.

Процесс преодоления обозначенных проблем начинается с принятия медико-организационных и управленческих решений, базирующихся на адекватной оценке качества оказанной помощи, включающей в себя такие понятия, как своевременность, достаточный объем и оптимальность. Использование адекватных методов оценки качества и эффективности МТ – основа повышения их результативности, а, следовательно, и улучшения состояния стоматологического здоровья и качества жизни населения республики [2,3, 4, 12, 16]. А стоматологическое здоровье населения невозможно без активного проведения профилактических мероприятий [11].

Целью нашей работы является изыскание медико-организационных подходов, позволяющих охарактеризовать объем, качество и условия реализации МТ в стоматологии в соответствии с принципами и концепциями современной медицины и определение основных путей снижения стоматологической заболеваемости.

Достижение поставленной цели может быть реализовано посредством решения следующих задач: 1) изучить исторические аспекты развития стоматологической помощи; 2) дать характеристику стоматологической заболеваемости в Республики Беларусь; 3) сравнить стоматологический статус студентов и рабочих ОАО «Керамика»; 4) выявить основные факторы риска и оценить их влияние на развитие стоматологических заболеваний; 5) определить технологические подходы к оценке уровня организации стоматологической помощи населения; 6) представить экономическую эффективность МТ в процессе управления качеством стоматологической помощи; 7) на основе системного анализа разработать пути снижения стоматологических заболеваний.

В процессе работы были использованы статистический, логический, социально-гигиенический, историко-аналитический и социологический методы исследования. В качестве методологии исследования использовать системный анализ, т.е. необходимо рассмотреть профилактику стоматологических заболеваний как целостную открытую систему с многокомпонентными, взаимосвязанными, внутренними и внешними характеристиками. Универсальность предлагаемого подхода позволяет не только оценивать эффективность реализованных МТ, но и прогнозировать экономическую целесообразность применения тех или иных профилактических мероприятий, найти, научно обосновать и применить наиболее оптимальные модели медицинской помощи (МП) в стоматологии.

Исторический анализ позволил нам установить, что в XVIII–XIX вв. были заложены научные основы для успешного развития стоматологии, в том числе профилактического направления. Этому значительно способствовал общий прогресс естественно-научных знаний, улучшение системы подготовки специалистов по зубоврачеванию, создание профессиональных общественных союзов, научные исследования ученых и врачей, выпуск научных монографий, издание специализированных научных периодических изданий и другие факторы [8]. Изучение исторического опыта развития профилактического направления стоматологии, рациональных и эффективных средств и методов лечения, а также форм организации в различных социально-экономических условиях может оказать существенную помощь в разработке стратегии развития профилактического направления в стоматологии, в том числе в условиях развития рынка стоматологических услуг.

Республика Беларусь входит в единую цепь всемирного здравоохранения, разделяет принципы и методы работы Всемирной Организация Здравоохранения (ВОЗ), придерживается тех же целей, что и страны, входящие в ее состав. Соответственно мы должны стремиться к целям, обозначенным ВОЗ по состоянию стоматологического здоровья [11, 15].

Установлено, что для достижения глобальных целей ВОЗ в Республике Беларусь необходимо приложить значительные усилия, как со стороны здравоохранения, так и каждого жителя страны, чтобы устранить негативные тенденции в состоянии стоматологического здоровья: рост количества стоматологических заболеваний, прежде всего кариеса и болезней периодонта и др. Решение этой проблемы актуально и затрагивает не только медицинские, но и экономические аспекты. Несомненно, что в соответствии с ростом стоматологической заболеваемости увеличиваются и расходы на лечение. Это обусловлено использованием большего количества стоматологического материала и необходимостью использования дорогостоящего зубопротезирования. В случае возникновения осложнений стоматологических заболеваний расходы на лечения увеличиваются в еще большей степени. Стоимость лечения одного зуба в Республике Беларусь значительно больше, чем затраты на профилактику возникновения стоматологических заболеваний. Поэтому в условиях значительного дефицита ресурсов здравоохранения вопросы профилактики звучат сегодня наиболее остро. Следовательно, профилактика в стоматологии в условиях рынка стоматологических услуг становится базисом в реализации ресурсосберегающих технологий в масштабах всего государства.

Нами были проанализированы данные официального статистического сборника «Здравоохранение в Республике Беларусь» [6], относящиеся к периоду 1990–2001 г. Мы изучили особенности динамики

первичных обращений к стоматологам, процентной доли нуждающихся в санации и санированных из числа осмотренных за указанный промежуток времени, а также динамику основных показателей, характеризующих ресурсы системы здравоохранения и их использование [6, 13].

Исходя из особенностей динамики вышеперечисленных показателей, ключевую роль в предупреждении стоматологических болезней должны выполнять регулярные профосмотры. Тем более что на практике уже получены конкретные результаты. Так, внедрение программы профилактики болезней периодонта привело к снижению их распространенности в среднем на 75 % [15]. Соответственно, значительно снизились и расходы на лечение этих заболеваний. Значительным снижением распространенности стоматологических заболеванием объясняется высокая экономическая эффективность профилактических мероприятий. Следовательно, реализация программ профилактики (особенно первичной) будет способствовать решению многих проблем, как в современной стоматологии, так и в государстве. Поэтому в Республике Беларусь профилактическое направление в стоматологии начинает широко внедряться в практику [11].

Характеристика стоматологической заболеваемости легла в основу планирования и проведения профилактических мероприятий. Например, в настоящее время уже функционирует Национальная программа профилактики кариеса зубов и болезней периодонта. Она была разработана с учетом рекомендаций ВОЗ и конкретной ситуации в республике и утверждена приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 375 от 30 сентября 1998 г. Подтверждением результативности программы профилактики является снижение процента лиц, нуждавшихся в санации в 2001 году по сравнению с 1997 годом. Согласно данным официальной статистики, этот показатель снизился от 56,0 % до 53,5 % за указанный промежуток времени. Кроме того КПУ у 12-летних детей снизился до 3,0 [11, 15].

Мы также провели сравнительный анализ стоматологического статуса студентов III курса стоматологического факультета Витебского государственного медицинского университета (ВГМУ) и рабочих ОАО «Керамика» г. Витебска аналогичных возрастных групп [10]. Проанализированы 83 амбулаторные карты стоматологического здоровья (ф. № 043/у-98). Установлено что, среднее значение показателя интенсивности кариеса одинаково высоко как среди студентов (6,42), так и среди рабочих (7,96).Среднее значение показателей гигиенических индексов OHI-S у студентов составило 0,46 – 0,53, что соответствует хорошей гигиене полости рта. У рабочих отмечается средняя и высокая оценка показателя OHI-S 0,94 – 2,16. Это соответствует удовлетворительной и неудовлетворительной оценке гигиены полости рта. Среднее значение показателей периодонтальных индексов КПИ у студентов составило 0,61 – 0,62 (риск к заболеванию), у рабочих, занятых в производстве строительной керамики 1,73 – 2,32.

Анализ результатов свидетельствует о том, что наблюдается взаимосвязь между состоянием тканей периодонта и уровнем гигиены полости рта. На наш взгляд, низкий уровень интенсивности болезней периодонта у студентов обусловлен хорошей гигиеной полости рта, что объясняется достаточно высоким уровнем стоматологического просвещения и умением применить на практике теоретические знания, полученные студентами в течение первых двух лет обучения в университете.

Мы проанализировали научные работы, посвященные изучению воздействия неблагоприятных факторов производственной среды на состояние здоровья полости рта работающих для определения спектра профилактических мероприятий по снижению стоматологической заболеваемости [1]. В связи с этим рассмотрены следующие вопросы: 1) определение профессиональных факторов риска развития стоматологической патологии в процессе производственной деятельности людей; 2) прогнозирование влияния вредных веществ, выделяющихся в процессе производства на состояние полости рта работающих; 3) разработка профилактических мероприятий, направленных на снижение стоматологической заболеваемости.

В этой части исследования был использованы методы клинического наблюдения, морфологический, математико-статистический и др. Результаты социального анкетирования показали, что у 80% опрошенных отмечалось ухудшение состояния полости рта за годы работы на предприятиях, что также явилось одним из аргументов к проведению данного исследования.

Нами проанализированы научные работы, посвященные морфологическому исследованию тканей и органов полости рта при воздействии неблагоприятных факторов производственной среды [1]. Исследования проведены у рабочих 14 крупных предприятий различных отраслей промышленности. Анализировалось воздействие на человека профессиональных вредностей, таких как алюминий, сернистый газ, ароматические углеводороды, фенол и др. Полученные результаты показали, что сочетанное воздействие производственных факторов достоверно статистически увеличивает частоту основных стоматологических болезней. В структуре стоматологической заболеваемости характерным являлась высокая распространенность некариозных поражений твердых тканей зубов. Профессиональные вредности различных производств обусловливают высокую частоту заболеваний периодонта.

Представленный материал обосновывает необходимость проведения общеоздоровительных мероприятий на всех исследованных производствах. В том числе своевременное выявление и лечение сопутствующих общих заболеваний; оздоровление в санаториях и профилакториях; профилактическая витаминизация с применением витамина С, B_1, А, микроэлементов. Обязательной частью является стоматологическое просвещение в комплексе с мероприятиями индивидуальной и профессиональной гигиены, демонстрацией способов эффективной очистки зубов и использование паст, обладающих наименьшей абразивностью, санацией полости рта и протезированием [1, 15].

Несомненно, что особенности стоматологической заболеваемости у различных контингентов населения требуют применения различных МТ. Поэтому для получения максимальной результативности в практической стоматологии необходимо не только дать характеристику показателям общественного здоровья и ресурсам здравоохранения, но и определить медико-организационные резервы повышения качества и эффективности МТ [12].

Для проведения исследований в этом направлении нами разработана триединая модель оценки качества и эффективности МТ, применяемых в стоматологии [14, 15]. Модель состоит из следующих частей: 1) информационный банк базовых данных; 2) информационно-методический банк данных экспертной оценки качества стоматологической помощи; 3) банк данных опроса пациентов. Особенностью ее является то, что исходные получаемые данные подлежат одновременно объективной и субъективной оценке.

Первая осуществляется экспертным путем, вторая – в результате анкетного опроса пациентов. Затем осуществляется их сводка в единый блок информации [14, 15].

Создавая представленную модель, мы пытались адаптировать ее под условия применение самых разнообразных МТ, имеющих максимальную результативность. При выборе наилучших среди них поможет использование адекватной системы оценки качества и эффективности.

Применение разработанной нами модели позволит достоверно оценивать качество и эффективность технологий, применяемых в стоматологии, определять возможные пути улучшения оказания стоматологической помощи, а также реализовывать эффективные способы профилактики стоматологических заболеваний.

На наш взгляд исследование было бы не завершено без рассмотрения экономических аспектов профилактики, которые нельзя рассматривать без экономической эффективности применяемых на практике МТ [2, 3, 4, 5, 7, 16]. Разработка этого направления обеспечит эффективное реформирование и реструктуризацию здравоохранения, успешность выполнения территориальных программ медицинского обслуживания населения, высокий уровень качества и доступности МП в стоматологии.

Поскольку наше, исследование посвящено профилактической стоматологии, то и вопросы ее экономической эффективности мы рассматриваем как эффективность комплекса государственных и индивидуальных мероприятий, направленных на предупреждение и сохранение здоровья человека.

В настоящее время существует достаточный выбор методов, позволяющих рассчитать экономическую эффективность применения МТ [4, 5]. Это – анализ минимизации стоимости; анализ эффективности затрат; стоимостно-утилитарный анализ; стоимостной анализ прибыли; анализ стоимости болезни [4, 5, 7, 16]. Названные методы используются в зависимости от поставленных целей и задач исследования. В соответствии с этим могут быть оценены различные уровни эффективности. Например, могут быть оценены различные уровни эффективности. Э. Н. Калугина и И. И. Введенская [7] выделяют: макроэкономический уровень эффективности – государственный уровень; мезоэкономический – это уровень отдельной отрасли (системы здравоохранения и т.д.); микроэкономический – уровень отдельного предприятия, учреждения, организации здравоохранения и эффективность трудовой деятельности каждого отдельного медицинского работника. Все эти уровни во многом взаимосвязаны и взаимообусловлены. Между тем, каждый из них имеет свою специфику.

Методологически правильно проведенная оценка экономической эффективности МТ позволяет найти, научно обосновать и применить наиболее оптимальные модели управления здравоохранением в условиях объективного ограничения финансовых возможностей государства и населения. При этом наиболее целесообразен системный подход с одномоментным анализом медицинского, социального и экономического эффектов, внутренних и внешних характеристик [4, 9].

Разрабатывая данное направление, мы установили спектр препятствий, тормозящих внедрение экономических методов управления качеством медицинской помощи в стоматологии. К ним относятся несовершенство методик по оценке экономической эффективности МТ; несоответствие их требованиям достоверности, целенаправленности, целостности и полноте; отсутствие единой системы оценки показателей качества и экономических характеристик медицинских услуг; наличие трудностей учета показателей, не имеющих стоимостного выражения (боль, страдания и др.); неотработанность трактовок полученного положительного результата реализации МТ; разноречивость требований к условиям оказания МП; недостаточная наделенность функций медицинской помощи рыночным содержанием; отсутствие экономических приоритетов в науковедческих технологиях.

С названных позиций практически важно оценить и понять экономическую сущность и преимущество нового, либо усовершенствованного способа профилактической защиты в стоматологии. Анализ и обобщение имеющегося материала стал базисом для проведенных нами исследований. На основе анализа литературных данных [4, 7, 16] разработан алгоритм этих расчетов [9]. Он заключается в определении показателей медицинской эффективности, народнохозяйственного ущерба от одного случая заболевания, общей доли экономии от внедрения нового способа профилактики (НСП) в расчете на одного человека, годовой экономии от внедрения НСП в расчете на объем внедрения, единовременных затрат на разработку и внедрение, годового экономического эффекта от внедрения, коэффициента эффективности затрат на разработку и внедрение предлагаемого способа профилактики.

Применение методики оценки экономической эффективности профилактики стоматологических болезней на практике может стать основой для реализации региональных программ профилактики кариеса зубов и болезней периодонта посредствам обеспечения оперативного управления, текущего контроля, информационного взаимодействия, повышения эффективности стоматологической помощи как в стране в целом, так и в отдельных регионах.

Выводы

1. Профилактика стоматологических заболеваний для Республики Беларусь является приоритетным направлением развития здравоохранения. Первичная профилактика в стоматологии является одним из самых эффективных, доступных и экономически выгодных способов решения проблем современной стоматологии в улучшении здоровья населения.
2. Неотъемлемой частью работы организаций здравоохранения должны стать мероприятия направленные на формирование высокого уровня сознания у населения значимости профилактики в сохранении и улучшении состояния их здоровья. Разъяснение опасности кариеса и его осложнений, дороговизны и сложностей лечения в случае его несвоевременного начала и устранение боязни у пациентов позволят достигнуть определенных результатов в решении данной проблемы.
3. Адекватный выбор МТ является важнейшим фактором, определяющим эффективное использования наиболее перспективных методов профилактики стоматологической патологии. В настоящее время в Республике Беларусь имеются значительные медико-организационные резервы для проведения профилактики стоматологических заболеваний среди населения.
4. Относительно невысокий процент населения, охваченного профосмотрами (12,4 % взрослых и подростков), возможно, связан с рядом объективных (неполная укомплектованность штатов врачей-стоматологов и зубных врачей), а также субъективных (недостаточное понимание населением важности профилактических осмотров, боязнь зубного врача и др.) причин.
5. Воздействие неблагоприятных факторов производственной среды на состояние полости рта работающих значительно увеличивает риск возникновения стоматологических заболеваний, что требует разработки и проведения комплексных профилактических мероприятий и специальных программ, направленных на обеспечение стоматологического благополучия всех групп населения.
6. Оценка и анализ экономической эффективности МТ являются основополагающими звеньями управления качеством МП и представляют собой конкретную унифицированную нормативно-методологическую базу, предназначенную для практического применения и определяющую экономическую целесообразность новых, усовершенствованных и реализованных МТ.
7. Экономическую оценку деятельности врачей-стоматологов, организаций здравоохранения и стоматологической службы в целом, как и качества медицинской помощи в стоматологии, необходимо проводить с помощью адаптированных методик, не противоречащих расчету экономических эквивалентов трудозатрат на выполнение стоматологических мероприятий при их осуществлении, с учетом всех видов работ.
8. Для успешного реформирования здравоохранения и осуществления профилактики стоматологических заболеваний необходимо прежде всего создать высокую мотивацию труда медицинских работников и возможность разработки финансовых стимулов, обеспечивающих конструктивный переход на дифференцированную оплату труда в зависимости от объема, качества и эффективности стоматологической помощи, повышающим медицинскую, социальную и экономическую целесообразность модернизации сети организаций здравоохранения, оказывающих стоматологическую помощь в современных условиях.

Литература

1. *Глушанко А. В.* Влияние неблагоприятных факторов производственной среды на формирование стоматологической заболеваемости // Студенческая медицинская наука XXI века. Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. – Витебск: ВГМУ, 2003. – С. 174–175.
2. *Глушанко А. В., Плиш А. В.* Оценка экономической эффективности медицинских технологий как метод управления качеством медицинской помощи // Студенческая медицинская наука XXI века: Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. – Витебск: ВГМУ, 2003. – С. 164–165.

3. *Глушанко А. В., Плиш А. В., Шелкова А. К.* Оценка экономической эффективности профилактики стоматологических заболеваний // Актуальные вопросы современной медицины и фармации: Материалы конференции студентов и молодых ученых. – Витебск: ВГМУ, 2003. – С. 186 – 188.
4. *Глушанко В. С., Плиш А. В.* Методики расчетов экономической эффективности от внедрения новых медицинских технологий в здравоохранении: Инструкция по применению – Витебск, ВГМУ, 2002. – 40 с.
5. Гиляревский С.Р. Современные принципы анализа экономической эффективности медицинских вмешательств // Экономика здравоохранения. 2001. – № 9. medi.ru
6. Здравоохранение в Республике Беларусь: Офиц. стат. сб. за 2001 г. – Мн.: ГУ РНМБ, 2003. – 356 с.
7. *Калугина Э. Н., Введенская И. И.* Экономика здравоохранения поиск резервов. – Нижний Новгород: Изд-во Бланкоиздат, 1998. – 214 с.
8. *Кац М. С.* Проблема профилактики кариеса на одонтологических съездах // Всесоюзные научные съезды врачей и их значение для практики советского здравоохранения / Под ред. проф. М.И.Барсукова. – Москва, Медгиз. – 1962. – С. 182–193.
9. *Косинец А. Н., Солодков А. П., Глушанко В. С., Плиш А. В.* Методические основы алгоритма оценки экономической эффективности медицинских технологий // 200 лет государственной службе управления здравоохранением Гродненщины: Материалы научно-практической конференции – Гродно, 2002. – С. 68 – 71.
10. *Кривенько А. А., Глушанко А. В.* Сравнительный анализ стоматологического статуса студентов-медиков и рабочих по производству строительной керамики // Студенческая медицинская наука XXI века. Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. – Витебск: ВГМУ, 2003. – С. 105–106.
11. *Леус П. А.* Стоматологическое здоровье населения Республики Беларусь в свете глобальных целей ВОЗ и в сравнении с другими странами Европы // Современная стоматология. – 1997, № 2. – С. 3–12.
12. Методика оценки экономической эффективности профилактики стоматологических болезней / А.В.Глушанко, *А. В. Плиш, А. К. Шелкова, В. С. Глушанко* // Здоровье и образование в XXI веке, Москва 23 – 25 мая 2003 г.: Материалы Четвертой международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – С. 152.
13. *Шелкова А. К., Глушанко А. В.* Динамические особенности организации стоматологической помощи на рубеже веков // Актуальные вопросы современной медицины и фармации: Материалы конференции студентов и молодых ученых. – Витебск: ВГМУ, 2003. – С. 258 – 260.
14. *Шелкова А. К., Глушанко А. В.* Технологические подходы к оценке уровня организации стоматологической помощи населению // Студенческая медицинская наука XXI века. Тезисы докладов III Международной научно-практической конференции. – Витебск: ВГМУ, 2003. – С. 173–174.
15. *Шелкова А. К. Глушанко А. В.* Профилактика как основа современного подхода в предупреждении и лечении стоматологических заболеваний // Здоровье и образование в XXI веке, Москва 23 – 25 мая 2003 г.: Материалы Четвертой международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – С. 685 – 686.
16. *O`Brien B.* Principles of economic evaluation for health care programs // J. Rheumatol. – 1995. – Vol. 22, № 7. – P. 1399–1402.

© БГМУ

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КЛЕТОЧНОГО И ГУМОРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ БЕЛАРУСИ

***А. Р. ЖАБИНСКАЯ*, Д. А. ЧЕРНОШЕЙ**

The present work deals with humoral and cellular immunity of children living on the Belarusian territories, which suffered from radionuclide contamination. In this work peculiar features in the reaction of children immunity exposed to radionuclides Cs-137 is analyzed. The deflections in indexes of T- and B-cellular immunity were revealed, and this requires substantial analysis and further study. The revealed deflections depended on the dose value, general level of health and age

Ключевые слова: иммунитет, ионизирующее излучение, ребенок, радиоцезий, Cs-137

В задачи данного исследования входила оценка количественных и качественных нарушений иммунного статуса у детей, длительно проживающих на загрязненных радионуклидами территориях и особенности функционирования системы иммунитета в отдаленные сроки после аварии.

В процессе работы было исследовано 159 детей из различных населенных пунктов Гомельской и Могилевской областей. Дети были разделены на группы в зависимости от возраста: 1–от 1 года до 5 лет; 2–от 6 до 8; 3 – от 9–11 лет; 4 – от 12–17 лет; состояния здоровья и степени заражения территории радионуклидами цезия: А–<5 Кюри/км^2; В–7–10 Кюри/км^2; С–13–16 Кюри/км^2; D–>16 Кюри/км^2. Состояние гуморального звена иммунитета обследуемых оценивали, определяя в сыворотке крови содержание иммуноглобулинов различных классов методом радиальной иммунодиффузии в геле (по Манчини). Измерение диаметра колец преципитации проводили с помощью линейки Behringwerke. Показатели клеточного иммунитета определяли иммунофенотипированием CD-антигенов лимфоцитов и мононуклеаров периферической крови с использованием моноклональных антител непрямым иммунофлюоресцентным методом с последующим анализом клеток на проточном цитометре Facscan.

В результате работы получены следующие выводы:

1. Здоровые дети, проживающие на загрязненных радионуклидами территориях, характеризуются наличием значительных отличий в показателях клеточного иммунитета – достоверным повышением CD3 (63,6±3,6; 58,2±2,1), CD4 (43,1±2,1), а также индекса супрессии (1,61±0,3).
2. Иммунобиологический эффект ионизирующего излучения характеризуется дозозависимостью, наиболее значимые нарушения у детей наблюдаются при высокой степени загрязнения почвы радиоцезием.

3. Иммунный статус хронически болеющих детей характеризуется достоверным снижением относительного содержания CD3, CD4 (38,1±8,1)-лимфоцитов, дисбалансом иммунорегуляторных субпопуляций CD3/CD4, отклонениями в показателях гуморального иммунитета.
4. Выявлены изменения в содержании иммуноглобулинов у детей в различном возрасте – наибольшие колебания показателей отмечены у детей 4–8 лет.
5. Прослежена динамика изменения уровня иммуноглобулином в разные сроки после аварии. Наблюдается тенденция к снижению уровня иммуноглобулинов, но их содержание все еще остается повышенным.

Литература

1. *Титов Л. П., Харитоник Г. Д., Гурманчук И. Е., Игнатенко С. И.* Продукция иммуноглобулинов у детей в ранний и отдаленный после Чернобыльской аварии периоды; Гомель, 1994. – С.78.
2. *Харитоник Т. Д., Титов Л. П., Гурманчук И. Е, Игнатенко С. И.* Иммунологический мониторинг детей Могилевской области, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях; Минск, 1995 – 42. – С. 111–115.

© ГрГМУ

КОРРЕКЦИЯ ПОВЫШЕННОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В УТРЕННИЕ ЧАСЫ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ ФЕЛОДИПИНОМ И МЕТОПРОЛОЛОМ В АМБУЛАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

О. А. ЖИГАЛЬЦОВА, *И. Р. ЕРШ*

The effective control of abnormally high arterial pressure during the & especially in the morning lowers cardiovascular mobidity & mortality rates in patients with arterial hypertension. The use of the combination of two drugs that influence different systems is accompanied by synergetic effect. The results of this study show that criterion of choice of combined therapy with calcium antagonist Felodipin & beta-adrenoblocker Metoprolol is the ability of these drugs to control arterial pressure in the morning hours

Ключевые слова: гипертензия, комбинированная терапия, фелодипин, метопролол

1. Введение

Эффективный контроль повышенного АД в утренние часы суток уменьшает сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность у больных артериальной гипертензией [1,2]. Целью исследования была оценка эффективности и переносимости комбинированной терапии фелодипином и метопрололом для коррекции АД в утренние часы.

2. Материалы и методы

У 145 больных артериальной гипертензией методом казуальных измерений и суточного мониторирования АД у 27 больных выявлено стойкое повышение АД в утренние часы, в последующем у них определили антигипертензивную эффективность и безопасность комбинированной терапии фелодипином и метопрололом через 8 недель лечения.

3. Результаты исследования

Комбинированная терапия фелодипином и метопрололом дает хороший антигипертензивный эффект утреннего повышения артериального давления у 89 % больных. Фелодипин-ретард и метопролол при двухразовом приеме оказывают действие в течение 24 часов (в период бодрствования, в ночное или раннее утреннее время), что подтверждается достоверным снижением показателей систолического и диастолического АД в эти периоды, зарегистрированным при суточном мониторировании АД. Комбинированная терапия хорошо переносится. У 75,6 % больных побочные эффекты отсутствовали.

4. Заключение

Комбинированная терапия фелодипином и метопрололом утреннего повышения АД показана больным артериальной гипертензией в качестве антигипертензивного средства и средства профилактики сердечно-сосудистых осложнений. Лечение больных артериальной гипертензией в амбулаторных условиях целесообразно проводить под контролем суточного и утреннего мониторирования АД.

Литература

1. *Леонова М. В.*, *Демонова А. В., Малышева Е. А., Белоусов Ю. Б.* Влияние антагонистов кальция длительного действия на суточный профиль АД у больных артериальной гипертензией // Российский кардиологический журнал. – 1999. - №3. – С.45–46.
2. *Bossini A., di Veroli C., Garmano U. et al.* Amlodipine vs nifedepine retard (Evaluation an efficacy and tokerability using ambulatory blood pressure monitoring) // Clin. Drug Invest/ – 1997. – Vol.13 (Suppl. 1). – P. 83–91.

© БГМУ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНДАРТНОЙ ФЛЕБЭКТОМИИ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕН НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

***Г. В. ЖУК*, А. А. БАЕШКО**

The results of examination and surgical treatment 112 patients with varicose disease of lower extremities were adduced. The rate of relapse arranged 43,7 %. On duplex scanning, the main cause is incompetent communicating veins

Ключевые слова: варикозная болезнь, флебэктомия, дуплексное сканирование

В настоящее время остается актуальной проблема хирургического лечения варикозной болезни (ВБ) нижних конечностей, являющейся наиболее частой причиной развития хронической венозной недостаточности [1]. Объясняется это высоким уровнем послеоперационных рецидивов: от 15 до 70% [2]. Цель исследования — выявление причин и определение сроков возникновения рецидива ВБ. Было обследовано 112 больных, которым в период с 1990 по 1995 гг. выполнена комбинированная флебэктомия по стандартной методике без дооперационного ультразвукового исследования вен нижних конечностей. Женщин было 72, мужчин – 40. Выраженные клинические признаки рецидива (стволовой и ретикулярный варикоз, трофические нарушения) выявлены у 49 (43,7%) больных на 55 конечностях. 60,6% оперированных были моложе 45 лет. Для выяснения причин возобновления болезни у 39 пациентов нарушения гемодинамики уточнены с помощью дуплексного сканирования. Почти у половины (45,4%) больных рецидив наступил в течение 2-х лет после операции. Установлено, что наибольшее число случаев (33,3%) составили наблюдения рецидива ВБ, обусловленные несостоятельностью перфорантных вен. Вторая по частоте причина (17,9%) – не удаленные при первой операции добавочные или основные стволы большой и малой подкожных вен. Третья (10,3 %) – оставление длинной культи большой подкожной вены. У 4 больных рецидив был вызван некомпетентностью остиального клапана малой подкожной вены. В одном наблюдении причиной послужила несостоятельность клапанов задней большеберцовой вены. Сочетание же нескольких этиологических факторов, поспособствовавших возврату болезни, установлено у 5 больных. Таким образом, рецидив ВБ выявляется у 43,7% пациентов и почти у половины (45,4%) – в течение 2-х лет после операции. Для улучшения результатов лечения необходимо установление причин и характера гемодинамических нарушений в венах нижних конечностей при помощи их ультразвукового исследования.

Литература

1. *Константинова Г. Д.* Флебология / Г. Д. Константинова – М.: Видар-М, 2000. – 154 с.
2. *Гавриленко А. В.* Диагностика и лечение хронической венозной недостаточности нижних конечностей / А.В. Гавриленко – М.: ГУП, 1999. – 152 с.

©БГМУ

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ БОЛЬНЫХ С ЯВЛЕНИЯМИ НЕПЕРЕНОСИМОСТИ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ

***Е. Л. КОЛБ*, Н. В. ЯЩИКОВСКИЙ**

Data occurring medical on the causes of intolerance to metal dentures have been analyzed. The potential of the metal dentures, sensitivity of the oral mucosa and the rate of gastro-intestinal pathology in patients intolerable to metal restorations in the oral cavity have been studied

Ключевые слова: непереносимость, протез, электропотенциал

Несъемные протезы из сплавов металлов наиболее часто применяются при ортопедическом лечении больных с дефектами зубных рядов. При всей важности зубного протезирования необходимо учитывать, что при его осуществлении в полость рта вводятся и находятся в ней на протяжении длительного времени инородные тела, изготовленные из материалов, не свойственных организму человека[1, с.4]. Под непереносимостью зубных протезов подразумевают комплекс патологических ответных реакций тканей протезного ложа и организма в целом на конструкционные материалы, используемые в стоматологии[2, с.20].

Нами проанализированы результаты наблюдения пациентов, имеющих металлические протезы в полости рта. Всего было осмотрено 138 человек в возрасте от 38 до 64 лет. У всех пациентов выясняли жалобы на жжение, покалывание языка, покалывание губ, сухость во рту, повышенное слюноотделение, металлический привкус во рту, извращение вкуса, горечь во рту. Обследуемые были разделены на две основные группы: в первую группу вошли пациенты без явлений непереносимости зубных протезов – 54 человека (39,1 %); вторую группу составили пациенты с наличием хотя бы одной из выше перечисленных жалоб – 84 человека (60,9 %). Среди пациентов первой группы сопутствующую патологию со стороны желудочно-кишечного тракта имели 9 человек (16,7 %); среди пациентов

второй группы патология со стороны ЖКТ была выявлена у 51 человека (60,7 %). Всем пациентам проводилось исследование электропотенциалов металлических конструкций с помощью милливольтамперметра с внутренним сопротивлением 10 МОм. В качестве электрода сравнения использовался хлорсеребряный электрод со стабильным собственным потенциалом +220 мВ. Средняя максимальная разность электропотенциалов металлических протезов у пациентов первой группы составила 169,94 ± 8,0 (t = 6,8, p > 99,7 %). У пациентов второй группы – 110,89±3,4 (t = 6,8, p > 99,7%), что на 59 мВ ниже несмотря на наличие жалоб у пациентов именно этой группы. Частота встречаемости металлических конструкций с электрохимически активным потенциалом среди пациентов с явлениями непереносимости зубных протезов составила 37,7 %. Кроме того, всем пациентам проводилось исследование чувствительности слизистой оболочки полости рта к электрическому току с использованием аппарата для электроодонтодиагностики. Средний порог чувствительности слизистой оболочки полости рта к электрическому току у пациентов первой группы составил 120,56 ± 24,31мА (t = 3,2, p>99,0 %), у пациентов второй группы – 50,43±18,16мА (t = 3,2, p > 99,0 %), что на 70 мА ниже. Таким образом, учитывая повышенную чувствительность слизистой оболочки полости рта к электрическому току у пациентов с патологией желудочно-кишечного тракта можно предположить, что этот порог снижен и к электрохимическому воздействию металлических зубных протезов, что указывает на необходимость уделять особое внимание выбору материала и конструкции протеза.

Литература

1. *Кириллова Л. А.* Диагностика, профилактика и лечение гальваноза у пациентов с несъёмными металлическими зубными протезами: Автореф. дис. … канд. мед. наук.- Смоленск, 2004. – 16 с.
2. *Никитина Т. В., Тухтобаева М. А.* Биоэлектрические потенциалы в полости рта. – Москва, 1980. – 115 с.

©ГГМУ

ЗАВИСИМОСТЬ ИММУННОГО ОТВЕТА ОРГАНИЗМА НА ВВЕДЕНИЕ СТАФИЛОКОККОВОГО АНАТОКСИНА ОТ HLA-ФЕНОТИПА И ГРУППЫ КРОВИ ПО СИСТЕМЕ АВ0

***Е. В. КОНОПЛЯНИК*, Т. С. УГОЛЬНИК**

Dependence immune answer of organism on introducing of staphylococcus´es anatoxin with HLA -phenotype and blood group (system ABO) was be studied. Strong or light immune answer for different antigens connects with presence of separate HLA -antigens. Antigens HLA -A, B and C locus was determined with complement -dependent lysis of lymphocytes test with using panel of serums by Republic Station of Blood Transfusion. Result of research. People with light immune answer are carrier of HLA - antigens A1, A3, B7, B8 (p < 0,05) and they have blood group B (III). People with strong immune answer are carrier of HLA -antigens A2, B12 (p < 0,05) and they have blood group AB (IV). Purposeful immunization of donors, who was beforehand determined promote economy of time and reducing of immune preparation's cost

Ключевые слова: иммунный ответ, стафилококковый анатоксин, HLA-антигены

Способность организма реагировать на генетически чужеродные вещества в форме иммунного ответа в значительной степени генетически детерминирована [1; 2]. Экспериментальные исследования и клинические наблюдения подтвердили существование особого генетического аппарата, имеющего решающее значение для проявления иммунного ответа. Это главный комплекс гистосовместимости, на разном уровне воздействующий на иммунные процессы [1; 2; 3]. Первым этапом исследований явилось определение HLA-фенотипа, групп крови по системе АВ0 и титра α-стафилолизина у 72 доноров крови. Затем определяли частоту встречаемости HLA-антигенов локусов А, В и С у иммунизированных доноров, среди которых выделено две группы: доноры, активно вырабатывающие антитоксические антитела, титр которых устойчиво сохраняется на высоком уровне (10 МЕ/мл и более) и доноры с низким и кратковременным иммунным ответом (титр антител 8 МЕ/мл и ниже).

Для повышения значимости иммуногенетических признаков проанализировано распределение групп крови системы АВ0 у данных групп обследованных. Антигены HLA – А, В и С-локусов определяли с помощью теста комплементзависимого лизиса лимфоцитов с использованием панели сывороток Республиканской станции переливания крови. Статистическую обработку данных проводили с применением пакета прикладных статистических программ (Statistica 6.0), с использованием непараметрического критерия χ2 [5]. Среди лиц, дающих слабый иммунный ответ, преобладают носители антигенов HLA - A1 (χ^2 = 4,60, p < 0,05), HLA – A3 (χ^2 = 4,19, p < 0,05), B7 (χ^2 = 5,42, p < 0,05), B8 (χ^2 = 9,0, p < 0,01). В группе лиц с высоким титром стафилококковых антител повышена частота встречаемости антигенов HLA –A2 (χ^2 = 4,53, p < 0,05), B12 (χ^2 = 4,19, p < 0,05). По системе АВО у доноров с высокими титрами антитоксических антител преобладает группа АВ (IV) – 10 человек (27,78%, χ^2 = 4,59, p < 0,05) и наблюдается заметное уменьшение числа доноров данной группы крови среди лиц,

имеющих низкий титр антител (8,33%). Среди доноров с низким титром преобладают носители группы В (III) – 33,33%, против 16,67%, – у лиц, имеющих высокие титры (χ^2 = 1,85). Таким образом, результаты исследований противоречат общепризнанному мнению об антигенах А1 и В8 как об активных антителопродуцентах, что может быть объяснено определенными особенностями экологической обстановки в Гомельской области. Полученные данные позволяют избирательно подходить к вопросу иммунизации, предварительно типируя лимфоциты доноров по системе HLA [4].

Литература

1. *Бондаренко А. Л.* HLA и болезни. Киров, 1999. – 194 с.
2. *Коненков В. И.* Медицинская и экологическая иммуногенетика. – СО РАМН, Новосибирск, 1999. – 250 с.
3. *Шабалин В. Н., Серова Л. Д.* Клиническая иммуногематология. – Л.: Медицина, 1988. – 312 с.
4. *Новиков Д. К.* Медицинская иммунология. Витебск, 1999. – С. 62 – 72.
5. *Певницкий Л. А.* Статистическая оценка ассоциаций HLA-антигенов с заболеваниями // Вестник АМН СССР . –1988. – №7. –С. 48 –51.

©ВГМУ

ЭТИОПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СИНДРОМА ЭНТЕРАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ПЕРИТОНИТЕ

В. А. КОСИНЕЦ

Despite of achievements of modern medicine, treatment of a peritonitis remains to one of most challenges of surgery. One of the main reasons of development of a syndrome of intestinal insufficiency is pathological changes of bioenergetic processes in mitochondria of cells of intestines. The purpose of work was definition of role of ATPase activity of microorganisms in occurrence and development of a syndrome of intestinal insufficiency at an experimental peritonitis. The results received by us have shown, that at the experimental widespread purulent peritonitis the structural functional organization of mitochondria is broken: the contents of the common phospholipids is sharply reduced, the amount of the common proteins increases, processes of peroxide oxidation of lipids and antioxidant activity are activated, that is the energy potential of a muscular fabric of a thin gut and heart is reduced. It is consequence not only local inflammatory reaction, but also, it is possible influence on mitochondria of enzyme ATPase as other enzymes of microorganisms do not possess similar action

Ключевые слова: синдром энтеральной недостаточности, АТФаза микроорганизмов

Несмотря на достижения современной медицины, лечение перитонита остается одной из наиболее сложных проблем хирургии. Основной причиной неблагоприятных исходов у больных с распространенным гнойным перитонитом является полиорганная недостаточность. Летальность при распространенном гнойном перитоните колеблется от 10 до 30%, а в случае развития полиорганной недостаточности она достигает 80–90%.

В 100% случаев у больных с распространенным гнойным перитонитом развивается парез кишечника. Одной из главных причин развития синдрома кишечной недостаточности, по-видимому, являются патологические изменения биоэнергетических процессов в митохондриях клеток кишечника. В связи с этим весьма актуально дальнейшее изучение патогенетических нарушений двигательной функции кишечника, что в итоге будет способствовать разработке целенаправленных этиопатогенетических методов лечения.

Цель работы: Определение роли АТФазной активности микроорганизмов в возникновении и развитии синдрома энтеральной недостаточности при экспериментальном перитоните.

Материал и методы исследования: Для реализации поставленной цели и задач нами был разработан метод определения АТФазной активности микроорганизмов. У 7 аэробных и неклостридиальных анаэробных микроорганизмов, основных возбудителей гнойного перитонита, с помощью разработанного нами метода была определена АТФазная активность. У 5 кроликов породы шиншилла (основная группа) с помощью разработанного нами метода был моделирован экспериментальный распространенный гнойный перитонит. Контролем служили 5 здоровых кроликов. У 5 кроликов основной группы из вены уха после 6-ти часового перитонита производили забор крови на наличие бактеремии. У каждого из 10 кроликов после выведения из эксперимента из мышечной ткани сердца и тонкой кишки были получены митохондрии, в которых определено содержание общих фосфолипидов и белков, антиоксидантная активность и индуцированное перекисное окисление липидов.

Результаты полученных исследований: В результате проведенных исследований нами было установлено, что наибольшей АТФазной активностью обладали E.coli, S.aureus и наименьшей – B.fragilis. У всех 5 кроликов с экспериментальным перитонитом в крови была выявлена бактеремия: выделены штаммы микроорганизмов, индуцировавшие перитонит. Таким образом, распространенный гнойный перитонит – это абдоминальный сепсис.

Было изучено содержание общих фосфолипидов и белков, выделенных из митохондрий мышечной ткани тонкой кишки и сердца, у кроликов с распространенным гнойным перитонитом (основная группа) и в контрольной группе. В митохондриях мышечной ткани тонкой кишки, по сравнению с мышечной тканью сердца, имела место выраженная активация индуцированного перекисного окисления липидов. Аналогичная картина наблюдалась и при определении антиоксидантной активности.

Выводы:

1. Наибольшей АТФазной активностью обладают Грам(-) микроорганизмы E.coli, являющиеся одним из основных возбудителей гнойного перитонита.
2. В митохондриях мышечной ткани тонкой кишки при экспериментальном гнойном перитоните отмечается резкое снижение содержания общих фосфолипидов, увеличение общих белков, активация процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной активности.
3. Этиопатогенетическое лечение распространенного гнойного перитонита должно включать мероприятия, направленные на ингибирование АТФазной активности микроорганизмов и увеличение биоэнергетического потенциала мышечной ткани тонкой кишки и сердца.

© ГрГМУ

ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ, СЕРОЛОГИЧЕСКИХ И ДЕРМАТОГЛИФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У БОЛЬНЫХ ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

***С. Н. ЛИТВИНОВИЧ*, С. А. СИДОРОВИЧ, К. М. КОВАЛЕВИЧ**

Anthropometrical, serological and dermatoglyphical parameters at healthy and patients with children's cerebral paralysis (CCP) was established. It was fixed, that CCP patients in comparison with the healthy more often have a blood group A (II), papillary patterns as an arches and bear premature. It indicate inheritable mechanisms of predisposition for CCP and can be used as genetical markers for formation groups of risk

Ключевые слова: детский церебральный паралич, дерматоглифика, группы крови, конституция человека, нервные болезни

1. Введение

Изучению конституции человека в последнее время посвящается все большее количество работ. Это прежде всего связано с запросами практической медицины и повышенным интересом ученых к проблеме здоровья нации. Конституция человека является одним из основных показателей, характеризующих состояние здоровья. Определение конституционального типа имеет большое значение, так как оценивает настоящий статус и позволяет прогнозировать возможность возникновения определенных заболеваний в будущем [1, 2]. Особенности конституции тесно связаны с факторами риска и характеризуются определенными свойствами нервной системы, внутренних органов, метаболизма, предрасположенностью к заболеваниям [3, 4]. Поскольку внешним проявлением наследственной информации являются частные конституции, то можно говорить о наличии комплекса генетических маркеров различного уровня значимости и использовать их при исследовании роли наследственных факторов в развитии различных заболеваний. Маркеры могут быть абсолютными и условными. К абсолютным маркерам относятся серологические факторы (например, эритроцитарные антигены), некоторые признаки дерматоглифики и др., а к условным – соматотип, типы темперамента, высшей нервной деятельности. В настоящее время уже известны генетические маркеры многих заболеваний [5, 6]. Дальнейшее развитие конституциологии заключается в уточнении диагностической значимости отдельных маркерных признаков.

Работа актуальна как с теоретической, так и с практической точки зрения. С теоретической точки зрения – зная особенности индивидуальной конституции человека, можно оценить степень опасности тех или иных эндо- и экзогенных факторов риска и рекомендовать соответствующий оптимальному развитию организма образ жизни исключающий или ослабляющий их [1]. В последние десятилетия появляется все больше сведений о заболеваниях, связанных с определенным типом конституции. В связи с этим особое значение приобретают генетические маркеры, к которым относятся соматотип, дерматоглифика и группы крови. Они позволяют прогнозировать характер начала, развития и исхода заболевания у конкретного человека.

С практической точки зрения ДЦП продолжает оставаться одной из важнейших проблем детской невропатологии как в научно-исследовательском, так и особенно в организационно-практическом, социальном плане. Популяционно-эпидемиологические исследования показывают, что частота церебрального паралича составляет 2 – 2,5 на 1000 населения [7, 8]. Согласно данным ряда авторов [9], в 80% наблюдений поражение мозга, вызывающее церебральный паралич, происходит в периоде

внутриутробного развития плода, а в последующем внутриутробная патология отягощается интранатальной. Тем не менее, до настоящего времени этиология этого заболевания до конца не изучена и нет ясности в вопросе, какие патологические факторы и при каких условиях приводят к развитию ДЦП. Следовательно, можно констатировать только полиэтиологичность ДЦП и необходимость большего внимания к изучению различных маркеров, позволяющих формировать группы риска, что дает наиболее ощутимые результаты лечения, которые могут быть получены только при ранней диагностике.

Исходя из вышесказанного, целью нашего исследования является установление конституциональных особенностей у больных детским церебральным параличом.

Задачи исследования:

- изучить серологические показатели у здоровых и больных ДЦП;
- изучить дерматоглифические показатели у здоровых и больных ДЦП;
- установить конституциональные маркеры ДЦП и определить возможность их использования для формирования групп риска по данной патологии;
- изучить показатель доношенности и акушерский анамнез у лиц, больных ДЦП.

2. Материал и методы исследования

Нами было изучено 106 больных детским церебральным параличом (клиническая группа) в возрасте от 3 до 13 лет.

Контрольная группа (в анамнезе которых только простудные заболевания): по дерматоглифическим показателям – 1472 человека; по группам крови – 518 человек, по антропометрическим показателям – 220 человек. Показатели пальцевой дерматоглифики дуги (A), радиальные петли (R), ульнарные петли (U), двойные петли (S) и завитки (W) изучались методом дерматоскопии.

Принадлежность к группам крови системы АВО устанавливалась реакцией агглютинации со стандартными сыворотками.

Антропометрия производилась по стандартным методикам. Измерялись: вес, рост, ширина плеч, поперечный размер грудной клетки, переднезадний размер грудной клетки, окружность грудной клетки, ширина таза, жировая складка на спине, диаметр запястья.

Статистическая обработка осуществлялась при помощи пакета Statistica5.5.

3. Результаты исследования

Распределение групп крови системы АВО у здоровых и больных ДЦП представлено в таблице.

Из таблицы видно, что группа крови А(II) у больных ДЦП встречается в полтора раза чаще по сравнению со здоровыми.

При анализе распределения частоты встречаемости показателей дерматоглифики на каждом пальце у здоровых и больных ДЦП было установлено, что наибольшие различия имеются на втором и пятом пальцах обеих рук. Оказалось, что частота встречаемости дуг на втором пальце правой и левой руки у больных ДЦП в два раза превышает аналогичные данные у здоровых ($p < 0,01$), а радиальные петли на третьем пальце и дуги на четвертом пальце правой руки встречаются у больных ДЦП в 3 раза чаще ($p < 0,05$),. Отмечено также достоверное снижение частоты встречаемости ульнарных петель на четвертом пальце обеих рук и числа завитков на пятом пальце правой руки ($p < 0,05$).

При сопоставлении симметричности расположения папиллярных узоров оказалось, что у больных ДЦП полное соответствие дактилотипов правой и левой руки наблюдается в 32% случаев (у здоровых – в 23,3%, $p < 0,05$).

Таким образом, наличие достоверных отличий в симметричности расположения узоров на правой и левой руках у больных ДЦП по сравнению со здоровыми, по-видимому, указывает на врожденный характер данной патологии и может использоваться вместе с группами крови как маркер для формирования групп риска.

Таблица. **Распределение групп крови (%) системы АВО у здоровых и больных детским церебральным параличом**

Группа крови	Здоровые (n= 518)	Больные (n=93)
O(I)	35,2	32,26
A(II)	36,7	51,61*
B(III)	19,4	12,90
AB(IV)	8,7	3,23

*– отличие от здоровых $p < 0,05$

Традиционно считается, что одной из основных причин развития ДЦП является родовая травма. Мы изучили характер родоразрешения у 10221 детей г. Гродно и у 64 больных детским церебральным параличом. Оказалось, что процентное соотношение естественных родов и операции кесарева сечения практически одинаковый в контрольной и клинической группах. Это свидетельствует о том, что родовая травма не может являться основной причиной заболевания, так как этот фактор полностью исключен в

случае кесарева сечения, а частота этой операции практически одинакова как у больных ДЦП, так и у здоровых.

Весьма интересные данные были получены нами при изучении показателя доношенности у детей. В 2002 году в городе Гродно из 10221 родов 309 были преждевременными, что составляет всего 3,02% от общего числа родов. В то же время процент недоношенных детей из числа больных ДЦП составляет 61,54%.

Этот факт нуждается в углубленном изучении, но уже сейчас можно сказать, что недоношенные дети являются группой риска по ДЦП и нуждаются в более внимательном наблюдении в течение первого года жизни.

При изучении антропометрических показателей в первые годы жизни у мальчиков наиболее значимые различия имеются в значениях ширины плеч, поперечного размера грудной клетки, а также жировой складки и диаметра запястья.

С возрастом эти отличия усугубляются, и уже в 6 лет мы видим, что большинство антропометрических показателей у больных ДЦП меньше по сравнению со здоровыми.

Похожая ситуация наблюдается и у девочек. Наметившиеся к трем годам различия в физическом развитии девочек в дальнейшем усугубляются.

Данные исследования показывают, что если в возрасте 3-х лет разница здоровых и больных в весе составляла 2,7 кг, то к шести годам эта разница достигает 3,6 кг. Разница в значениях поперечного размера грудной клетки увеличивается от 1,1 см до 1,8 см.

Анализируя результаты можно сказать, что на первых годах жизни в первую очередь нарушение функции аппарата движения проявляется в виде снижения веса тела, уменьшения поперечного размера грудной клетки, снижение жировой (меньшие значения жировой складки на спине) и костной (уменьшения диаметра запястья) составляющих соматотипа.

С возрастом эти изменения прогрессируют и охватывают практически все антропометрические параметры ($p < 0,01$).

Таким образом, изучение анатомической конституции у больных ДЦП позволяет судить о степени выраженности нарушений опорно-двигательного аппарата и прогнозировать эти нарушения в разных возрастных группах.

4. Обсуждение результатов исследования

В ходе проведенного исследования было установлено, что предрасположенность к ДЦП имеется у лиц с группой крови А(II), которая отмечалась более чем у половины всех больных ДЦП детей (51,6%), а также у лиц с некоторыми особенностями дерматоглифических показателей (повышение частоты встречаемости простых узоров – дуг, симметричный рисунок на пальцах правой и левой рук). Эти факторы на фоне рождения недоношенных детей могут быть критериями, по которым стоит формировать группы риска и наблюдать данных детей на предмет предрасположенности к ДЦП.

В качестве объяснения связи дерматоглифики с развитием ДЦП можно предложить следующую модель: как известно, форма папиллярных узоров зависит от темпов развития в онтогенезе. Форму рисунка кожных гребешков на кончиках пальцев определяют темпы роста и дифференцировки производных эпидермальной эктодермы. Так, при замедленных темпах роста образуется упрощенный узор (дуга), при среднем темпе – более сложный (петля), при ускоренном – наиболее сложный (завиток). Так как нервная ткань развивается из того же зародышевого листка, что и кожа, т.е. из эктодермы, то мы можем предположить, что более частая встречаемость дуг у больных ДЦП является не случайной. На фоне более медленного темпа онтогенеза и при условии рождения недоношенного ребенка (75% всех обследованных нами детей, больных ДЦП родились недоношенными) мы можем предполагать незрелость нервной системы к моменту родов, что приводит в последствии к клиническому развитию заболевания.

Кроме того, в ходе исследования было установлено, что процент рожденных путем кесарева сечения детей среди больных ДЦП практически такой же, как и у здоровых. Это указывает на то, что угроза развития ДЦП не может являться основным аргументом при выборе способа родоразрешения, так как риск возникновения данного заболевания по нашим данным одинаков как при родоразрешении через естественные родовые пути, так и путем кесарева сечения. В то же время представляется весьма актуальным проводить мероприятия по сохранению беременности и рождению доношенных детей, особенно в том случае, если предполагается, что женщина беременна плодом с группой крови А(II).

5. Выводы

1. В результате проведенного исследования создана база данных, которая может быть использована в дальнейших научных исследованиях по конституции человека и ее связи с ДЦП.
2. Установлены новые данные особенностей показателей пальцевой дерматоглифики, групп крови систем АВО и анатомической конституции у больных ДЦП:

- группа крови А(II) у больных ДЦП встречается в полтора раза чаще по сравнению со здоровыми;
- характерным в распределении пальцевых узоров у больных ДЦП является более частая встречаемость дуг на втором пальце и ульнарных петель на четвертом и пятом пальцах обеих рук;
- пальцевые узоры правой и левой рук при ДЦП характеризуются значительно большей симметричностью, чем это встречается в популяции.

3. Родовая травма не может являться основной причиной развития детского церебрального паралича.
4. Недоношенные дети являются группой риска по ДЦП и нуждаются в более внимательном наблюдении в течение первого года жизни.

Полученные данные обеспечивают дальнейшее развитие учения о конституции человека и указывают на наследственные механизмы предрасположенности к ДЦП, что может использоваться в теории и практике медицины для формирования групп риска до клинического проявления заболевания.

Литература

1. *Клиорин А. И., Чтецов В. П.* Биологические проблемы учения о конституции человека.– Л.: «Наука», 1979. – 164с.
2. Нормальные, аномальные и условно-аномальные конституции человека / *Усоев С. С., Киселевский Ю. М., Сидорович С. А.* и др. // Морфология. – 2000. – Т. 117, № 3. – С. 123.
3. *Богин Ю. Б.* Дерматоглифика в диагностике поликистоза почек // Новые методы диагностики, терапии и изучения новых лекарственных веществ. Сборник научных трудов. М., 1980. – С.51–53
4. *Шавель Ж. А.* Особенности пальцевой дерматоглифики у женщин с гинекологическими заболеваниями // Актуальные вопросы клинической и экспериментальной медицины – 2000: Тезисы докладов международной научно-практической конференции молодых ученых / Белорусская медицинская академия последипломного образования. – Мн., 2000. – С. 161–163.
5. *Козлов А. И.* Общая конституция организма как система ассоциации частных конституциональных типов // Актуальные вопросы медицинской и клинической антропологии. - Томск, 1991. – С. 35–41.
6. *Никитюк Б. А.* Фундаментальные и прикладные аспекты учения о конституции человека // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1989. – Т. 98, № 4. – С. 12–16.
7. *Бадалян Л. 0., Журба Л. Т.* Детские церебральные параличи. – Киев, 1988.
8. *Haverkamp F., Kramer A., Fahnenstich H., Zerres K.* // Kiln.Padiatr. – 1996. – Vol. 208. – P.93– 96.
9. *Семенова К. А.* Клиника и реабилитационная терапия детских церебральных параличей. – М., 1972.

© МГЭУ

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКЦИИ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ *IN VITRO* КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА МОНОНУКЛЕАРОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ

***С. Ю. МАСТИЦКАЯ*, Т. И. СЕРООКАЯ**

Viral proteins Vpr and Tat activate expression of proinflammatory cytokines genes, and, in their turn, TNFα, IL-1 and IL-8, while realizing autocrinous activation of peripheral blood mononuclear cells (PBMCs), stimulate HIV genome expression in them. The level of cytokines production *in vitro* could reflect the functional state of PBMCs *in vivo*. In this work we investigated plasma levels and production of IL-8 and TNFα by PBMCs *in vitro*. Levels of spontaneous production of TNFα and IL-8 depended on stage of disease: leveled up during first periods but then dramatically decreased at the terminal one. This study could help to elaborate new criteria of HIV-infection prognosis and criteria for control of specific antiretroviral therapy

Ключевые слова: ВИЧ-инфекция, спонтанная и индуцированная продукция ИЛ-8 и ФНО α *in vitro*

$CD4^+$-лимфоциты представляют собой главную мишень для ВИЧ-инфекции и по мере развития болезни постепенно снижаются в количестве, что ведет к тяжелому иммунодефициту. Высокоактивная антиретровирусная терапия (HAART) в большинстве случаев эффективна в отношении снижения репликации ВИЧ до неопределяемых уровней и способствует восстановлению популяции $CD4^+$-Т-клеток [3,4]. Тем не менее, определенный уровень репликации ВИЧ имеет место в моноцитах/макрофагах даже после нескольких лет успешной HAART и обеспечивает восстановление популяции вируса, когда терапия прерывается [4]. Оценивая спонтанную продукцию цитокинов мононуклеарами периферической крови (МНПК) *in vitro,* можно судить об их функциональном состоянии. Поскольку сильнейшими активаторами экспрессии генов цитокинов являются ВИЧ и его белки [5,6], спонтанная продукция клетками провоспалительных цитокинов *in vitro* отражает активность вирусного генома в них. Ответ на индуктор *in vitro* позволяет оценить функциональные резервы клеток и отражает способность МНПК *in vivo* отвечать на антигенную стимуляцию [1].

Основные клетки-продуценты ИЛ-8 и ФНОα – МНПК и макрофаги. Целью нашей работы было изучить сывороточные концентрации, спонтанную и липополисахарид (ЛПС)-индуцированную продукцию ИЛ-8 и ФНОα МНПК ВИЧ-инфицированных пациентов *in vitro*. Материалом для исследований послужила периферическая венозная кровь 47-ми ВИЧ-инфицированных пациентов, находившихся на разных стадиях болезни: 4 пациента на стадии 2 (стадия первичных проявлений), 12 – на стадии 3 (асимптомная), по 12 – на подстадиях 4А и 4Б стадии вторичных заболеваний и 7 – на терминальной стадии (по классификации Покровского В.И. и соавт., 2001: [2]). Контрольную группу составили 20 доноров аналогичного возраста. Содержание ИЛ-8 и ФНОα в сыворотке крови и супернатантах клеточных культур определяли методом иммуноферментного анализа. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы *Statistica 6.0* (Stat Soft, Inc., 2001). Поскольку полученные данные не подчинялись закону нормального распределения, при их анализе были использованы соответствующие непараметрические методы: дисперсионный анализ по Краскелу-Уоллису (*H*-тест) и тест Манна-Уитни (*U*-тест).

По мере прогрессирования болезни спонтанная продукция ИЛ-8 МНПК повышалась по сравнению с контролем (2054,6±157,3 пг/мл; *рис. 1*). Индивидуальные уровни соответствовали глубине патологических процессов, степени клинических проявлений и тяжести состояния больных. Наиболее высокие значения определялись у пациентов с множественными и тяжелыми поражениями смешанной этиологии в стадиях 4А (5186±1194 пг/мл; P=0,046, *U*-тест) и 4Б (4066±802 пг/мл; P=0,03, *U*-тест). У больных в терминальном состоянии уровень спонтанной продукции ИЛ-8 (1700±271 пг/мл) был резко снижен по сравнению с предыдущими стадиями (P=0,018, *U*-тест; рис. 1), что указывает на истощение функциональных возможностей мононуклеарных клеток. Такая же тенденция наблюдалась и при изучении спонтанной продукции ФНОα: стадия 4А – 115,1±42,7 пг/мл, стадия 4Б – 149,2±54,6 пг/мл и стадия 5 – 3,0±1,0 пг/мл (*рис. 2*).

Не было выявлено достоверных различий в уровнях ЛПС-индуцированной продукции ИЛ-8 и ФНОα между стадиями (P=0,22 и P=0,29 соответственно, *H*-тест; *рис. 1, 2*). На данном этапе исследований мы можем объяснить это малым объемом выборок.

Рис. 1. Уровни спонтанной и ЛПС-индуцированной продукции ИЛ-8 МНПК. Указаны стандартные ошибки

Рис. 2. Уровни спонтанной и ЛПС-индуцированной продукции ФНО МНПК. Указаны стандартные ошибки

Отмечался значительный разброс индивидуальных уровней сывороточной концентрации ИЛ-8 как у здоровых доноров, так и у больных на разных стадиях: доноры – 21,2±12,5 пг/мл (n = 9), стадия 2 – 19,7±8,0 (n=4), стадия 3 – 37,8±11,6 (n=10), стадия 4А – 34,2±13,8 (n = 10), стадия 4Б – 10,6±3,9 (n = 12), стадия 5 – 37,6±26,7 (n=6). Соответственно, уровни ИЛ-8 в сыворотке не различались достоверно между группами (P = 0,48, *H*-тест). Так же и в случае с ФНОα не было обнаружено достоверных различий между сывороточными уровнями цитокина на разных стадиях заболевания (P = 0,63, *H*-тест). Это говорит о необходимости строго индивидуального подхода в интерпретации данных показателей, поскольку они изменяются не только в зависимости от стадии болезни, но и определяются наличием очагов вторичных инфекций, вирусной нагрузкой, фазой заболевания (прогрессирование или ремиссия), а также наличием либо отсутствием адекватной терапии [1].

Таким образом, установлено, что уровни спонтанной продукции ФНОα и ИЛ-8 МНПК *in vitro* с развитием ВИЧ-инфекции повышаются. Увеличение показателей продукции ФНОα и ИЛ-8 в динамике в сочетании со снижением количества $CD4^+$-лимфоцитов может служить прогностическим признаком и свидетельствовать о прогрессирующем течении ВИЧ-инфекции. В свою очередь, снижение спонтанной продукции ФНОα и ИЛ-8 МНПК *in vitro* указывает на истощение функциональных возможностей и наступление терминальной стадии ВИЧ-инфекции.

Использованный нами метод ИФА для определения продукции цитокинов *in vitro* является более простым, дешевым и доступным, чем другие известные методы изучения клеточно-специфических цитокинов и может быть широко внедрен в клиническую практику как вспомогательный метод мониторинга состояния ВИЧ-инфицированных пациентов

Литература

1. *Кетлинский С. А., Калинина Н. М.* Иммунология для врача. – СПб., 1998. – 162 с.
2. *Покровский В. И., Покровский В. В., Юрин О. Г.* // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2001. – N 1. – С.7–10.
3. *Bastard Jean-Philippe* et al. // Lancet. – 2002. – Vol. 359. – P. 1026-1032.
4. *Beretta A.* et al // Perfusion. – 2002. – Vol. 5(17). – P. 47–51.
5. *Ott M.* et al. // J. Immunol. – 1998. – Vol. 160. – P. 2872–2880.
6. *Roux P.* et al. // J. Virol. – 2000. – Vol.76 (10). – P. 4658–4665.

©БГМУ

ОДОНТОГЕННЫЕ КИСТЫ У ДЕТЕЙ В СТРУКТУРЕ БИОПСИЙНОГО МАТЕРИАЛА

***Ю. С. МИЩЕНЧУК*, С. Л. АНИЩЕНКО**

Odontogenic cysts in children are among the more commonly encountered oral diseases from both the clinician's and pathologist's perspective. Most of them cannot be identified specifically on the basis of their histological appearance alone. The purpose of this study was to determine the frequency of the incidence, structure, clinical and morphological features of odontogenic cysts in children and adolescents in biopsy material of the Department of Childhood Pathology (Minsk, 2002–2003 years). In volume of the investigated material odontogenic cysts were found out in 154 (0,27%) cases. There were revealed 37 radicular cysts (24,1%), 104 dentigerous cysts (67,5 %) and 13 follicular cysts (8,4%). A high degree of chronic inflammation in the subepithelial layer was recorded. The stratified squamous epithelium with a variety of histological changes was found in 36,5–61,5 % specimens. Histological changes of the epithelium correlated to the degree of inflammation in the subepithelial layer of the cysts. Therefore integration of radiographic, clinical and microscopic findings is necessary to reach a correct diagnosis

Ключевые слова: киста, воспалительный процесс, гистологическая верификация

Одним из важных вопросов, требующих дифференциальной диагностики, являются одонтогенные кисты, которые нередко встречаются в детском и подростковом возрасте. Следует учитывать тот факт, что различающиеся в этиопатогенетическом отношении процессы могут иметь сходные с кистами клинико-рентгенологические проявления, в связи с чем окончательный диагноз может быть установлен только после морфологической верификации.

Целью нашего исследования явилась характеристика частоты встречаемости, структуры и клинико-рентгенологических и морфологических особенностей одонтогенных кист у детей г. Минска в безвыборочном биопсийном материале.

Исследование выполнено на биопсийном материале отделения детской патологии Минского городского патологоанатомического бюро: проанализированы биопсийные журналы и просмотрены архивные гистологические препараты за 2002–2003 годы. Гистологические срезы толщиной 5–7 μ, окрашенные гематоксилином и эозином, изучали при помощи светового микроскопа. При анализе клинических и морфологических данных учитывали пол, возраст пациентов, локализацию, макро- и микроскопические характеристики патологического процесса.

Анализ биопсийного материала показал, что кисты области рта являются нередкими поражениями в детском и подростковом возрасте. Они были отмечены у 255 пациентов в возрасте от 6 месяцев до 18 лет, оперированных в детских поликлиниках и стационарах г. Минска. Удельный вес кист области рта в структуре биопсийного материала за 2002–2003 гг. составил 0,37%, в том числе одонтогенных кист – 0,27%.

Среди кист области рта одонтогенные кисты челюстей составили 154 (60,4%) наблюдения и обнаруживались у пациентов в возрасте от 7 до 18 лет. Из большого разнообразия одонтогенных кист в биопсийном материале были представлены следующие нозологические формы: зубосодержащие (67,5%), радикулярные (24,1%) и фолликулярные (8,4%) кисты челюстей.

Средний возраст пациентов на момент операции для различных видов кист различался и составил для зубосодержащих кист – 10 лет, для радикулярных кист – 13 лет, для фолликулярных – 12 лет.

Хроническое воспаление в стенке различных видов одонтогенных кист отмечено в 85–100% случаев, в том числе с признаками обострения воспалительного процесса – в 51,3% наблюдений.

Сохранность и характер изменений эпителиальной выстилки кист находились в обратной зависимости от наличия и выраженности воспалительной инфильтрации в стенке кисты.

©БГМУ

ДИАГНОСТИКА, ЛЕЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ДЕВОЧЕК-ПОДРОСТКОВ С ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫМИ ОПУХОЛЯМИ ЯИЧНИКОВ

***М. Л. МОЖЕЙКО*, Ю. К. МАЛЕВИЧ**

Inspected 75 girl- adolescents at the age of 12–17 years with the benign tumors of ovaries. With conducting of studies were used contemporary highly informative methods (sonografiya with Doppler, diagnostic and operational laparoskopiya, pathomorphological studies). As a result of the conducted investigations it is revealed, what sonografiya is the alternative method of diagnostics of the benign tumors of ovaries in girls and adolescents in view of the high accuracy and harmlessness. Are determined the advantages of laporoskopii over traditional surgical interventions

Ключевые слова: девочки-подростки, доброкачественные опухоли, яичники.

Обследовано 75 девочек-подростков в возрасте 12–17 лет с доброкачественными опухолями яичников. Ультразвуковое исследование проводилось на 12–15 день менструального цикла. Истинные опухоли яичников обнаружены у 78%. Серозная цистаденома диагностирована у 16 больных и представляла собой образование с четкими контурами, однородной эхогенности с гладкой внутренней поверхностью. В 2 (2,7%) случаях при серозной цистаденоме яичник был неоднородной структуры с небольшими кистозными включениями, что расценено было как поликистоз яичника. Муцинозные цистаденомы сонографически визуализировались у 3 больных и представляли собой многокамерные образования неправильной формы с мелкодисперсной взвесью. Сонографическая диагностика зрелых тератом в 5 (62,5%) случаях была достоверной при наличии в опухоли плотного компонента, оставляющего на эхограмме акустическую тень.

Все девочки (48) с опухолевидными образованиями яичников находились под динамическим наблюдением в течение 6 месяцев. Подросткам при небольших размерах яичника (до 5 см) с регулярным менструальным циклом проводилось только контрольное эхографическое исследование органов малого таза. При этом у 29,2% девочек в течение 1–2 месяцев ретенционные образования яичников самопроизвольно исчезли. Это преимущественно были фолликулярные и кисты желтого тела. Параовариальная киста в 3 (4%) наблюдениях представляла собой тонкостенное образование между листками широкой связки, исходящее из придатка яичника, с жидким содержимым. Эндометриоидная киста выявлена в 1 (1,3%) случае и представляла собой образование эхопозитивной структуры с плотной капсулой и изменением размера кисты на 0,7 см в зависимости от фазы менструального цикла. Совпадение данных сонографии с заключительным диагнозом при доброкачественных опухолях наблюдалось в 78%, при опухолевидных образованиях яичника – в 89% случаев.

34 девочки, ввиду нерегулярного менструального цикла, невыраженного болевого синдрома при размерах яичниковых образований в диаметре до 7 см получали консервативное лечение. Абсолютная неэффективность консервативного лечения наблюдалась у 47,1%, как правило, при истинных опухолях яичников. В таких случаях проводилось хирургическое лечение. Лапароскопия проведена у 27 (62,8%) девочек подросткового возраста (15,0±2,4лет). Лапаротомия выполнена 16 (37,2%) больным подросткам в возрасте 15,3±1,8 лет. Послеоперационный период у всех подростков протекал без осложнений.

Литература

1. *Демидов В. Н., Зыкин Б. И.* Ультразвуковая диагностика в гинекологии. – М.: Медицина, 1990.
2. *Коколина В. Ф.* Гинекологическая эндокринология детей и подростков.–М.:ООО «Мед. информ. Агенство», 1998–287 с.
3. *Кулаков В. И., Кузнецов М. Н., Мартыш Н. С.* Ультразвуковая диагностика в гинекологии детского и подросткового возраста. – М.: Медицина, 1994.
4. *Можейко Л. Ф.* Диагностика и лечение доброкачественных опухолей и опухолевидных образований яичников у девочек подросткового возраста.// Здравоохранение. – 2000. – №11.
5. *Leppien G.* Hormonaktive ovarialtumoren // Genecologie Endocrinologie. – Berlin: Springer – Verlag, 1994. – P. 367 – 368.
6. *Peter W. Gallen* Ultrasonography in obstetrics and gynecology. – 1988. – 496 p.

©ВГМУ

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРОНИЗАЦИИ ПОЯСНИЧНОЙ БОЛИ

***И. А. ПАШКОВА,* А. Л. ЦЕРКОВСКИЙ, А. А. ПАШКОВ**

In the course of study we have examined 67 patients aged averagely 39 (32 men and 35 women) suffering from backaches. 25 patients had acute pain, 18 – subacute pain, 18 patients were suffering from chronic pain. During examination we had been using instrumental, and laboratory methods including rontgenological, MRI together with questionnaires, visual-analogue scale method, Shober's tests, etc. It has been revealed that when enduring pain for a long time the patient might be above all disposed to depression and passive, commonplace and therapeutic opinion, that cause pain. Such patients need additional psychotherapeutic and medicinal correction

Ключевые слова: поясничная острая, подострая, хроническая боль; фон настроения, терапевтическая установка, качество жизни

С учетом большой частоты встречаемости во врачебной практике болевых расстройств из так называемой группы «болей в спине», их склонности к затяжному течению и хронизации было проведено исследование, цель которого заключалась в определении зависимости степени адекватности субъективной оценки интенсивности боли от временного фактора, уровня настроения, характера причин ограничений в повседневной жизни и терапевтических установок пациентов, страдающих вертеброгенными поясничными болями. Задачами являлись: сопоставление характера субъективной оценки боли со степенью объективного расстройства функции органа, сигнализирующего о наличии расстройства; оценка динамики уровня настроения в сопоставлении с продолжительностью боли; оценка причин и степени выраженности ограничений в повседневной жизни пациентов в сопоставлении с продолжительностью боли; оценка значимости психологических терапевтических установок в поддержании затяжных болевых проявлений.

Были обследованы 67 человек, страдающих «болями в пояснице», средний возраст которых составил 39±3,5 года (32 мужчины, 35 женщин). Клинически расстройства определялись как вертеброгенные любаишалгические или радикулярные синдромы на фоне остеохондроза поясничного отдела позвоночника. Из них 25 человек были отнесены в группу больных с острой болью, 25 – с подострой и 17 – с хронической. Для установления причины болей использовались инструментально-лабораторные методы, включая рентгеновскую или магнитно-резонансную томографию, предусмотренные протоколами обследования и лечения неврологических больных. Для решения поставленных нами задач использованы анкетирование и тесты ВАШ, Шобера, Цунга, Освестри, рекомендованные экспертами ВОЗ в качестве методов объективной оценки болевых проявлений.

Полученные результаты показали, что у пациентов с острой болью самооценка ее интенсивности по тесту ВАШ приближалась к максимальной. При переходе боли в подострую стадию, параллельно увеличению подвижности больного (тест Шобера), отмечена и тенденция к снижению субъективной выраженности боли. У больных же с болями продолжительностью более 12 недель при объективном нарастании физической подвижности боль субъективно отражалась как интенсивная. Указанная динамика степени выраженности боли коррелировала с выявленными у обследуемых с помощью модифицированного индекса Цунга изменениями в фоне настроения. По мере хронизации боли у больных имело место нарастание степени выраженности депрессивного фона настроения.

Результаты теста Освестри у больных с острой болью указывали на ограничение повседневной активности, линейно зависимое от степени субъективной и объективной выраженности боли. У больных с подострой болью тест Освестри свидетельствовал о расширении диапазона их функциональных возможностей. Однако по мере перехода болей в хронический вариант у пациентов увеличились ограничения в реализации таких функций как «подъем тяжестей», «сексуальная и общественная жизнь», при том что показатели их динамических возможностей, таких как самообслуживание, ходьба, возможность стоять, сидеть были достаточно неплохими.

В процессе опроса выявлено, что по мере нарастания продолжительности боли у части больных сформировалось пессимистическое отношение к предлагаемым видам лечения. При этом пассивная терапевтическая установка у таких больных сочеталась с повышенным индексом депрессивности и отмеченным в третьей группе характером повседневных ограничений жизни.

Таким образом, по мере увеличения продолжительности болевого расстройства у больных имеет место нарастание депрессивного фона настроения, формирование пассивной субъективной жизненной и терапевтической установки, что приобретает ведущее значение в поддержании болевого синдрома и указывает на необходимость дополнительной психотерапевтической и медикаментозной коррекции.

© БГУИР

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЗНАНИЙ В БАЗАХ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

***Ю. А. ПРОЩЕНКО*, С. А. САМОДУМКИН**

This article is devoted to fuzzy medical knowledge formal description. Logical deduction operations over such kind of knowledge are presented

Ключевые слова: медицинские знания, нечеткость, логический вывод

Вопрос сохранения, передачи и использования опыта является очень важным для профессии медика. Накопившийся объем медицинских знаний, стремительное развитие новых методов познания настоятельно требуют использования таких технологий, которые позволили бы в сжатые сроки и в широком масштабе распространять эти знания. Применение компьютерных систем в области медицины позволяет сохранить уникальный опыт высококачественных специалистов и применять его с

использованием преимуществ ПЭВМ, таких как быстродействие, большая память, независимость от стрессовых ситуаций и т.п. Интеграция систем, решающих различные задачи в области медицины позволяет обеспечить эффективность государственной системы здравоохранения в целом.

В настоящее время одним из востребованных типов медицинских систем являются медицинские диагностирующие и экспертные системы. В таких системах главным является формализация медицинских знаний, их структуризация в базах знаний и реализация логического вывода над медицинскими знаниями. Трудность указанных этапов заключается в том, что медицинские знания во многих случаях характеризуются нечеткостью и неточностью. Данные и знания, получаемые от экспертов-медиков, измеряемые в ходе многократных экспериментов, выдвигаемые гипотетически, часто оказываются противоречивыми, неточными, ненадежными, трудноформализуемыми. Таким образом, наиболее часто в задачах, решаемых интеллектуальными системами, необходимо обрабатывать такие типы нечеткости как неполнота, неточность, неоднозначность, неопределенность и собственно нечеткость. Очевидно, что для представления нечетких знаний в интеллектуальных системах традиционное исчисление высказываний и исчисление предикатов является неэффективным. В зависимости от типа нечеткости, характеризующей информацию, используются различные виды неклассических логик и математических методов представления знаний.

В медицинских интеллектуальных системах наиболее часто применяются продукционные правила вида ЕСЛИ X, ТО Y. При выводе с нечеткими посылками данное правило имеет следующий вид: ЕСЛИ X есть A, ТО Y есть B, где X и Y являются переменными, а A и B – соответственно нечеткими множествами в некотором универсуме.

Для формализации, представления и обработки медицинских знаний предложено использование графодинамической модели, основанной на однородных семантических сетях с базовой теоретико-множественной интерпретацией [1]. В таком случае медицинские знания описываются семантической сетью, а вывод осуществляется с помощью специально реализованных процедур логического вывода. Данные процедуры реализуются на графовом языке с использованием нечетких посылок. В качестве операции импликации используются импликация Геделя, импликация Гогена и импликация Лукасевича [2].

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант для молодых ученых Т02М-076).

Литература

1. Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах /*В. В. Голенков, О. Е. Елисеева, В. П. Ивашенко и др.;* Под ред. *В. В.Голенкова*. – Мн.: БГУИР, 2001. – 412с.
2. *Самодумкин С. А., Прощенко Ю. А.* Применение моделей нечеткого вывода в медицинской диагностике // Сб. тр. республ. научн. конф. «Современные проблемы математики и вычислительной техники». –Брест, 2003

©БГМУ

ИНДУКЦИЯ ТОЛЕРАНТНОСТИ К КСЕНОГЕННЫМ ОСТРОВКОВЫМ КЛЕТКАМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

***И. М. РАЗУМОВИЧ*, И. Н. ИГНАТОВИЧ**

The long-term complications of diabetes mellitus are one of the major health care problems. Our study is based on the xenograft of a fetal islet cells culture in a red bone marrow. This article has shown the immunological response differences occur for islet cells transplants in the muscle tissue and in the bone marrow. The experiment was performed on 16 rabbits: 8 with transplant in the muscle and 8 with transplant in a bone marrow. Received data suggested that the alloxan caused diabetes mellitus can be effectively corrected using our method. Our study is demonstrating a highest metabolic activity of transplant in a bone marrow in comparison with transplant in a muscle. Moreover, the graft rejection in a bone marrow was much lesser than in the muscle without any immunosupression

Ключевые слова: ксенотрансплантация, сахарный диабет, островковые β-клетки

Заболеваемость сахарным диабетом (СД) по данным ВОЗ составляет 3–5% населения земного шара. В Беларуси имеется тенденция к росту заболеваемости по СД (с 71,5%0 в 1994 году, до 124,0%0 в 2001 г.). Место нашей работы среди существующих методик: исследование основано на пересадке ксеногенной культуры фетальных В-клеток в иммунологически привилегированную зону[2] – красный костный мозг (ККМ) без дополнительной иммуносупрессии. Исследование проведено на 16 кроликах. Трансплантацию осуществляли в ККМ у 8 кроликов и у 8 кроликов в мышцу. Сахарный диабет у животных вызывался введением аллоксана. Культура островковых □ -клеток выделялась из эмбриональной ксеногенной (крысиной 15–21 день) поджелудочной железы с использованием коллагеназы по методике S.Misler[3] в модификации[1]. При сравнении иммунограмм кроликов с трансплантатом в ККМ и контрольной группой выявлены достоверные различия только индекса

цитотоксичности. Выявлено, что в контрольной культуре остовковых клеток количество поврежденных клеток составляет 5,75%, у кроликов с трансплантатом в ККМ – 8,81%, с трансплантатом в мышце – 15,66%. В случае трансплантации в ККМ уровень гликемии через 60 дней составил 6,34±0,14. В случае трансплантации в мышцу – 8,25±0,24. Выявлена достоверность различий указанных параметров (p <0,05). При сравнении иммунограмм кроликов с различной локализацией трансплантатов (ККМ, мышца) выявлены следующие различия (P<0,05): 1) на 7-й день в количестве В-лимфоцитов и в индексе цитотоксичности; 2) на 14-й день в количестве Т-лимфоцитов, В-лимфоцитов и Т-хелперов; 3) на 21-й день в количестве В-лимфоцитов, Т-хелперов, Т-супрессоров и в индексе цитотоксичности.

Выводы:

5. Выявлены достоверные различия в иммунологических реакциях на трансплантат в мышце и в ККМ, свидетельствующие об их меньшей интенсивности в ККМ.
6. С этим связаны более выраженная компенсация моделированного сахарного диабета у кроликов при локализации трансплантата в ККМ и длительное функционирование трансплантированных в ККМ островковых клеток без иммунодепрессии.

Литература

1. *Игнатович И. Н.* Трансплантация инсулинпродуцирующей ткани в красный костный мозг и сосудистое русло в эксперименте. Диссертация. Минск. 2001.
2. *Шотт А. В., Леонтюк А. С., Третьяк С. И., Абуховский А. А.* Необычная реакция на чужеродные ткани. Т.1, Т.2 Минск 1992.
3. *Reach G.* Islet transplantation: a field on the move. // Nephrology Dialysis Transplantation. vol.16. № 5. May 2001. p. 893- 896.

© МГЭУ

СТРУКТУРА И ФУНКЦИЯ ГЕМОГЛОБИНА A_{1C}

Е. Я. РУТА, *С. Б. БОКУТЬ*

During the fulfillment of this project the method of HbA_{1C} preparative isolation on CM Sepharose Fast Flow has been worked up for the next study of this stable minor hemoglobin form. It was used the electrospray ionization mass spectrometry to determine the nature of HbA_{1C} glycosylation. Mass spectrometry analysis makes it clear that quarternary structure of hemoglobin HbA_{1C} described by formula $\alpha_2\beta\beta_{mod}$. Using steady-state spectrofluorimetry and inhibitory analysis with applying 1,8-ANS as a fluorescent probe, it was proved, modification of β-chains that is under review, belongs to N-terminal Val-1 residual. By the method of time-resolved fluorescence the process of binding 1,8-ANS to intact human oxyhemoglobin HbA1 and its glycated form HbA_{1C} has been characterized. As the result, it was found that carbohydrate modification of N-terminal Val-1 residuals is the reason of not only the steric barrier rising for DPG interaction with HbA1C but the alteration internal geometry of the HbA1-DPG-complex

Ключевые слова: CM-Сефароза Fast Flow, гемоглобин HbA_{1C}, масс-спектрометрический анализ, лазерная спектрофлуориметрия с временным разрешением, ингибиторный анализ

Реакции неферментативного гликозилирования являются наиболее общим процессом посттрансляционной модификации различных белков, включая коллаген, альбумин, тубулин и многие другие белки. В ходе гликозилирования глюкоза неферментативно реагирует с α- и/или ε-аминогруппами белков как in vitro, так и in vivo [1]. Наличие такого процесса in vivo подтверждается, например, существованием естественного минорного компонента гемоглобина человека, HbA1C [2]. К сожалению, принимая во внимание доказанную множественность сайтов гликозилирования гемоглобина, вопрос о том, что считать HbA1C – тетрамеры, модифицированные по N-концевым валинам одной или двух β-цепей, или белок, гликозилированный по любым из возможных сайтов, пока остается открытым. В то же время, не отрицая важности разработки и стандартизации методов количественного определения содержания HbA1C в крови больных диабетом, мы полагаем, что эта минорная форма гемоглобина сама по себе является интересным объектом исследования [3].

В ходе выполнения дипломной работы с целью дальнейшего изучения данной формы гемоглобина человека, был разработан метод с использованием слабого катионообменника – CM-Сефарозы Fast Flow для препаративного выделения и последующей очистки до гомогенного состояния гликоформы гемоглобина HbA1C.

Используя метод масс-спектрометрии с применением техники ионизации электрораспылением, было изучено распределение углеводных модификаций в молекулах гликогемоглобина HbA1C и показано, что четвертичная структура этого гемопротеида описывается формулой α2ββмодиф. Методом стационарной флуоресцентной спектроскопии, используя принципы ингибиторного анализа с применением 1,8-ANS в качестве зонда, было доказано, что наблюдаемая модификация β-субъединиц относится к N-концевому валину. Более того, методом лазерной спектрофлуориметрии с субнаносекунд-

ным временным разрешением был охарактеризован процесс связывания 1,8-ANS с гемоглобином HbA1 и его гликоформой HbA1C в отсутствие и в присутствии натурального аллостерического эффектора инозитолгексафосфата, в результате чего было обнаружено, что такая углеводная модификация приводит не только к возникновению стерического барьера при взаимодействии гемоглобина с дифосфоглицератом, но и изменяет также геометрию комплекса Hb-DPG.

Литература

1. *Mikšík I., Deyl Z.* Post-translational non-enzymatic modification of proteins. II Separation of selected protein species after glycation and other carbonylmediated modifications // J. Chromatogr. B. 1997. V. 699. P. 311–345.
2. *Cohen M. P., Wu V.-Y.* Purification of glycated hemoglobin // Methods Enzymol. 1994. V. 231. P. 65–75.
3. *Okenchi M. U., Bokut S. B., Parul D. A., Yachnik N. N., Syakhovich V. E., Lepeshkevich S. V., Dzhagarov B. M.* Kinetics of oxygen recombination to human hemoglobin A1 and it's monosaccharide modified forms // FASEB J. 2001. V. 15. P. 889.

© БрГУ

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ У ДЕТЕЙ СО СКОЛИОЗОМ СРЕДНЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Н. В. СЕРГЕЙЧИК

Article is dedicated to the vital problem of Health-oriented Physical Culture (HPhC) such as to determin the age special features indices changing, which characterize the functional state of the system of the external respiration and parameters of physical development of children with scoliosis at the age of 9-13 years. Article contains the results of the studies, carried out more than 2 years. All results, given and described in the article, are obtained by the author independently. The results of work can be used by the HPhC instructors and by the teachers of gymnastics for the work with the weakened children as the parameters for system of external respiration state and the level of physical development control

Ключевые слова: сколиоз, позвоночник, лечебная физическая культура

В последнее время состояние здоровья подрастающего поколения вызывает серьезную озабоченность. В правительственном отчете ООН за 1996 год было отмечено, что абсолютно здоровых детей в РБ всего 3% [1]. Среди факторов, значительно влияющих на этот показатель, важное место занимает сколиотическая болезнь (сколиоз).

Сколиотическая болезнь – сложное системное заболевание детского организма [2]. Оно чаще проявляется в периоды интенсивного роста позвоночника в длину – в возрасте 7–8 и 11–13 лет у девочек и 8–9 и 13–15 лет у мальчиков. Деформация позвоночника и грудной клетки при сколиозе отрицательно сказывается на функциях отдельных систем растущего организма, в особенности сердечно-сосудистой и дыхательной [3]. Наиболее эффективным способом организации лечения детей со сколиотической болезнью является их пребывание в специализированных лечебно-образовательных учреждениях. Среди частей комплексного консервативного лечения детей в санаторных школах-интернатах ведущее место занимают лечебная физкультура и массаж. Показатели, характеризующие функциональное состояние системы дыхания, а также антропометрические признаки, будучи важными для оценки уровня здоровья [4], могут быть использованы для определения эффективности применяемой методики лечебной физкультуры, проведения отдельных занятий лечебной физкультурой, а также для коррекции программ дыхательной и корригирующей гимнастики.

Целью настоящей работы было определение возрастных особенностей отдельных параметров внешнего дыхания и физического развития у детей со сколиозом среднего школьного возраста.

Работа была проведена в Брестской областной санаторной школе-интернате для детей со сколиозом (n=103) и СШ №7 г. Бреста (n=145). В обследовании участвовали мальчики и девочки, учащиеся 4–7-х классов. Статистическую обработку результатов выполняли с помощью пакета стандартных программ, использующих t-критерий Стьюдента.

В 4-м классе параметры грудной клетки (окружность на вдохе и экскурсия, $P<0.01$), а также мощность вдоха и соотношение мощности вдоха и выдоха ($P<0.05$) у девочек со сколиозом были ниже, чем у здоровых. Показатели жизненной емкости легких (ЖЕЛ) у здоровых и больных девочек не различались. Величина максимальной вентиляции легких (МВЛ) у девочек со сколиозом была ниже, чем у здоровых на 10.5 л ($P<0.05$). Показатели девочек со сколиозом были ниже, чем у здоровых по росту стоя (на 5 см, $P<0.05$) и росту сидя (на 2.9 см, $P<0.05$). По результатам проб Штанге и Генчи между здоровыми и больными сколиозом девочками достоверных различий не обнаружено. В 4-м классе у мальчиков и девочек, больных сколиозом, наблюдались следующие отличия показателей по сравнению со здоровыми: вес мальчиков был меньше ($P<0.05$), экскурсия грудной клетки также была достоверно ниже($P<0.01$).

Девочки 5-го класса со сколиозом имели: вес– на 0.5 кг ниже, рост стоя– на 5.2см , сидя – на 2.3 см выше, чем здоровые. Средние результаты пробы Штанге составили: у здоровых – 37.5±3.23с, у больных– 30.54±3.12 с; пробы Генчи: у здоровых – 23.14±2.01 с, у больных – 22.39±1.97 с. Однако все полученные различия не имели достаточной степени достоверности. Различий по показателям пневмотахометрии между группой больных и здоровых девочек не обнаружены. У девочек со сколиозом наблюдались более низкие результаты по экскурсии грудной клетки (на 2.4 см, P<0.01). Величина МВЛ у больных девочек была ниже, чем у здоровых (на 12.7 л/с, P<0.01). Различия по показателям ЖЕЛ между группой больных и здоровых девочек не наблюдались. У детей, больных сколиозом, также были отмечены различия по антропометрическим показателям в сравнении со здоровыми детьми: экскурсия грудной клетки у мальчиков со сколиозом (P<0.01) и девочек со сколиозом (P<0.001) была достоверно ниже по сравнению со здоровыми сверстниками.

Больные девочки 6-го класса имели более высокие результаты окружности грудной клетки на вдохе (на 3.6 см, P<0.01) и на выдохе (на 4.4 см, P<0.01). При этом по показателям состояния внешнего дыхания различий между группами девочек 6-го класса обнаружено не было.

В 7-м классе результаты функциональных проб имели достоверные различия у здоровых и больных мальчиков по пробе Штанге (P<0.05) и Генчи (P<0.05). Результаты детей со сколиозом были ниже, чем результаты здоровых детей. В группе девочек различия по исследуемым пробам отсутствовали.

Таким образом, к началу периода полового созревания у детей со сколиозом наблюдается снижение функционального состояния системы внешнего дыхания. Это проявляется по показателям МВЛ, пневмотахометрии, проб Штанге и Генчи. Дети 12–13 лет (мальчики) и 10–11 лет (девочки) со сколиозом имеют достоверно меньшие показатели, чем здоровые дети. Кроме того, в начале периода полового созревания у девочек со сколиозом наблюдается компенсация функций внешнего дыхания на фоне увеличения внешних размеров грудной клетки.

Литература

1. *Лазаренков В. Д., Сокожинский А. Д.* // Проблемы преподавания дисциплины физическое воспитание в ВУЗе. Мат.конф. Брест: БрГУ им. А. С. Пушкина, 2000. С.44–47.
2. *Казьмин А. И., Кон И. И., Беленький В. Е.* Сколиоз. М.: Медицина, 1981. 272 с.
3. *Фищенко В. Я., Улещенко В. А., Соколюк А. М.* // Ортопед. травматол. протезир. 1982. № 5. С.45–48.
4. *Спирин В. К.* // Теор. практ. физич. культ.2000. № 5. С.56–61.

©БГМУ

ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛЕТОЧНОГО И ГУМОРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА И ИХ СВЯЗИ С РТПХ И ИНФЕКЦИОННЫМИ ОСЛОЖНЕНИЯМИ ПРИ ТРАНСПЛАНТАЦИИ АЛЛОГЕННОГО КОСТНОГО МОЗГА У ВЗРОСЛЫХ

Е. В. СОЛОД

The study presents results of research into the dynamics of posttransplantation restoration of humoral and cellular immunity. During research work blood samples of more then 25 patients in different periods after marrow transplantation were analyzed. Major immunity indices were compared with the same received from practically healthy people, who passed medical check-ups at Republican Centre of Hematology and Marrow Transplantation, TPI «9th City Clinical Hospital» in Minsk, Belarus. An attempt to study indices of humoral and cellular immunity in patients after allogene marrow transplantation with present infectious complications and GVHD was made

Ключевые слова: трансплантация, костный мозг, клеточный и гуморальный иммунитет, инфекционные осложнения

Целью настоящей работы было изучение динамики посттрансплантационного восстановления гуморального и клеточного иммунитета. В процессе исследования были проанализированы образцы крови 25 человек в различные периоды после проведения ТКМ. Значение основных показателей иммунитета сравнивается с таковыми у практически здоровых людей, проходивших обследование на базе Республиканского Центра гематологии и трансплантации костного мозга ЛПУ «9-я городская клиническая больница» г. Минска.

Забор крови проводился в следующие временные интервалы: до начала кондиционирования (день –10), после проведения ТКМ – в периоды с дня +1 до дня +30, с дня +31 до дня +100, и с дня +101 до дня +180 (+365).

Было установлено, что у больных перед ТКМ наблюдается супрессия Т-клеточного звена иммунитета с сохранением функционального состояния гуморального иммунитета. В посттрансплантационный период происходит усиление Т-клеточного дефицита, глубокая супрессия В-лимфоцитов, недостаточность продукции отдельных классов иммуноглобулинов. Восстановление клеточного иммунитета происходит на фоне увеличения CD8+ и CD3+DR+ субпопуляций лимфоцитов и замедленным ростом числа В-лимфоцитов при сниженном содержании IgA и IgM.

Также был проведен анализ динамики иммунологических показателей клеточного и гуморального иммунитета в группе больных с инфекционными осложнениями по сравнению с больными, которые не имели инфекций в посттрансплантационном периоде. Усредненные значения иммунологических показателей больных в обеих группах статистически достоверно не различались, кроме некоторого снижения процентного содержания В-лимфоцитов у больных с инфекционными осложнениями ($p<0,05$). Отмечалась недостоверная тенденция к сниженному содержанию всех классов иммуноглобулинов в группе больных с инфекционными осложнениями. Кроме того, наблюдалась отчетливая тенденция к увеличению количества CD3+, CD8+ и CD3+DR+ клеток в период, непосредственно предшествующий проявлению клинических признаков РТПХ. Это в целом согласуется с представлениями о патогенезе РТПХ как цитотоксической реакции Т-клеток донора на клетки реципиента.

Литература

1. *Atkinson K.* Reconstruction of the haemopoietic and immune systems after marrow transplantation.// Bone Marrow Transplant, 1990, 5: 209–226.
2. *Linch D. C.,* et al. T cell regeneration after allogeneic and autologous bone marrow transplantation.// Br J Haematol, 1983, 53: 451–458.
3. *Wahren B*, et al. Transfer and persistence of viral antibody-producing cells in bone marrow transplantation.// J Infect Dis. 1984;150:358–365.

© БрГУ

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У ДЕВОЧЕК-ПОДРОСТКОВ СО СКОЛИОЗОМ

***О. В. СТАНКЕВИЧ*, А. Н. ГЕРАСЕВИЧ**

The paper is devoted to the definition of age features of the parameters describing a condition of nervous system and the nervous-muscular device at the girls-teenagers with a scoliosis. Age parameters of static endurance of muscles of a back and muscles of an abdominal tension, parameters of the tepping-test and results of accuracy of the reaction to the moving object are determined in comparison with healthy schoolgirls. Besides the proportional ratio of types of the temperament is found and the characteristic of interpersonal relations is made. The received results define more precisely parameters of the functional condition of nervous system and the nervous-muscular device and also mental sphere at schoolgirls with a scoliosis. It allows to bring necessary updatings in process of education and rehabilitation of the girls-teenagers with a scoliosis

Ключевые слова: сколиоз, статическая выносливость, теппинг-тест, реакция на движущийся объект, темперамент, межличностные отношения

До настоящего времени многие стороны проблемы сколиоза остаются не до конца ясными. Их решение определяет поиск и внедрение наиболее рациональных методов лечения [1,2]. Корригирующая гимнастика является одной из составных частей комплексного лечения сколиоза [3]. Целью работы было определение возрастных особенностей функционального состояния нервной системы (НС) и нервно-мышечного аппарата (НМА), а также особенностей темперамента и межличностных отношений в коллективе у девочек 8–9-х классов, больных сколиозом.

Исследования проводили в Брестской государственной санаторной школе-интернате для детей со сколиозом и СШ № 7 г. Бреста. Для обследования детей со сколиозом (n = 143) и здоровых (n = 222), учащихся 8–9-х классов, использовали оценку силовой выносливости мышц спины мышц и брюшного пресса, параметров теппинг-теста, точности реакции на движущийся объект (РДО), а также анкетирование по методикам Айзенка и Лири. Статистическую обработку результатов выполняли с использованием t–критерия Стьюдента.

В результате проведенных исследований было обнаружено:

1. Девочки 8–9-х классов, больные сколиозом, имеют схожие с результатами здоровых сверстниц показатели статической выносливости мышц спины и брюшного пресса.
2. Половые различия по результатам РДО проявляются у здоровых детей, в основном, в 9-м классе. Обнаруженные в группе здоровых детей различия отсутствуют в группе детей со сколиозом.
3. Максимальные результаты теппинг-теста по ведущей руке у девочек со сколиозом не отличаются от результатов здоровых девочек. К концу теста результаты девочек со сколиозом остаются более стабильными или уменьшаются менее значительно, чем у здоровых девочек.
4. Наблюдается соответствие между типом темперамента и характеристикой личностного профиля у здоровых и больных сколиозом девочек. В группе больных сколиозом девочек выявлены одинаково высокий процент холериков, несколько большее число сангвиников, разнонаправленные отличия по составу флегматиков и промежуточных типов по сравнению со здоровыми сверстницами.
5. Выраженность межличностных отношений в группах здоровых и больных сколиозом девочек входит в рамки адаптивного поведения. В 9-м классе у девочек со сколиозом имеет место несколько более выраженная степень проявления личностных качеств.

Литература

1. Шабалина Н. Б., Пузин С. Н., Сысоева Н. Ю. // Мед. техника. 2000. № 6. С. 16–18.
2. *Sliwa W., Chlebicka E.* // Uwarunkowania rozwoju fizycznego dzieci i młodziezy wiejskiej / Pod red. J. Zagórskiego, R. Cieslińskiego, M. Składa, H. Popławskiej. Biała Podlaska: Instytut Wychowania Fizycznego i Sportu. 1999. S. 277–280.
3. *Деметриу М.* Эффективность специальных физических упражнений и корригирующей гимнастики при нарушении осанки и сколиозе 1–2 степени: Автореф. дис… канд. мед. наук. Киев. 1989. 17 с.

© БГУФК

ПРИМЕНЕНИЕ СТРЕТЧИНГА В РАЗМИНКЕ

***Е. В. ШУТЕНКОВА*, Т. В. ЮСПА**

The attempt to base the variants of the limbering-up selected exercises complexes using stretching with help the of the physiological method of pulsimetry is undertaken in this work. As the basis of the argumentation of the effectiveness of complexes the author correctly took the principle of the sequence of load growth and the frequency of the heart contractions. Work is performed at the scientifically- correct level. The sufficiently capacious and reasoned survey of literature is represented. Statistical methods are competently used. Work is well illustrated. Purpose, tasks and conclusions present the united, series circuit of the interconnected lines of argumentation to ground the hypothesis pointed in the work

Ключевые слова: разминка, нагрузка, стретчинг, пульсограмма

Общеизвестно, что цель разминки это достижение оптимальной возбудимости ЦНС, мобилизация физиологических функций организма для выполнения относительно более интенсивной мышечной деятельности и «проработка» мышечно-связочного аппарата перед тренировочным занятием или соревнованием.

Разминка обычно разделяется на две части – общая – разогревание организма и специальная – настройка его на предстоящую деятельность.

В настоящее время основным средством разогревания считают мышечную работу, т.е. выполнение физических упражнений. Но не всякие упражнения пригодны для этого. Целесообразнее всего выполнять продолжительную, но умеренную по мощности работу.

Физиологические сдвиги, вызванные разминкой, не исчезают сразу после ее прекращения, а оставляют следы, которые и обеспечивают повышение работоспособности при последующей деятельности. Следовые явления после работы зависят от ее длительности и интервала отдыха между предварительной работой и последующей.

Таким образом, благоприятное воздействие разминки заключается не только в возникновении кратковременных положительных физиологических сдвигов, но и в сохранении относительно длительных следовых явлений, обеспечивающих повышение работоспособности.

Стретчинг (растягивание) – этот вид физической нагрузки является важнейшим звеном, связывающим пассивное и активное состояние организма. Он поддерживает гибкость мышц, подготавливает организм к движению и помогает без чрезмерного напряжения переходить от бездеятельности к энергичным действиям.

Стретчинг относится к статической форме растяжения мышц, т.е. когда с помощью очень медленных движений принимается определенная поза и спортсмен удерживает ее в течение нескольких секунд. Именно статические упражнения с растяжением мышц получили название «стретчинг».

В наших исследованиях при помощи диагностического комплекса для оценки функционального состояния спортсменов, состоящий из NoteBooK фирмы «Mitak», интерфейса и монитора ЧСС фирмы «Polar Accurex Plus^{tm}», была предпринята попытка изучить специфику развития пульсограмм в зависимости от особенности применения стретчинга в процессе разминки. Исследовались 3 варианта разминки, наиболее типичных в рекомендациях различных авторов.

Целесообразность применения стретчинга в том или ином варианте разминки основывалась на физиологическом принципе врабатываемости организма – постепенности. Поэтому найти место стретчингу в цепи динамических упражнений, не нарушая возрастающей динамики пульсограммы, явилось основной задачей исследований.

Вначале была выявлена специфика функциональной нагрузки при применении стретчинга. Анализ пульсограммы показал, что при выполнении 14 упражнений стретчинга максимальный пульс достигает 135 ударов в минуту, а средняя нагрузка примерно равна 90 ударов в минуту. По аппроксимирующей функции видно, что пульсограмма физиологического воздействия стретчинга на организм может быть описана синусоидальной кривой (*рис. 1*).

Выполнение стретчинга в начале разминки (вариант 1) показал, что пульсовая кривая ориентировочно соответствует постепенности ее нарастания. В данном случае пульсограмма может быть описана степенной функцией (*рис. 2*).

Рис. 1. Пульсограмма и аппроксимирующая функция при выполнении стретчинга
(*здесь и далее упражнения обозначены цифрами по горизонтале*)

Рис. 2. Пульсограмма и аппроксимирующая функция при выполнении разминки по варианту 1

Использование упражнений стретчинга в чередовании с динамическими упражнениями – вариант 2, (упражнение в динамике – упражнение в статике и т. д.) способствовал общему увеличению физиологической нагрузки, однако, физиологическая кривая не соответствовала принципу постепенности, о чем говорит пульсовая кривая, которая может быть аппроксимирована полиномом 3–4 степени (*рис. 3*).

Рис. 3. Пульсограмма и аппроксимирующая функция при выполнении разминки по варианту 2

Применение стретчинга в начале и в конце разминки (вариант 3) способствовал проявлению пульсограммы, которая может быть описана, как и в предыдущем варианте, полиномом 3–4 степени (*рис. 4*).

В результате проведенных исследований с целью реализации принципа постепенности в нарастании нагрузки стретчинг целесообразно использовать в начале разминки. Однако необходимо отметить, что подбор упражнений в стретчинге также должен соответствовать принципу постепенности.

Рис. 4. Пульсограмма и аппроксимирующая функция при выполнении разминки по варианту 3

Остальные варианты использования стретчинга также могут иметь право на применение, однако для их обоснования необходимо проведение более углубленных исследований.

© БрГУ

АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ УЧАЩИХСЯ 8-Х И 10-Х КЛАССОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ Г.БРЕСТА

***Н. С. КОЗУЛЬКО*, В. Г. БЕСПУТЧИК**

Annotation: the health of pupils depend on physical development and physical grounding of pupils is one of the most principal problems in physical training, the main from of which a PT lesson. The article studies the level of senior 8 and 10 classes physical grounding in the region on the basis of the testing result

Ключевые слова: уроки физкультуры, тестирование, физические качества, физическая подготовленность, сравнительный анализ

1. Введение

Состояние здоровья школьников с каждым годом ухудшается. Увеличивается количество учащихся, отнесенных по состоянию здоровья к подготовительным, специальным медицинским и группам лечебной физической культуры, а также полностью освобожденных от уроков физической культуры.

На 1 сентября 2002 г. по Брестской области насчитывалось 16,1 % школьников с ослабленным здоровьем, а в 2003 г. – уже 16,9 %.

Увеличение роста заболеваемости не предвещает ничего хорошего. Дети идут в первый класс уже с различными заболеваниями. Поэтому задачей семьи, школы, государства является сохранение и укрепление здоровья школьников.

Современные технологии, постоянно прогрессирующие научные открытия требуют не только высокого умственного развития, но и отличной физической подготовленности [ФП].

Гипотеза: анализ физического развития и физической подготовленности школьников позволит нам оценить рациональность и эффективность средств, форм и методов физического воспитания, влияющих на развитие физической культуры личности учащихся.

Цель: исследовать уровень физической подготовленности школьников 8-х и 10-х классов общеобразовательных школ г. Бреста для анализа и оценки качества физической подготовленности учащихся.

Задачи: определить уровень физической подготовленности учащихся 8-х и 10-х классов, оценить процентное соотношение результатов тестирования по 10-балльной системе оценок, сравнить результаты уровня физической подготовленности школьников с нормативными требованиями государственного стандарта, определить эффективность использования средств физической культуры у учащихся средних и старших классов в экспериментальной школе.

Методы исследования: изучение, анализ и обобщение литературных источников, методы педагогического обследования, педагогическое наблюдение, тестирование, документальный анализ, педагогический анализ и оценка, педагогический эксперимент, математико-статистический анализ, графический анализ.

Исследование проводилось в 8-х и 10-х классах общеобразовательных школ в 2001, 2002, 2003 годах и эксперимент в СШ №7 г. Бреста, в котором участвовали 224 юношей и 119 девушек. Эксперимент заключался в целенаправленном использовании средств физической культуры на развитие

двигательных качеств, нестандартного оборудования, игр с осуществлением промежуточного контроля, оценки и корректировки физической подготовки.

2. Результаты исследования

Нами впервые был проведен анализ уровня ФП старшеклассников общеобразовательных школ г. Бреста в сравнении с нормативными требованиями государственного стандарта, а так же ранжирование оценок успеваемости по 10-балльной системе (*табл.*1, 2, 3).

В *таблице* 1 видно, что учащиеся 10-х классов 2001 года обучения выполнили тесты: наклон вперед, челночный бег, подтягивание на перекладине и прыжок в длину следующим образом: на высоком уровне оценки («10» и «9» б.) находится 45%, на достаточном («8» и «7» б.) – 18%, на среднем («6» и «5» б.) – 13%, на удовлетворительном («4» и «3» б.) – 6%, на низком («2» и «1» б.) – 2%, не имеют результата учебной деятельности 16% юношей.

Девушки этих же классов выполняли наклон вперед, челночный бег, поднимание туловища и прыжок в длину с места и показали следующие результаты: 50% занимающихся обладают высоким уровнем оценки, 11% – достаточным, 17% – средним, 9% – низким, 2% не имеют результата учебной деятельности.

Таблица 1. **Количественные показатели тестирования учащихся 10-х классов 2001 г.**

Тесты	пол	Баллы										
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Наклон вперед	М	10	5	3	4	3	3	5	–	–	–	16
	Д	21	7	5	5	3	1	2	3	1	–	1
Челночный бег 4×9 м	М	20	9	8	8	2	–	–	–	–	–	2
	Д	16	17	1	2	10	1	1	2	–	–	–
Подтягивание/ поднимание	М	13	5	–	1	4	6	2	2	3	–	13
	Д	27	14	2	–	6	–	–	–	–	–	–
Прыжок в длину	М	12	14	2	6	3	5	2	2	1	–	–
	Д	17	6	1	4	7	2	2	3	–	–	1

Таблица 2. **Количественные показатели тестирования учащихся 10-х классов 2002 г.**

Тесты	пол	Баллы										
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Наклон вперед	М	3	4	5	6	4	7	5	6	2	4	4
	Д	12	7	3	2	1	9	2	2	1	5	–
Челночный бег 4×9 м	М	6	9	11	12	8	4	–	–	–	–	–
	Д	5	6	5	6	3	7	5	2	–	–	–
Подтягивание / поднимание	М	10	1	7	1	3	4	5	2	3	2	9
	Д	24	5	1	2	4	–	1	–	–	1	1
Прыжок в длину	М	3	6	3	5	6	9	4	7	2	2	–
	Д	5	2	–	3	8	5	4	1	3	2	1

Таблица 3. **Количественные показатели тестирования учащихся 10-х классов 2003 г**

Тесты	пол	Баллы										
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Наклон вперед	М	4	3	4	5	1	9	5	5	1	3	11
	Д	15	4	5	3	1	2	2	2	6	1	6
Челночный бег 4×9 м	М	18	4	9	10	4	4	1	–	1	–	–
	Д	7	3	8	12	5	6	3	3	–	–	–
Подтягивание / поднимание	М	10	4	5	3	3	7	–	3	8	5	3
	Д	27	8	5	1	2	2	–	1	1	–	–
Прыжок в длину	М	14	3	2	3	4	6	6	7	3	–	3
	Д	8	8	–	6	5	2	3	4	1	2	8

Среди учащихся 10-х классов 2002г. 17% юношей имеют высокий уровень оценки, 22% – достаточный, 30% – средний, 11% – удовлетворительный, 5% – низкий, не имеют результата 5% занимающихся.

42% девушек имеют высокий уровень оценки, среди остальных 14% – достаточный, 23% – средний, 11% – удовлетворительный, 8% – низкий и 2% – без результата (табл. 2).

Учащиеся 2003 г. выполнили тесты следующим образом: 30% - на высоком уровне, 17% – на достаточном, 19% – на среднем, 14% – на удовлетворительном, 11% – на низком и 9% не показали результата тестирования.

Среди учениц 42% имеют высокий уровень, 21% – достаточный, 13% – средний, 10% – удовлетворительный, 6% – низкий, 8% не показали результатов в тестировании (табл. 3).

В сравнении с нормативными требованиями Госстандарта гибкость у учащихся 2001 года соответствует уровню выше среднего с результатом 12 см, скоростные, силовые и скоростно-силовые качества – среднему с результатом в беге 9,5сек, подтягивании – 8 раз и прыжке 220 см. У юношей 2002 года обучения средний уровень развития двигательных качеств: наклон – 8 см, челночный бег – 9,8 с, подтягивание – 8 раз и прыжок 215 см. Гибкость, скорость и сила у юношей 2003 г. на среднем уровне с результатами 9 см, 9,7 с и 8 раз соответственно, а скоростно-силовые качества – ниже среднего 213 см (*рис*. 1).

В сравнении с нормативными требованиями все физические качества у девушек 2001 находятся на уровне выше среднего: 17 см – наклон, 10,4 с – челночный бег, 45 раз – поднимание туловища и 179 см – прыжок в длину. У учениц 2002 года обучения гибкость развита выше среднего уровня (17 см), скорость – ниже среднего (11 с), сила и скоростно-силовые качества – на среднем уровне (43 раза и 170 см), а в 2003 г. гибкость и сила у девушек соответствует среднему уровню Госстандарта (12 см и 43 раза), скорость и скоростно-силовые качества – ниже среднего (10,9 с и 163 см) (*рис*. 2).

Рис. 1. Сравнительный анализ уровня ФП юношей

Рис. 2 . Сравнительный анализ уровня ФП девушек

В результате эксперимента были получены следующие показатели физической подготовленности школьников.

Учащиеся 8-х классов в тесте наклон вперед показали результат 11 см, в челночном беге в 2002 г. – 10,1 с, в 2003 – 9,8 с., подтягивание выполнили одинаково – по 8 раз, прыжок – 200 и 201 см. Девочки в 2003 г. наклон выполнили лучше – 11 см, результат в челночном беге одинаков с ученицами 2002 г. – 10,6 с., в поднимании туловища результат несколько выше у девочек 2002 г. – 42 раза, а в прыжках ниже на 1 см.

Старшеклассники в 2002 и 2003 гг. выполнили наклон на 13 и 14 см соответственно, челночный бег – 9,6 и 9,5 с, подтягивание – 9 и 8 раз, прыжок 228 и 223 см. Девушки этих классов в 2002 г. показали результат в наклоне 21 см, а в 2003 г. – 18 см, в челночном беге одинаков – 10,4 с., в поднимании туловища – 47 и 46 раз и в прыжках 177 и 176 см.

Сравнивая данные тестирования в экспериментальной школе с результатами общеобразовательных школ региона установлено, что в экспериментальной школе они выше.

Благодаря серьезному подходу учителей к выполнению требований учебной программы школьники обладают хорошей и отличной ФП.

Исследование, проведенное в сентябре 2002 г. в 8-х классах показало, что в сравнении с нормативными требованиями Госстандарта мальчики имеют высокий уровень развития гибкости (11 см), выше среднего – в челночном беге (10,1) и подтягивании (8 раз) и средний уровень развития скоростно-силовых качеств (200 см).

В 2003 учебном году восьмиклассники показали такой же уровень ФП по всем тестам, как и предыдущие (*рис.* 3).

Рис. 3. Сравнительный анализ уровня развития физических качеств у мальчиков

Рис. 4. Сравнительный анализ уровня развития физических качеств у девочек

Девочки тех же классов в 2002 году показали средний уровень развития гибкости (11 см), силы (42 раза) и скоростно-силовых качеств (164 см), выше среднего уровень только в челночном беге (10,6 с).

В 2003 учебном году развитие гибкости ниже среднего уровня (7 см), а остальные качества развиты так же как и у предыдущих (*рис*. 4).

Исследование, проведенное в 10-х классах, дало следующие характеристики уровня ФП учащихся.

В 2002 г. юноши обладают уровнем выше среднего в гибкости (13 см), а в остальных тестах – средним.

В 2003 выше средний уровень развития качеств показан учащимися в наклоне (14 см) и подтягивании (10 р), средний уровень – в беге (9,5) и прыжках (223 см) (*рис*. 5).

Рис. 5. Сравнительный анализ уровня развития физических качеств у юношей

Девушки, учащиеся в 10-х классах в 2002 г., имеют высокий уровень развития гибкости (21 см), выше среднего – быстроты (10,4 с) и силы (47 раз), средний – скоростно-силовых качеств (177 см).

В 2003 г. уровень развития физических качеств аналогичен предыдущим, только результат в наклоне несколько ниже (18 см) – выше среднего уровня (*рис. 6*).

Рис. 6. Сравнительный анализ уровня развития физических качеств у девушек

3. Выводы

В результате исследования мы получили следующие выводы:

- больших изменений в различных годах обучения не наблюдается и восьмиклассники, и старшеклассники обладают хорошей ФП;

- сравнивая данные эксперимента с результатами общеобразовательных школ г. Бреста, установлено, что по всем тестам учебной программы учащиеся экспериментальной школы имеют несколько выше среднего уровень ФП;
- учителя ФК школы №7 г.Бреста рационально и эффективно используют методы, приемы и средства ФВ, что подтверждают результаты исследования;
- на основании педагогического исследования можно констатировать, что физическая подготовленность юношей выше, чем у девушек. Особенно следует отметить развитие таких физических качеств как скорости, гибкости и силы, а у девушек качества гибкости, силы и скоростно-силовых качеств;
- полученные данные эксперимента свидетельствуют о необходимости целенаправленного развития физических качеств как у юношей, так и у девушек.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абрамович А. О. 105
Акулич А. В. 176
Алексеенко А. С. 212
Алехно А. А. 4
Алешкевич С. В. 190
Амбражей Н. Н. 4
Ананич И. Г. 101
Андрейкин Ю. В. 5
Андруш В. Г. 201
Аниськов В. Н. 93
Анищенко С. Л. 242
Анкуда М. А. 111
Антоник Д. В. 94
Арабей А. В. 122
Аражи Х. Р. 80
Атрахимович В. И. 80
Афанасенков Д. С. 50
Афанасьев А. А. 5
Ачинович О. В. 66
Багновец О. М. 226
Багнюк Н. А. 50
Баешко А. А. 234
Базылева А. Б. 20
Баранова А. А. 171
Барковский Е. В. 53
Барковский Е. В. 66
Белько Ю. В. 72
Беспутчик В. Г. 252
Блинцов А. И. 206
Блохин А. В. 20
Бокун Г. С. 116
Бокуть С. Б. 246
Болвако А. К. 24, 37
Болотов С. В. 142
Бородынкин К. И. 226
Брандюков А. А. 190
Бранцевич П. Ю. 162
Брель М. В. 191
Бренч А. А. 182
Бровко С. В. 174
Буглак А. В. 182
Буй П. М. 99
Буйко О. К. 183
Булай П. М. 50
Бурганская Л. И. 201
Бурганская Т. М. 192
Бутвиловский А. В. 53, 66
Буткевич В. Г. 180
Бухтояров С. Е. 6
Васюнина Н. В. 166
Веранкова О. В. 185
Верхотуров А. Е. 100
Витковский А. А. 123
Вихренко В. С. 10
Воинов В. В. 72
Волченко М. С. 192
Воробьев Н. Т. 18
Высокоморный В. И. 224
Высоцкий Н. Н. 73
Габа С. И. 167
Герасевич А. Н. 226, 249
Гишкелюк И. А. 112
Гладышко М. И. 91
Глаз А. А. 207
Глаз А. В. 213
Гласкович А. А. 208
Глоба А. И. 27, 32
Глушанко А. В. 227
Гляков С. А. 116
Головкова В. В. 101
Голубев А. Н. 174
Гомолицкий Р. И. 161
Гончарова С. А. 162
Горошко В. И. 111
Грецкий Н. Л. 127
Гришанова С. С. 171
Громыко П. Н. 132
Груданов В. Я. 182
Губенко И. А. 83
Гуриков Д. А. 131
Гусаков А. В. 174
Гусев А. П. 205
Гусев О. К. 160
Гущинская О. Н. 61
Дивановский А. Л. 193
Дитченко Т. И. 59
Дмитриев Ю. В. 91
Доконов Л. Г. 132
Долинский М. С. 104
Дробот С. В. 4
Дроздов Н. А. 14
Дубинин С. В. 10
Дука Д. А. 74
Дятлова Е. М. 46
Егоров А. Н. 102
Егорова Е. А. 167
Емеличев В. А. 6
Епишко О. А. 221
Ерш И. Р. 233
Жабинская А. Р. 232
Жарский И. М. 24, 37
Жебентяев В. А. 226
Жигальцова О. А. 233
Жук Г. В. 234
Жуковский В. С. 76
Журавков М. А. 61
Загайгора К. А. 166
Загорский А. Е. 102
Замураев В. Г. 107
Захарченков К. В. 103
Захарьев А. С. 136
Земляник Р. Ф. 75
Зиновьева О. А. 175
Иванов А. К. 176
Игнатищев Р. М. 83
Игнатович И. Н. 245
Игнатович Л. В. 176
Игнатович М. О. 176
Кабак А. В. 76
Калютчик В. С. 77
Каминский С. А. 136
Камлюк А. Н. 52
Карачаев А. С. 218
Карлионова Н. В. 57
Карпович Д. С. 117
Качанов М. М. 103
Кащеев М. В. 77
Килбас Ю. В. 117
Киркор А. В. 180
Киселев М. Г. 144
Китун А. В. 195
Кірэеў В. В. 65
Клиндухов В. А. 5
Кобринец В. П. 153
Ковалева Е. М. 36
Ковалевич К. М. 237
Коваленко Е. А. 104
Ковчур С. Г. 181

Ковш М. А. 139
Козина Н. Т. 58
Козлов В. Г. 140
Козловская Н. О. 59
Козулько Н. С. 252
Колб Е. Л. 234
Колесникова И. А. 84
Колтович А. М. 208
Команденко В. А. 85
Кондратеня О. А. 87
Конопелько О. А. 73
Конопляник Е. В. 235
Константинов В. М. 146
Кончиц Н. Н. 104
Королева Л. М. 185
Коршун С. И. 220
Коршунов К. К. 66
Косинец В. А. 236
Косточко Д. Е. 104
Котов А. В. 194
Красовская О. А. 37
Красочко П. П. 208
Кругленя В. Е. 212
Крутько Э. Т. 27, 32, 41
Кудрик В. Г. 118
Кудрявцев С. Н. 212
Кузнецова М. В. 51
Кундас С. П. 112
Куницкий В. С. 110
Кусенков А. Н. 57
Кухта В. Н. 206
Лаврова Н. И. 178
Ладисова И. В. 186
Ланин В. Л. 118
Лапука О. Г. 78
Лачева Н. В. 187
Левданский Э. И. 149
Левицкий И. А. 92
Липик В. Т. 42
Литвинович С. Н. 237
Лукьянович И. Р. 123
Лустенков М. Е. 136
Лутковский В. М. 106
Лысов А. А. 127
Лялько А. А. 93
Макаревич Д. М. 136
Макеев В. В. 194
Макоед И. И. 11
Максименко А. Н. 91
Максина З. Г. 166
Малашко В. В. 207
Малашко Д. В. 213
Малевич Ю. К. 243
Малец М. С. 105
Маркевич Р. М. 50
Марков А. П. 145
Мастицкая С. Ю. 240
Матвеев К. С. 167, 174
Махонь А. Н. 181
Мацкевич А. Н. 74
Мельник Е. В. 217
Меркуль Г. В. 191
Мешкова Е. В. 141
Мирончик А. Ф. 186
Михаленок С. Г. 41
Мищенчук Ю. С. 242
Можейко М. Л. 243
Морозов Д. В. 78
Морозова Ю. К. 179
Назарова М. И. 195
Насковец М. Т. 193
Невзорова А. Б. 194
Немцов В. Б. 52
Нестерова С. В. 41
Нефедов В. А. 87
Новиков В. А. 148
Носиков А. А. 180
Овсянник А. В. 131
Олейник Д. Ю. 77
Онищук А. Г. 79
Орда А. Н. 190
Павлушкин Э. Ж. 75
Партнов С. Б. 85
Пашкевич А. П. 161
Пашков А. А. 243
Пашкова И. А. 243
Пегасин М. В. 79
Переверзева Н. А. 94
Петрище Т. Л. 227
Петрова Е. Б. 218
Петрова Н. Н. 218
Писарик В. В. 5
Пищикова А. В. 180
Пищов С. Н. 197
Плиш А. В. 227
Полищук А. А. 139
Полянская Ю. В. 42
Пономаренко М. В. 142
Поплетеев А. М. 106
Попов В. Б. 190, 194
Потужный А. С. 11
Премент Г. Б. 143
Прокопчук Н. Р. 42
Прощенко Ю. А. 244
Пузовик А. Ф. 198
Разумович И. М. 245
Рафальский И. В. 122
Редько Л. А. 140
Рожков Л. Н. 198
Руденко Д. В. 223
Рута Е. Я. 246
Ручай Н. С. 51
Савельева Н. В. 18
Самодумкин С. А. 244
Сасин А. В. 161
Свешников Ю. В. 11
Седышев С. Ю. 77
Семенов В. И. 143, 154
Семенюк Р. П. 175
Сенько В. И. 146
Сергейчик Н. В. 247
Середа В. В. 99
Сернов В. А. 90
Сероокая Т. И. 240
Сидорович С. А. 237
Симанович В. А. 197
Скарыно Б. Б. 159
Скачинская Т. В. 202
Смаль А. Н. 201
Смольская Н. В. 46
Соколов А. С. 202, 205
Солод Е. В. 248
Соляник А. А. 219
Ставров В. П. 47
Стальмошенок Е. К. 11
Станкевич О. В. 249
Степаненко Д. А. 144
Степанова Н. А. 58
Строцкий И. М. 145
Сырица Г. В. 84
Танана Л. А. 221

Терентьева О. А. 181
Терещенко И. М. 36
Тиванов М. С 14
Тимофеева В. Н. 187
Тихонов П. В. 146
Толкачева Т. А. 58
Точило В. С. 143
Тульев В. В. 4
Турчанов С. О. 219
Углов В. В. 11
Угольник Т. С. 235
Ульянова А. А. 141
Уляшко В. А. 220
Урбанчик Е. Н. 183
Федорчук А. И. 217
Харин Ю. С. 17
Хатетовский С. Н. 132
Хаткевич А. М 80
Хейфец М. Л. 127, 154
Хильмон Р. В. 224
Хуцкая Е. Ю. 89
Цед Е. А. 185
Церковский А. Л. 243
Цумарев Ю. А. 141
Чарковский А. В. 178
Чарныш А. Ф. 65
Червяков Д. С. 161
Чередниченко Д. В. 92
Черепанова А. В. 187
Черная Н. В. 179
Черник А. А. 24, 37
Чернин Р. И. 146
Черношей Д. А. 232
Чернышевич А. В. 148
Чиж Д. А. 66
Чиркун Д. И. 149
Шабалов В. А. 153
Шадуро Р. Н. 136
Шалупаев С. В. 15
Шардыко А. В. 154
Шаталов И. М. 91
Шауро Т. В. 206
Шваяков А. В. 159
Шелепова В. П. 178
Шелкова А. К. 227
Шершнев А. Е. 15
Шиман Д. В. 191
Ширко А. В. 52
Шпаковский Г. И. 100
Шубенкова Е. В. 47
Шутенкова Е. В. 250
Щербицкий Д. Л. 90
Юргель С. И. 208
Юспа Т. В. 250
Якимов А. И. 103, 110
Якимов Д. А. 110
Якимов Е. А. 107
Яржембицкая Н. В. 160
Ярмола А. Н. 17
Ящиковский Н. В. 234

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА

Алехно А. А., Дробот С. В. Математическая модель pin-диода 4

Амбражей Н. Н., Тульев В. В. Микротвердость поверхности сталей СТ3, 45, 40Х, модифицированных ионно-ассистированным осаждением покрытий на основе Al, Ti, Ti+Si, W 4

Андрейкин Ю. В., Клиндухов В. А., Афанасьев А. А., Писарик В. В. Фотоэлектрический анализатор дисперсных сред 5

Бухтояров С. Е., Емеличев В. А. Устойчивость векторных дискретных задач с параметрическим принципом оптимальности 6

Дубинин С. В., Вихренко В. С. Влияние нелинейностей на распространение энергии вдоль цепочки частиц 10

Потужный А. С., Макоед И. И. Магнитоэлектрические взаимодействия в висмутсодержащих перовскитах 11

Свешников Ю. В., Стальмошенок Е. К., Углов В. В. Структура и механические свойства железа и быстрорежущей стали Р6М5, подвергнутых воздействию компрессионных потоков азотной плазмы 11

Тиванов М. С., Дроздов Н. А. Расчет параметров солнечных элементов из данных оптических измерений 14

Шершнев А. Е., Шалупаев С. В. Особенности формирования углеродных алмазоподобных пленок на графитовой шихте методом ионно-лучевого и лазерного синтеза 15

Ярмола А. Н., Харин Ю. С. Вероятностно-статистический анализ дискретных временных рядов с длинной памятью 17

Савельева Н. В., Воробьев Н. Т. О произведении максимального и примарного классов фиттинга 18

ХИМИЯ

Базылева А. Б., Блохин А. В. Термодинамические свойства 2-адамантанона в конденсированном и газообразном состояниях 20

Болвако А. К., Черник А. А., Жарский И. М. Осаждение гальванических покрытий импульсным электролизом 24

Глоба А. И., Крутько Э. Т. Новые материалы на основе модифицированных ароматических полиимидов 27

Глоба А. И., Крутько Э. Т. Модифицированные полиимиды для формирования покрытий в микроэлектронных устройствах 32

Ковалева Е. М., Терещенко И. М. Синтез тугоплавких электровакуумных стекол для оболочек ламп накаливания с галогенным циклом 36

Красовская О. А., Болвако А. К., Черник А. А., Жарский И. М. Осаждение блестящих никель-железных покрытий большой толщины 37

Нестерова С. В., Крутько Э. Т., Михаленок С. Г. Исследование практической значимости азотсодержащих соединений 41

Полянская Ю. В., Липик В. Т., Прокопчук Н. Р. Эмиссия вредных веществ из полимерных материалов на стадии использования 42

Смольская Н. В., Дятлова Е. М. Термостойкие керамические материалы на основе малорасширяющихся фаз 46

Шубенкова Е. В., Ставров В. П. Структура и механические свойства термопластичных полимеров, наполненных древесными частицами 47

БИОЛОГИЯ. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Афанасенков Д. С., Булай П. М. Электродиффузионная модель возбудимой клеточной мембраны 50

Багнюк Н. А. , Маркевич Р. М. Изучение состава культуральной жидкости BACILLUS MUCILAGINOSUS и ее воздействия на свойства глинистого сырья в зависимости от условий культивирования 50

Кузнецова М. В., Ручай Н. С. Исследование процесса деструкции токсичных загрязнений сточной воды ПО «Полимир» в анаэробном биореакторе с иммобилизованными микроорганизмами 51

Ширко А. В., Немцов В. Б., Камлюк А. Н. Исследование сверхспиральных структур молекулы ДНК 52

Бутвиловский А. В., Барковский Е. В. Эволюционные дистанции и скорость эволюции алкогольдегидрогеназ класса I хордовых животных 53

Карлионова Н. В., Кусенков А. Н. Особенности формирования авифауны и населения птиц пригородных лесов города Гомеля 57

Козина Н. Т., Толкачева Т. А., Степанова Н. А. Функционирование иммобилизованных ферментов при действии неорганических ксенобиотиков 58

Козловская Н. О., Дитченко Т. И. Анализ NA^+/ K^+ – селективности плазмалеммы растительной клетки под действием инсектицида диметоата 59

Гущинская О. Н., Журавков М. А. Интеграция ГИС- и САПР-технологий при создании автоматизированных систем ведения и сопровождения горных работ 61

Кірэеў В. В., Чарныш А. Ф. Стварэнне экалагічнай экспертнай сістэмы горада з выкарыстаннем ГІС-мадэлявання 65

Коршунов К. К., Чиж Д. А. Автоматизированные технологии зонирования территории с использованием ГИС «ARCVIEW» И «MAPINFO» 66

Бутвиловский А. В., Барковский Е. В., Ачинович О. В. О молекулярной эволюции различных участков α-субъединицы S2 гетеротримерного G_S-белка позвоночных и беспозвоночных животных 66

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Белько Ю. В., Воинов В. В. Определение дальности низколетящей цели акустоэлектрическим методом 72

Высоцкий Н. Н., Конопелько О. А. Конструкция авиационной автоматической пушки на жидком метательном веществе 73

Дука Д. А., Мацкевич А. Н. Методики анализа условий срыва слежения в системе измерения скорости подвижного объекта 74

Земляник Р. Ф., Павлушкин Э. Ж. Система управления авиационной автоматической пушкой на жидком метательном веществе 75

Кабак А. В., Жуковский В. С. Разработка автоматизированного рабочего места начальника медицинской службы пограничных войск РБ 76

Калютчик В. С., Седышев С. Ю. Разработка алгоритма стабилизации уровня ложных тревог с высокой пороговой разрешающей способностью полезных сигналов 77

Кащеев М. В., Олейник Д. Ю. Программа контрольного полета по проверке тактико-технических характеристик системы управления вооружением СУВ Ш-101 самолета СУ-27П.... 77

Морозов Д. В., Лапука О. Г. Анализ результатов воздействия двухточечного квазикогерентного сигнала на фазовый моноимпульсный пеленгатор 78

Пегасин М. В., Онищук А. Г. Структурно-параметрическое моделирование пассивных элементов СВЧ тракта 79

Аражи Х. Р., Атрахимович В. И., Хаткевич А. М. Конструкции каменных колонн..... 80

Губенко И. А., Игнатищев Р. М. Статика. Метод специальных осей 83

Колесникова И. А., Сырица Г. В. Влияние кубовидного щебня на физико-механические свойства бетона 84

Команденко В. А., Партнов С. Б. Синтез алгоритма выбора оптимальной структуры комплекса «асфальтоукладчик – дорожные катки» при укладке и уплотнении асфальтобетонных смесей 85

Кондратеня О. А., Нефедов В. А. Планировочные решения реконструируемых зданий 87

Хуцкая Е. Ю. Оптимизация конструктивных решений и совершенствование методики расчета водонапорных башен 89

Щербицкий Д. Л., Сернов В. А. Способ расчета осадки свайных фундаментов с низкими ростверками на основе метода эквивалентного слоя 90

Дмитриев Ю. В., Шаталов И. М. Разработка нормативов водопотребления и водоотведения для предприятий дорожного хозяйства 91

Гладышко М. И., Максименко А. Н. Граничные условия применения машин при ремонте автомобильных дорог по новым технологиям 91

Чередниченко Д. В., Левицкий И. А. Окрашенные цветные порошки для производства плиток «грес» на основе амфиболовых концентратов 92

Аниськов В. Н., Лялько А. А. Моделирование систем управления на основе искусственных нейронных сетей 93

Антоник Д. В., Переверзева Н. А. Применение языка программирования PERL для обеспечения интерактивности Web-сайта 94

Буй П. М., Середа В. В. Компьютерное моделирование работы адаптивных систем передачи с обратной связью в условиях действия помех 99

Верхотуров А. Е., Шпаковский Г. И. Исследование и разработка средств масштабирования параллельных вычислений в стандарте MPI в локальных сетях 100

Головкова В. В., Ананич И. Г. Оптимизация управленческих решений при выборе производственных технологий 101

Егоров А. Н., Загорский А. Е. Полуавтоматическая обработка фотографий поверхности кристалла... 102

Качанов М. М., Якимов А. И., Захарченков К. В. Оценка производственной мощности и загрузки оборудования на основе имитационного моделирования в ПТКИ BELSIM 103

Кончиц Н. Н., Коваленко Е. А. Разработка системы удаленного администрирования Web-сайта кафедры АСОИ с использованием технологий PHP и MySQL 104

Косточко Д. Е., Долинский М. С. Информационный интернет-портал «Олимп» 104

Малец М. С., Абрамович А. О. Автоматизация обработки информации на кафедре вуза 105

Поплетеев А. М., Лутковский В. М. Разработка Web-ориентированной информационно-справочной системы поддержки дистанционного обучения по курсу «Нейронные сети» 106

Якимов Е. А., Замураев В. Г. Программный модуль для решения одномерной краевой задачи 107

Якимов Д. А., Куницкий В. С., Якимов А. И. Программный комплекс для предварительных аудиометрических исследований 110

Анкуда М. А., Горошко В. И. Методы схемотехнических преобразований и анализа необратимых электрических и электронных цепей 111

Гишкелюк И. А., Кундас С. П. Комплексное моделирование теплофизических процессов при термообработке металлических деталей 112

Гляков С. А., Бокун Г. С. Компьютерное проектирование рычажных механизмов 116

Килбас Ю. В., Карпович Д. С. Моделирование температурного поля в изделии при каландровании и синтез АСР температуры 117

Кудрик В. Г., Ланин В. Л. Компьютерный контроль и регулирование температуры паяльных станций 118

Арабей А. В., Рафальский И. В. Управление структурой и свойствами алюминиевых сплавов с учетом эволюций структурной микронеоднородности расплавов 122

Витковский А. А., Лукьянович И. Р. Автоматизация проектирования технологических процессов ремонта и восстановления деталей машин 123

Грецкий Н. Л., Лысов А. А., Хейфец М. Л. Технология и инструмент для алмазно-абразивной обработки твердых неметаллических материалов 127

Гуриков Д. А., Овсянник А. В. Исследование интенсифицирующего воздействия малотеплопроводных пористых покрытий при кипении жидкостей в условиях свободного движения 131

Доконов Л. Г., Громыко П. Н., Хатетовский С. Н. Способы формообразования пространственно-модифицированных зубьев коническо-цилиндрической прецессионной передачи 132

Захарьев А. С., Макаревич Д. М., Лустенков М. Е. Разработка поршневого насоса со встроенной эллипсной шариковой передачей 136

Каминский С. А., Шадуро Р. Н. Повышение долговечности поверхностей пар трения вал-подшипник методами ППД 136

Ковш М. А., Полищук А. А. Анализ и выбор схем транзисторных усилителей для измерительных устройств 139

Козлов В. Г., Редько Л. А. Оптимизация выбора массы и скорости движения пассажирских поездов 140

Мешкова Е. В., Ульянова А. А., Цумарев Ю. А. Разработка мероприятий по повышению эффективности работы сварочного оборудования 141

Пономаренко М. В., Болотов С. В. Контроль параметров проплавления по остаточной индукции в зоне сварки 142

Премент Г. Б., Семенов В. И., Точило В. С. Определение припусков и режимов механической обработки с учетом технологического наследования параметров качества детали 143

Степаненко Д. А., Киселев М. Г. Повышение эксплуатационных показателей режущего инструмента для обработки сверхтвердых материалов путем применения акустической энергии 144

Строцкий И. М., Марков А. П. Особенности проектирования волоконно-оптических датчиков для контроля параметров жидких сред 145

Тихонов П. В., Константинов В. М. Технология восстановления опорных поверхностей скольжения ротора привода компрессора осевого импульсного 2SP-201 на ОАО «Полимир» 146

Чернин Р. И., Сенько В. И. Повышение технического ресурса подвижного состава 146

Чернышевич А. В., Новиков В. А. Магнитографический контроль ферромагнитных объектов с намагничиванием через магнитоноситель 148

Чиркун Д. И., Левданский Э. И. Разработка и исследования новой конструкции роторно-центробежного сепаратора 149

Шабалов В. А., Кобринец В. П. Выбор критерия оптимизации и разработка алгоритма оптимального управления ректификационной колонной К-102 установки первичной переработки нефти в условиях ОАО «Мозырский НПЗ» 153

Шардыко А. В., Хейфец М. Л., Семенов В. И. Технологическое наследование физико-механических и геометрических параметров качества восстанавливаемых деталей 154

Шваяков А. В., Скарыно Б. Б. Применение адаптивных нечетких регуляторов в автоматизированном электроприводе 159

Яржембицкая Н. В., Гусев О. К. Исследование характеристик и возможностей парафазных фотоприемников применительно к модернизации одно-двухканальных оптико-электронных приборов и методов 160

Червяков Д. С., Сасин А. В. Оптоэлектронный регулируемый тахометр 161

Гомолицкий Р. И., Пашкевич А. П. Компенсация гравитационной составляющей манипулятора типа orthoglide 161

Гончарова С. А., Бранцевич П. Ю. Система поддержки принятия решений по оценке технического состояния механизмов по вибрационным параметрам 162

Васюнина Н. В., Загайгора К. А., Максина З. Г. Разработка технологии предварительного формования союзок 166

Габа С. И., Егорова Е. А., Матвеев К. С. Исследование влияния диспергирующих и деструктирующих воздействий на рециклинг отходов искусственных кож 167

Гришанова С. С., Баранова А. А. Разработка хлопкополиэфирной пряжи малой линейной плотности с использованием сверхтонких волокон на пневмомеханической прядильной машине 171

Гусаков А. В., Бровко С. В., Голубев А. Н., Матвеев К. С. Расчет и оптимизация конструктивных и технологических параметров оборудования для экструзии вторичных материалов 174

Зиновьева О. А., Семенюк Р. П. Рациональное использование отходов в производстве отделочных материалов 175

Иванов А. К., Акулич А. В. Разработка и исследование гидродинамики группового вихревого пылеуловителя 176

Игнатович М. О., Игнатович Л. В. Исследования влияния концентрации паркетного лака на влагопоглощение торцового паркета 176

Лаврова Н. И., Шелепова В. П., Чарковский А. В. Оптимизация процессов вязания трикотажа для протезных изделий 178

Морозова Ю. К., Черная Н. В. Разработка технологии бумаги для кашированных обоев, проклеенной модифицированной канифолью 179

Носиков А. А., Киркор А. В. Исследование гидравлического сопротивления оросителя из ПЭТФ для вентиляторных градирен 180

Пищикова А. В., Буткевич В. Г. Исследование параметров технологического процесса получения нетканых полотен с использованием отходов льняного волокна 180

Терентьева О. А., Ковчур С. Г., Махонь А. Н. Разработка средств и методов испытания эластичных материалов в динамических условиях 181

Буглак А. В., Груданов В. Я., Бренч А. А. Повышение эффективности процесса измельчения мясного сырья в куттерах и разработка новых конструкций ножей 182

Буйко О. К., Урбанчик Е. Н. Продукты питания из пророщенного зерна тритикале 183

Веранкова О. В., Цед Е. А., Королева Л. М. Разработка технологии получения нового вида безалкогольного напитка брожения с пробиотическими свойствами 185

Ладисова И. В., Мирончик А. Ф. Снижение содержания радиоактивных веществ в продукции при ее переработке в домашних условиях 186

Лачева Н. В., Черепанова А. В., Тимофеева В. Н. Изучение возможности использования шиповника в производстве соков 187

СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ

Алешкевич С. В., Орда А. Н. Улучшение агроэкологических свойств почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов обоснованием конструкций ходовых систем со сниженным уровнем воздействия на почву 190

Брандюков А. А., Попов В. Б. Анализ агрегатирования комбайна полунавесного кормоуборочного КПК – 3000 с трактором «Беларус» модели 2522 190

Брель М. В., Шиман Д. В., Меркуль Г. В. Опыт проведения прореживаний в лесах Новинковского лесничества ГЛХУ «Василевичский лесхоз» 191

Волченко М. С., Бурганская Т. М. Состояние насаждений правобережной части Несвижского дворцово-паркового ансамбля и пути его улучшения 192

Дивановский А. Л., Насковец М. Т. Способ строительства лесовозных дорог с теплоизоляционными прослойками на основе отходов деревообработки 193

Котов А. В., Попов В. Б. Исследование влияния дополнительного гидроцилиндра и гидропневмоаккумулятора в подъемно-навесном устройстве УЭС-2-250А 194

Макеев В. В., Невзорова А. Б. Совершенствование технологии восстановления деталей узлов трения сельскохозяйственных машин 194

Назарова М. И., Китун А. В. Комбинированные почвообрабатывающие машины и агрегаты 195

Пищов С. Н., Симанович В. А. Обоснование параметров колесных трелевочных тракторов и исследование их нагруженности в различных эксплуатационных условиях 197

Пузовик А. Ф., Рожков Л. Н. Экологическая сертификация лесохозяйственных мероприятий Негорельского учебно-опытного лесхоза 198

Смаль А. Н., Андруш В. Г., Бурганская Л. И. Совершенствование процесса обкатки двигателей внутреннего сгорания 201

Соколов А. С., Скачинская Т. В. Рекреационная динамика лесных геоэкосистем и ее индикация 202

Соколов А. С., Гусев А. П. Экологическая индикация рекреационных нарушений в лесных ландшафтах Белорусского Полесья 205

Шауро Т. В., Блинцов А. И., Кухта В. Н. Роль ксилофагов в усыхании ельников ГЛХУ «Вилейский лесхоз» и мероприятия по борьбе с ними 206

Глаз А. А., Малашко В. В. Система регуляции воспроизводительной функции у коров при гипофункции яичников 207

Колтович А. М., Юргель С. И. Использование карбамид-аммиачной смеси на посевах рапса ярового на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве 208

Красочко П. П., Гласкович А. А. Использование препарата из пчелиной перги «Апистимулин-А» для стимуляции иммунитета и обменных процессов цыплят-бройлеров 208

Кудрявцев С. Н., Кругленя В. Е., Алексеенко А. С. Выбор ресурсосберегающей технологии и машин для переработки льновороха 212

Малашко Д. В., Глаз А. В. Эффективность выращивания поросят при использовании микробно-витаминного препарата и лазеротерапии 213

Мельник Е. В., Федорчук А. И. Исследование эффективности мер защиты от поражения электрическим током на животноводческих фермах 217

Петрова Е. Б., Петрова Н. Н., Карачаев А. С. Применение метода электрофоретического анализа в стандартизации, селекции и семеноводстве 218

Соляник А. А., Турчанов С. О. Различные источники локального обогрева при выращивании поросят-сосунов 219

Уляшко В. А., Коршун С. И. Эффективность внутрилинейного подбора и кросса линий 220

Епишко О. А., Танана Л. А. Чистопородное разведение свиней белорусской мясной породы 221

Руденко Д. В., Руденко Д. В. Пути повышения эффективности производства свинины в СПК «Обухово» 223

Хильмон Р. В., Высокоморный В. И. Основные факторы повышения эффективности производства овощной продукции 224

МЕДИЦИНА

Багновец О. М., Герасевич А. Н. Возрастные особенности функционального состояния нервной системы и нервно-мышечного аппарата у детей младшего школьного возраста, больных сколиозом 226

Бородынкин К. И., Жебентяев В. А. Клинико-биохимическая характеристика пациентов с пси-

хогенными депрессивными расстройствами 226

Глушанко А. В., Шелкова А. К., Плиш А. В., Петрище Т. Л. Профилактика в условиях рынка стоматологических услуг 227

Жабинская А. Р., Черношей Д. А. Влияние малых доз облучения на показатели клеточного и гуморального иммунитета детей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях Беларуси 232

Жигальцова О. А., Ерш И. Р. Коррекция повышенного артериального давления в утренние часы с помощью комбинированной терапии фелодипином и метопрололом в амбулаторных условиях 233

Жук Г. В., Баешко А. А. Оценка эффективности стандартной флебэктомии с помощью ультразвукового исследования вен нижних конечностей 234

Колб Е. Л., Ящиковский Н. В. Анализ результатов обследования больных с явлениями непереносимости зубных протезов 234

Конопляник Е. В., Угольник Т. С. Зависимость иммунного ответа организма на введение стафилококкового анатоксина от HLA-фенотипа и группы крови по системе АВ0 235

Косинец В. А. Этиопатогенетические аспекты возникновения и развития синдрома энтеральной недостаточности при экспериментальном перитоните 236

Литвинович С. Н., Сидорович С. А., Ковалевич К. М. Особенности антропометрических, серологических и дерматоглифических показателей у больных детским церебральным параличом 237

Мастицкая С. Ю., Сероокая Т. И. Изучение продукции провоспалительных цитокинов *in vitro* как метод оценки функционального статуса мононуклеаров периферической крови при ВИЧ-инфекции 240

Мищенчук Ю. С., Анищенко С. Л. Одонтогенные кисты у детей в структуре биопсийного материала 242

Можейко М. Л., Малевич Ю. К. Диагностика, лечение и реабилитация девочек-подростков с доброкачественными опухолями яичников 243

Пашкова И. А., Церковский А. Л., Пашков А. А. Психологические аспекты хронизации поясничной боли 243

Прощенко Ю. А., Самодумкин С. А. Формализация медицинских знаний в базах знаний интеллектуальных систем 244

Разумович И. М., Игнатович И. Н. Индукция толерантности к ксеногенным островковым клеткам в эксперименте 245

Рута Е. Я., Бокуть С. Б. Структура и функция гемоглобина A_{1C} 246

Сергейчик Н. В. Возрастные особенности отдельных параметров внешнего дыхания и физического развития у детей со сколиозом среднего школьного возраста 247

Солод Е. В. Изучение показателей клеточного и гуморального иммунитета и их связи с РТПХ и инфекционными осложнениями при трансплантации аллогенного костного мозга у взрослых 248

Станкевич О. В., Герасевич А. Н. Возрастные особенности функционального состояния нервной системы у девочек-подростков со сколиозом 249

Шутенкова Е. В., Юспа Т. В. Применение стретчинга в разминке 250

Козулько Н. С., Беспутчик В. Г. Анализ физической подготовленности учащихся 8-х и 10-х классов общеобразовательных школ г. Бреста 252

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 257