

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№3 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

Казань

2018

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №3 2018г. – Казань:
Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – 80 с.

ISSN 2079-5920

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3

Журнал зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvr.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № 12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;

В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.; В.К. Половняк – д.х.н., проф.;

П.П. Суханов – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Научно-технический вестник Поволжья, 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ**01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА**

- О.Е. Антоненкова, Н.А. Часова* ПОСТРОЕНИЕ n -ГАРМОНИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ В ВЕРХНЕМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРОСТРАНСТВА ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ С ДРОБНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ЯДРА ПУАССОНА 7

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- С.В. Рогатых* КОНДИЦИОННОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТРАДИЦИОННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАНУЧ (КАМЧАТКА) 12
- В.В. Семченко, Н.П. Шабельская, Е.В. Сулима* ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ДЕЛАФОССИТА В ОКСИДНОЙ МЕДЬ-ХРОМОВОЙ СИСТЕМЕ 15

05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Н.А. Абышев, М.А. Васильев, А.В. Ключников, Н.Е. Патокина* ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЛИК И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЦИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 18
- С.Н. Антропов, А.П. Буйносов* О КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЛОКОМОТИВОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ 22
- А.П. Буйносов, С.И. Лантев* АНАЛИЗ ИЗНОСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЭЛЕКТРОВЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА НПП 25
- Е.В. Сорокин* ОТРАБОТКА ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ ШУМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ 29

05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

- А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов* ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЕЩЕСТВ: ИДЕИ, РЕАЛИЗАЦИИ, РЕЗУЛЬТАТЫ 33

05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Д.В. Бережной, М.Ф. Шамим, И.С. Балафендиева* ПОСТРОЕНИЕ ЧИСЛЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ФРИКЦИОННЫХ РАЗЪЕМОВ 37
- Н.Н. Бурзуева, Я.А. Мостовой* ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ YOUTUBE API SERVICES С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО НАДЕЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 40
- Т.В. Гаибова, М.С. Анкудинов* ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕСУРСОВ 48
- Т.А. Деменкова, Г.С. Кожевников* МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ 52
- К.А. Панасюк, А.Д. Тарасов* ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ В ЗАДАЧЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ 56

<i>А.Б. Сорокин, Д.В. Петкевич, В.И. Тихвинский</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА И ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА	59
<i>Б.А. Староверов, В.Н. Шведенко</i> МЕТОД СИНТЕЗА АНСАМБЛЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	64
<i>С.Л. Сьянов, С.Г. Лекомцев</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ JAVA ДЛЯ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТ	67
<i>С.Л. Сьянов, Р.А. Хасанов</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА JAVA ДЛЯ СОЗДАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ANDROID	71
АННОТАЦИИ	74

THE RELEASE MAINTENANCE**01.01.00 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICS**

- O.E. Antonenkova, N.A. Chasova* CONSTRUCTION OF THE α -HARMONIC PROJECTION ON THE UPPER HALF-SPACE OF COMPLEX SPACE BY MEANS OF INTEGRATED OPERATORS WITH FRACTIONAL DERIVATIVES OF THE POISSON KERNEL 7

02.00.00 — CHEMICAL SCIENCES

- S.V. Rogatykh* CONDITION OF CHEMICAL COMPOSITION OF TRADITIONAL NUTRIENT ENVIRONMENTS FOR CHEMOLITHOTROPHIC MICROORGANISMS OF COPPER-NICKEL DEPOSIT SHANUCH (KAMCHATKA) 12
- V.V. Semchenko, N.P. Shabel'skaya, E.V. Sulima* THE PROBLEM OF EDUCATION DELAFOSSITE OXIDE-COPPER-TEMPLE SYSTEM 15

05.02.00 — TECHNICAL SCIENCES — MECHANICAL ENGINEERING AND ENGINEERING SCIENCE

- N.A. Abyshev, M.A. Vassilyev, A.V. Klyuchnikov, N.E. Patokina* DESIGN AND METHODOLOGY OF STAND INTENDED FOR MEASURE THE FLYING VEHICLES' MASS-INERTIA CHARACTERISTICS 18
- S.N. Antropov, A.P. Buinosov* ON THE DEVELOPMENT OF UNIVERSAL PLATFORMS FOR NEW GENERATION LOCOMOTIVES 22
- A.P. Buinosov, S.I. Laptev* ANALYSIS OF WEAR OF TIRES OF WHEEL PAIRS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES OF INDUSTRIAL TRANSPORT NP1 25
- E.V. Sorokin* TESTING NUMERICAL MODEL OF GENERATION OF JET-BODY INTERACTION NOISE 29

05.11.00 — TECHNICAL SCIENCES — INSTRUMENTATION, METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES

- A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov* THERMOANALYSIS OF SUBSTANCES: IDEAS, IMPLEMENTATION, RESULTS 33

05.13.00 — TECHNICAL SCIENCES — COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

- D.V. Bereznoi, M.R. Shamim, I.S. Balafendieva* CONSTRUCTION OF NUMERICAL METHODS FOR CALCULATING THE PROCESSES OF CREATION AND OPERATION OF FRICTION CONNECTORS 37
- N.N. Burzueva, J.A. Mostovoi* THEORETICAL ANALYSIS AND EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF INTERFACE OF YOUTUBE API SERVICES FOR THE DETERMINATION OF ITS RELIABILITY CHARACTERISTICS 40
- T.V. Gaibova, M.S. Ankudinov* EXPERIMENTAL APPROBATION OF ALGORITHM OPTIMAL PLANNING OF PROJECT RESOURCES 48
- T.A. Demenkova, G.S. Kozhevnikov* METHODS OF CONSTRUCTION AND RESEARCH OF PROGRAM MODEL OF DISTANCE LEARNING SYSTEM 52
- K.A. Panasyuk, A.D. Tarasov* GENETIC ALGORITHM USED IN PROBLEM OF INFORMATION COMPUTER NETWORK PROTECTION SYSTEM DESIGNING 56
- A.B. Sorokin, D.V. Petkevich, V.I. Tihvinskij* DESIGN OF SIMULATION DYNAMIC MODELS BASED ON SYNTHESIS OF SITUATIONAL ANALYSIS AND ACTIVITY APPROACH 59

<i>B.A. Staroverov, V.N. Shvedenko</i> SYNTHESIS METHOD OF NEURAL NETWORKS ENSEMBLE FOR ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION FORECAST	64
<i>S.L. Syanov, S.G. Lekomtsev</i> THE USE OF THE JAVA PROGRAMMING LANGUAGE FOR FINDING INFORMATION IN THE INTERNET	67
<i>S.L. Syanov, R.A. Hasanov</i> THE USE OF THE JAVA LANGUAGE FOR CREATING MULTIMEDIA APPLICATIONS ON ANDROID	71
ABSTRACTS	74

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА (01.01.00)

01.01.01

О.Е. Антоненкова канд.физ.-мат.наук, Н.А. Часова канд.физ.-мат.наук

Брянский государственный инженерно-технологический университет,
кафедра математики,
Брянск, chasnat@bk.ru.

ПОСТРОЕНИЕ n -ГАРМОНИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ В ВЕРХНЕМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРОСТРАНСТВА ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ С ДРОБНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ЯДРА ПУАССОНА

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-7-11

В работе вводятся весовые пространства $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ n -гармонических в верхнем полупространстве C_+^n функций. Получено интегральное представление функций из $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$, где $\vec{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_j > 0$, $\vec{p} = (p_1, \dots, p_n)$, $\vec{q} = (q_1, \dots, q_n)$, $1 \leq p_j, q_j < +\infty$. Строится интегральный проектор из пространств $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ на $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ при указанных \vec{p} и \vec{q} .

Ключевые слова: интегральный проектор, ядро Пуассона, n -гармоническая функция, верхнее полупространство.

Во многих исследованиях, связанных с пространствами гармонических и голоморфных функций, существенную роль играют интегральные представления и линейные ограниченные проекторы на соответствующие пространства. В связи с этим напомним классические формулы Коши, Пуассона, Шварца и интегральные представления с воспроизводящими ядрами. Важность таких представлений для решения ряда актуальных задач комплексного анализа не вызывает сомнений, для примера укажем на работы [1 – 3].

Следует отметить, что в одномерном случае указанные вопросы изучены довольно полно [1, 4]. В то же время интегральные представления в различных многомерных областях комплексного пространства исследованы сравнительно мало, несмотря на то, что они имеют важные приложения в теории кратных тригонометрических рядов, в теории функций нескольких комплексных переменных и в многомерном гармоническом анализе.

В данной работе, используя свойства дробных производных ядра Пуассона, строится n -гармоническая проекция в верхнем полупространстве комплексного пространства. Аналогичные вопросы, связанные с интегральными представлениями как в единичном круге, так и в различных областях пространств R^n и C^n рассматриваются и в работах других авторов [5 – 8].

Пусть $C_+ = \{z \in C : \text{Im } z > 0\}$ – верхняя полуплоскость на комплексной плоскости, тогда $C_+^n = \{(z_1, \dots, z_n) \in C^n : \text{Im } z_j > 0, j = \overline{1, n}\}$ – верхнее полупространство в C^n . $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ – пространство измеримых на C_+^n функций f , для которых $\|f\|_{L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}} =$

$$= \left(\int_0^{+\infty} y_n^{\alpha_n q_n - 1} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} \dots \left(\int_0^{+\infty} y_1^{\alpha_1 q_1 - 1} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(z_1, \dots, z_n)|^{p_1} dx_1 \right)^{q_1} dy_1 \right)^{p_2} \dots dx_n \right)^{q_n} dy_n \right)^{\frac{1}{q_n}} < +\infty,$$

где $\vec{p} = (p_1, \dots, p_n)$, $\vec{q} = (q_1, \dots, q_n)$, $1 \leq p_j, q_j < +\infty$, $\vec{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_j > 0$, $z_j = x_j + iy_j \in C_+$, $j = \overline{1, n}$.

При указанных \vec{p} и \vec{q} обозначим через $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$ подпространство $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$ состоящее из n -гармонических в C_+^n функций.

Ядро Пуассона для C_+ задается формулой $P(x, y) = \frac{y}{\pi(x^2 + y^2)}$, где $x + iy \in C_+$. Определим оператор дробного интегрирования Римана-Лиувилля:

$$D^{-\alpha} f(x, y) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{+\infty} t^{\alpha-1} f(x, y+t) dt, \quad D^0 f = f,$$

$$D^\alpha f(x, y) = (-1)^m D^{-(m-\alpha)} \frac{\partial^m}{\partial y^m} f(x, y), \quad \alpha > 0, \text{ а } m \in \mathbf{Z}: m-1 < \alpha \leq m.$$

Любую функцию $u \in h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ при $n=1$ можно представить в виде:

$$u(x, y) = \frac{2^\beta}{\Gamma(\beta)} \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u(\xi, \eta) D^\beta P(x-\xi, y+\eta) \eta^{\beta-1} d\xi d\eta, \quad (1)$$

где $\beta > \alpha > 0$, $x + iy \in C_+$ [9].

Применяя интегральное представление (1) последовательно по каждой переменной, получим:

$$u(z_1, \dots, z_n) = C(n, \vec{\beta}) \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \dots \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u(\zeta_1, \dots, \zeta_n) \times \\ \times D^{\beta_1} P(x_1 - \xi_1, y_1 + \eta_1) \eta_1^{\beta_1-1} d\xi_1 d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n, \quad (2)$$

где $u \in h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$, $\vec{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_n)$, $\beta_j > \alpha_j > 0$, $z_j = x_j + iy_j$, $\zeta_j = \xi_j + i\eta_j \in C_+$,

$$j = \overline{1, n}, \quad C(n, \vec{\beta}) = \prod_{j=1}^n \frac{2^{\beta_j}}{\Gamma(\beta_j)}.$$

Возникает вопрос, как охарактеризовать те n -гармонические в C_+^n функции, которые допускают представление (2). Построим интегральный проектор, отображающий пространство $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$ на пространство $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$. Отметим, что аналогичные результаты в весовых пространствах со смешанной нормой аналитических в поликруге и шаре функций установлены ранее в работах авторов [10 – 12]. При доказательстве основной теоремы нам понадобится следующее вспомогательное утверждение.

Лемма (См. [9]). Если $\alpha > 0$, то справедлива оценка

$$|D^\alpha P(x, y)| \leq C(\alpha) \frac{1}{(|x| + y)^{\alpha+1}}, \quad x + iy \in C_+.$$

Основным результатом работы является следующее утверждение.

Теорема. Пусть $\vec{p} = (p_1, \dots, p_n)$, $\vec{q} = (q_1, \dots, q_n)$, $1 \leq p_j, q_j < +\infty$, $\vec{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_n)$, $\beta_j > \alpha_j > 0$, $j = \overline{1, n}$. Тогда оператор

$$T_{\vec{\beta}}(f)(z_1, \dots, z_n) = C(n, \vec{\beta}) \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \dots \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\zeta_1, \dots, \zeta_n) \times \\ \times D^{\beta_1} P(x_1 - \xi_1, y_1 + \eta_1) \eta_1^{\beta_1-1} d\xi_1 d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n,$$

где $z_j = x_j + iy_j$, $\zeta_j = \xi_j + i\eta_j \in C_+$, $j = \overline{1, n}$, $C(n, \vec{\beta})$ – константа из (2), отображает пространство $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$ на пространство $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$, при этом справедлива оценка: $\|T_{\vec{\beta}}(f)(z)\|_{h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)} \leq C \|f(\zeta)\|_{L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)}$.

Доказательство. Если $f \in h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$, то $T_{\vec{\beta}}(f)(z) = f(z)$, $z \in C_+^n$. Предположим теперь, что $f \in L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$. Очевидно, что $T_{\vec{\beta}}(f)(z)$ n -гармоническая в C_+^n функция. Оценим норму оператора $T_{\vec{\beta}}(f)$ в пространстве $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}$.

$$\begin{aligned} \left| T_{\bar{\beta}}(f)(z_1, \dots, z_n) \right| &\leq \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \right| \dots \int_0^{+\infty} \eta_1^{\beta_1-1} \int_{-\infty}^{+\infty} |f(\zeta_1, \dots, \zeta_n)| \times \\ &\times \left| D^{\beta_1} P(x_1 - \xi_1, y_1 + \eta_1) \right| d\xi_1 d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n. \end{aligned}$$

Возведем последнее неравенство в степень p_1 и проинтегрируем по $x_1 \in (-\infty, +\infty)$, применяя обобщенное неравенство Минковского:

$$\begin{aligned} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} \left| T_{\bar{\beta}}(f)(x_1 + iy_1, \dots, z_n) \right|^{p_1} dx_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} &\leq c_1 \left(\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \right| \dots \right. \right. \\ &\dots \left. \left. \int_0^{+\infty} \eta_1^{\beta_1-1} \int_{-\infty}^{+\infty} |f(\zeta_1, \dots, \zeta_n)| \left| D^{\beta_1} P(x_1 - \xi_1, y_1 + \eta_1) \right| d\xi_1 d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n \right)^{p_1} dx_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} \leq \\ &\leq c_2 \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \right| \dots \int_0^{+\infty} \eta_1^{\beta_1-1} \times \\ &\times \left(\int_{-\infty}^{+\infty} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(\zeta_1, \dots, \zeta_n)| \left| D^{\beta_1} P(x_1 - \xi_1, y_1 + \eta_1) \right| d\xi_1 \right)^{p_1} dx_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n. \end{aligned}$$

Применим к внутреннему интегралу неравенство Гельдера, где $\frac{1}{p_1} + \frac{1}{p'_1} = 1$.

$$\begin{aligned} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} \left| T_{\bar{\beta}}(f)(x_1 + iy_1, \dots, z_n) \right|^{p_1} dx_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} &\leq c_3 \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \right| \dots \int_0^{+\infty} \eta_1^{\beta_1-1} \times \\ &\times \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(\xi_1 + i\eta_1, \dots, \zeta_n)|^{p_1} d\xi_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} \left| D^{\beta_1} P(x_1 - \xi_1, y_1 + \eta_1) \right| dx_1 \right)^{\left(\frac{p_1+1}{p'_1}\right)^{\frac{1}{p_1}}} d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n \leq \\ &\leq c_4 \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \right| \dots \int_0^{+\infty} \eta_1^{\beta_1-1} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(\xi_1 + i\eta_1, \dots, \zeta_n)|^{p_1} d\xi_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} \times \\ &\times \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx_1}{(|x_1 - \xi_1| + y_1 + \eta_1)^{\beta_1+1}} d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n. \end{aligned}$$

В последнем интеграле мы воспользовались леммой. Так как $\beta_1 > 0$, то

$$\begin{aligned} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} \left| T_{\bar{\beta}}(f)(x_1 + iy_1, \dots, z_n) \right|^{p_1} dx_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} &\leq c_5 \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \left| D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n) \right| \dots \\ &\dots \int_0^{+\infty} \frac{\eta_1^{\beta_1-1}}{(y_1 + \eta_1)^{\beta_1}} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(\xi_1 + i\eta_1, \dots, \zeta_n)|^{p_1} d\xi_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} d\eta_1 \dots d\xi_n d\eta_n. \end{aligned}$$

Умножим и разделим под интегралом на $\chi(\eta_1) = \eta_1^\gamma$, $\alpha_1 - \beta_1 < \gamma < \alpha_1 - \frac{\beta_1}{q'_1}$. Возведем последнее неравенство в степень q_1 и проинтегрируем обе части по $y_1 \in (0; +\infty)$, применяя обобщенное неравенство Минковского:

$$\|T_{\bar{\beta}}(f)(\bullet, z_2, \dots, z_n)\|_{L_{\alpha_1}^{p_1, q_1}} \leq c_6 \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} |D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n)| \dots$$

$$\dots \left[\int_0^{+\infty} y_1^{\alpha_1 q_1 - 1} \left(\int_0^{+\infty} \frac{\eta_1^{\beta_1-1} \eta_1^\gamma}{(y_1 + \eta_1)^{\beta_1} \eta_1^\gamma} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(\xi_1 + i\eta_1, \zeta_n)|^{p_1} d\xi_1 \right)^{\frac{1}{p_1}} d\eta_1 \right)^{q_1} dy_1 \right]^{\frac{1}{q_1}} \dots d\xi_n d\eta_n.$$

Воспользовавшись неравенством Гельдера с $\frac{1}{q_1} + \frac{1}{q_1'} = 1$, получим:

$$\|T_{\bar{\beta}}(f)(\bullet, z_2, \dots, z_n)\|_{L_{\alpha_1}^{p_1, q_1}} \leq \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} |D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n)| \dots \left[\int_0^{+\infty} \frac{y_1^{\alpha_1 q_1 - 1}}{y_1^{\frac{q_1 \beta_1}{q_1'} + \gamma q_1}} \int_0^{+\infty} \frac{\eta_1^{\beta_1 q_1 - 1 + \gamma q_1}}{(y_1 + \eta_1)^{\beta_1}} \times \right.$$

$$\left. \times \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(\xi_1 + i\eta_1, \dots, \zeta_n)|^{p_1} d\xi_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} d\eta_1 dy_1 \right]^{\frac{1}{q_1}} \dots d\xi_n d\eta_n.$$

Поменяем порядок интегрирования и оценим внутренний интеграл:

$$\|T_{\bar{\beta}}(f)(\bullet, z_2, \dots, z_n)\|_{L_{\alpha_1}^{p_1, q_1}} \leq c_7 \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} |D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n)| \dots$$

$$\dots \left[\int_0^{+\infty} \frac{\eta_1^{\beta_1 q_1 - 1 + \gamma q_1}}{\eta_1^{\gamma q_1 + q_1(\beta_1 - \alpha_1)}} \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |f(\xi_1 + i\eta_1, \dots, \zeta_n)|^{p_1} d\xi_1 \right)^{\frac{q_1}{p_1}} d\eta_1 \right]^{\frac{1}{q_1}} \dots d\xi_n d\eta_n,$$

так как $\int_0^{+\infty} \frac{y_1^{\alpha_1 q_1 - 1} dy_1}{y_1^{\frac{q_1 \beta_1}{q_1'} + \gamma q_1} (y_1 + \eta_1)^{\beta_1}} \leq \int_0^{\eta_1} \frac{y_1^{\alpha_1 q_1 - 1} dy_1}{y_1^{\frac{q_1 \beta_1}{q_1'} + \gamma q_1} \eta_1^{\beta_1}} + \int_{\eta_1}^{+\infty} \frac{y_1^{\alpha_1 q_1 - 1} dy_1}{y_1^{\frac{q_1 \beta_1}{q_1'} + \gamma q_1 + \beta_1}} \leq \frac{c}{\eta_1^{\gamma q_1 + q_1(\beta_1 - \alpha_1)}}.$

Таким образом, $\|T_{\bar{\beta}}(f)(\bullet, z_2, \dots, z_n)\|_{L_{\alpha_1}^{p_1, q_1}} \leq c_8 \int_0^{+\infty} \eta_n^{\beta_n-1} \int_{-\infty}^{+\infty} |D^{\beta_n} P(x_n - \xi_n, y_n + \eta_n)| \dots$

$$\dots \int_0^{+\infty} \eta_2^{\beta_2-1} \int_{-\infty}^{+\infty} |D^{\beta_2} P(x_2 - \xi_2, y_2 + \eta_2)| \|f(\bullet, \zeta_2, \dots, \zeta_n)\|_{L_{\alpha_1}^{p_1, q_1}} d\xi_2 d\eta_2 \dots d\xi_n d\eta_n.$$

Проводя аналогичные рассуждения по каждой переменной $z_j \in C_+, j = \overline{2, n}$, получим

$$\|T_{\bar{\beta}}(f)(z)\|_{h_{\bar{\beta}, \bar{q}}(C_+^n)} \leq C \|f(\zeta)\|_{L_{\bar{\alpha}}^{\bar{p}, \bar{q}}(C_+^n)}. \text{ Теорема доказана.}$$

Список литературы

1. Бесов О.И., Ильин В.П., Никольский С.М. Интегральные представления функций и теоремы вложения. – М.: Наука, 1975. – 480 с.
2. Джрбашян М.М. Интегральные преобразования и представления функций в комплексной области. – М.: Наука, 1966. – 672 с.
3. Шамоян Ф.А. Весовые пространства аналитических функций со смешанной нормой. – Брянск: РИО БГУ, 2014. – 250 с.
4. Рудин У. Функциональный анализ. – М.: Мир, – 1975. – 475 с.
5. Андрейчик М. Н., Коптенко Е. В., Орлова А. А. Интегральные операторы в весовых пространствах измеримых функций // Молодой ученый. – 2013. – №11. – С. 1-5.
6. Аветисян К., Гапоян Н. Операторы типа Бергмана на пространствах со смешанной нормой в шаре из S^n // Известия НАН Армении, Математика. – 2016. – Т 51. № 5. – С. 3–12.
7. Аветисян К, Тоноян Е. Об операторе дробного интегродифференцирования в R^n // Известия НАН Армении, Математика. – 2015. – Т. 50, № 5. – С. 3-16.
8. Petrosyan A.I., Avetisyan K.L. Weighted spaces of functions harmonic in the unit ball // Proceedings of the Yerevan state university. – 2017. – V. 51(1). – P. 3-7.
9. Аветисян К.Л. Весовые пространства гармонических и голоморфных функций: дис. докт. физ.-мат. наук. – Ереван, 2009. – 225 с.
10. Антоненкова О.Е., Часова Н.А. Об интегральных операторах в пространствах аналитических в верхнем полупространстве функций со смешанной нормой // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2017. – №3(7). – С. 7-14.
11. Антоненкова О.Е., Часова Н.А. Об интегральных операторах с ядрами Пуассона в пространствах типа Харди в поликруге со смешанной нормой // Вестник Московского государственного областного университета. – 2017. – № 4. – С. 14–23. DOI: 10.18384/2310-7251-2017-4-14-23.
12. Шамоян Ф.А., Часова Н.А. Ограниченные проекторы и линейные непрерывные функционалы в весовых пространствах аналитических в поликруге функций со смешанной нормой. – Брянск: БГУ, 2002. – 26 с.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (02.00.00)

02.00.00

С.В. Рогатых канд.биол.наук

Научно-исследовательский геотехнологический центр
Дальневосточного отделения Российской академии наук
Петропавловск-Камчатский, rogatykhsv@yandex.ru

**КОНДИЦИОННОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТРАДИЦИОННЫХ
ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ
МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАНУЧ (КАМЧАТКА)****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-12-14**

В работе представлены результаты изучения питательных сред для выращивания хемолитотрофных микроорганизмов, выделенных из окисленной и неокисленной сульфидной руды медно-никелевого месторождения Шануч (полуостров Камчатка). Анализ библиотеки клонированных ПЦР-продуктов тотальной ДНК из описанных питательных сред показал многообразие выращенных на них микроорганизмов, в том числе архей.

Ключевые слова: *питательная среда, хемолитотрофные микроорганизмы, биовыщелачивание, источники окисления.*

В биотехнологии для процессов биовыщелачивания и биоокисления используется специфичная группа микроорганизмов, представленная бактериями и археями и характеризующаяся общими физиологическими особенностями. Эти хемолитотрофы, использующие в качестве источников энергии двухвалентное железо, сульфиды металлов и элементную серу. Наиболее детально изученными и активно применяемыми в практике биовыщелачивания металлов микроорганизмами являются мезофильные представители рода *Acidithiobacillus* [1].

Во многих работах [2–4] предполагается, что в автохтонных сообществах хемолитотрофных микроорганизмов, выделенных из окисленной и неокисленной сульфидной руды медно-никелевого месторождения Шануч (полуостров Камчатка) содержатся *Acidithiobacillus. thiooxidans*, *A. ferrooxidans*, *A. caldus*, *A. ferrivorans*, *Alicyclobacillus disulfidooxidans*, *Sulfobacillus acidophilus*, *S. thermosulfidooxidans*, археи *Ferroplasma. acidiphilum*, «*F. acidarmanus*», *F. cupricumulans* и другие. Для выделения образцов культур данных микроорганизмов были приготовлены питательные среды нижеследующего состава.

Для выделения *A. ferrooxidans* использовался следующий состав жидкой питательной среды Сильвермана-Люднгрена (9К) без железа [5] – источник энергии (г/л): $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 44.2 г на 300 мл водопроводной воды (рН 1.8–2.0 доводится 10N H_2SO_4), стерилизуется при 1/2 атмосферы 1 ч. На 700 мл водопроводной воды применялся раствор минеральных солей (в г): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 3.0, KCl – 0.1, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 0.5, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 0.01. Два стерильных раствора сливали в один объем. Конечный рН среды – около 1.8–2.0. Для выделения в твердые среды добавляли 20 г агара Дифко при рН 4.0. Можно и модифицировать эту среду (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2.0; K_2HPO_4 – 1.0; MgSO_4 – 0.5; NaCl – 0.2; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 5.0; рН 2.0. О развитии бактерий *A. ferrooxidans* судили по появлению бурой окраски среды, вызванной образованием трехвалентного железа в бактериальном растворе [6].

Для выделения *A. thiooxidans* использовался состав среды Сильвермана-Люднгрена (9К) с железом [5] – источник энергии: элементная сера, стерильная – 10 г/л. На 1 л водопроводной воды применялся раствор минеральных солей (в г): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0.2, KH_2PO_4 – 3.0, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5, $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.25, следы $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Среда стерилизуется при 1 атм. 1 ч. Конечный рН среды – около 3.0.

Для выделения *S. thermosulfidooxidans* [7] – источник энергии (г/л): а) $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 22.1 г/300 мл водопроводной воды (рН 1.7–1.8 довели 10N H_2SO_4 , стерилизовали при 1/2 атмосферы 1 ч; б) раствор тиосульфата Na 0.248 г/л. В 1 л стерильной среды вносили 1 мл стерилизованного (при 1/2 атм. 1 ч) концентрированного раствора – 24.8 г/100 мл. На 700 мл водопроводной воды применялся раствор минеральных солей (в г): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 3.0, KCl – 0.1, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 0.5, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 0.01. Стерилизовали при 1 атм. 1 ч. Раствор дрожжевого экстракта (50 г в 100 мл среды) стерилизовали при 1/2 атм. 1 ч и вносили в стерильную среду из расчета 0.2 г/л или 0.4 мл раствора. Все компоненты среды сливаются в один объем.

Для выделения *F. acidiphilum* использовался такой же состав среды, как для выделения *A. ferrooxidans*, но в качестве источника энергии добавляли 2.5 г/л Fe^{2+} в виде $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ и 0.02% дрожжевого экстракта. рН среды довели до 1.7 добавлением 10% по объему H_2SO_4 [8].

Для выделения *A. caldus* (г/л) [9]: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 3.0, Na_2SO_4 – 1.41, KCl – 0.1, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 0.05, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.5. Раствор микроэлементов вносится из расчета 1 мл на 1 л среды (мг/л): $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 11.0, $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 0.5, H_3BO_3 – 2.0; $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ – 2.0, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 0.8, $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.6, $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.9, дрожжевой экстракт – 0.5, рН 2.0-2.5.

Все эти среды объединяет наличие комплекса основных биогенных элементов, а также какого-либо источника энергии – например, соли закисного железа, элементной серы или восстановленных ее соединений. Как правило, в технологических процессах биовыщелачивания источником энергии для хемолитотрофных микроорганизмов служит сам выщелачиваемый субстрат (руда, концентрат), а также высвобождающиеся двухвалентное железо и элементная сера [10].

После выделения и роста микроорганизмов отбирались по 500 мкл из каждой питательной среды и сливали в один объем. Из него выделено тотальное ДНК всех микроорганизмов описанным ранее способом [11], с которым было проведено клонирование с использованием вектора pGemTeasy. В качестве клонируемого фрагмента использован ПЦР-продукт, полученный при амплификации специфического участка гена 16S рРНК с помощью универсальных праймеров *upr2-d* и *upr3-r*. Для анализа библиотеки клонов было отобрано 100 колоний, содержащих вставку ПЦР-продукта, полученного с помощью данных праймеров.

Анализ библиотеки клонов показал, что подавляющее большинство нуклеотидных последовательностей (92%) микроорганизмов, выращенных на данных питательных средах, принадлежит представителям рода *Acidithiobacillus*. Уровень сходства последовательностей, формирующих данный риботип, был достаточно высок (более 98% последовательности) и не позволил провести более точный анализ в пределах группы.

Помимо бактерий рода *Acidithiobacillus*, было обнаружено три последовательности альфапротеобактерий семейства *Acetobacteriaceae*, в том числе одну из рода *Acidiphilium*.

В составе сообщества также было обнаружено три последовательности, принадлежащие археям типа *Euryarchaeota*: две из них классифицированы как *Thermococcus* sp. (семейство *Thermococcaceae*) и одна как *Ferroplasma* sp. (семейство *Ferroplasmaceae*).

Таким образом, микроорганизмы *A. ferrooxidans*, *A. thiooxidans*, *F. acidiphilum* составляют более 65% сообщества. Следует отметить, что в составе смешанных культур присутствуют термофильные археи, которые при повышенных температурах обеспечивают более высокую скорость окисления сульфидов [12].

В промышленных процессах биовыщелачивания и биоокисления обычно используется мезофильная, умеренно термофильная и в последние годы все больше экстремофильная микрофлора. Ввиду особенностей окисляемого субстрата она толерантна к широкому диапазону ионов металлов, но степень толерантности варьирует в зависимости от вида, а также в пределах вида [12]. Успех выделения новых или уже известных микроорганизмов, активных в процессах окисления элементной серы, закисного железа и сульфидных минералов и руд, и в значительной степени зависит от используемых питательных сред.

Список литературы

1. Хайнасова Т.С. Биотехнологический потенциал автохтонных хемолитотрофных микроорганизмов медно-никелевого месторождения Шануч (западная Камчатка) в бактериально-химическом выщелачивании сульфидной кобальт-медно-никелевой руды : дис. ... канд. биол. наук : 03.01.06. Петропавловск-Камчатский, 2012. 176 с.
2. Каравайко Г.И., Дубинина Г.А., Кондратьева Т.Ф. Литотрофные микроорганизмы окислительных циклов серы и железа // Микробиология. 2006. Т. 75. № 5. С. 593–629.
3. Кузякина Т.И., Хайнасова Т.С., Левенец О.О. Биотехнология извлечения металлов из сульфидных руд // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. Т. 12. № 2. С. 76–86.
4. Суханова М.А., Пивоварова Т.А., Меламуд В.С. Способ переработки сульфидных руд и пирротинового концентрата. Патент РФ № 2367691. 2008.
5. Каравайко Г.И., Росси Дж., Агате А., Грудев С., Авакян З.А. Биогеотехнология металлов. М.: ЦМП ГКНТ, 1989. 375 с.
6. Канаев А.Т., Канаева З.К. Изучение микробоценозов хемолитотрофных бактерий растворов подземного выщелачивания урана месторождений «Канжуган» // Успехи современного естествознания. 2013. № 6. С. 92–97.
7. Головачева Р.С., Каравайко Г.И. *Sulfobacillus* – новый род термофильных спорообразующих бактерий // Микробиология. 1978. Т. 47. № 5. С. 815–822.
8. Golyshina O.V., Pivovarova T.A., Karavaiko G.I. et al. *Ferroplasma acidiphilum* gen. nov., sp. nov., an acidophilic, autotrophic, ferrous-iron-oxidizing, cell-wall-lacking, mesophilic member of the *Ferroplasmaceae* fam.nov., comprising a distinct lineage of the *Archaea* // International journal of systematic and evolutionary microbiology. 2000. Vol. 50. P. 997–1006.
9. Белый А.В., Кондратьева Т.Ф., Красильников Г.С., Меламуд В.С., Пивоварова Т.А., Ревенко А.А. Окисление субстратов, содержащих серу, ассоциацией ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 4. С. 452–459.
10. Левенец О.О., Хайнасова Т.С., Позолотина Л.А. Модифицирование питательных сред для микроорганизмов в целях улучшения физико-химических параметров биовыщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № S31. С. 260–271.
11. Рогатых С.В., Докижукина А.А., Хайнасова Т.С., Мурадов С.В., Кофиади И.А. Использование технологии ПЦР в реальном времени для оценки эффективности методов выделения ДНК из культур ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Том 47. № 2. С. 226–230.
12. Кондратьева Т.Ф., Булаев А.Г., Муравьев М.И. Микроорганизмы в биогеотехнологиях переработки сульфидных руд. М.: Наука, 2015. 206 с.

02.00.01

В.В. Семченко канд.хим.наук, Н.П. Шабельская канд.тех.наук, Е.В. Сулима

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, технологический факультет, кафедра общей химии и технологии силикатов, Новочеркасск, nina_shabelskaya@mail.ru

ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ДЕЛАФОССИТА В ОКСИДНОЙ МЕДЬ-ХРОМОВОЙ СИСТЕМЕ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-15-17

В работе изучены условия формирования структуры образцов на основе хромитов меди (I) и меди (II). Показано, что наиболее существенным фактором, способствующим формированию делафоссита CuCrO_2 или шпинели CuCr_2O_4 в системе, содержащей Cu и Cr, является температурный режим термообработки. Обсуждены условия получения чистых фаз шпинели и делафоссита.

Ключевые слова: *делафоссит, шпинель, оксиды меди и хрома.*

Введение

Поликристаллические оксидные материалы обладают комплексом важных технических свойств. Их применение может быть связано с экологическими аспектами химических производств [1]. Сложные оксидные системы со структурой шпинели состава CuCr_2O_4 находят широкое использование в качестве катализаторов различных химических процессов [2]. Хромит меди (I) CuCrO_2 со структурой делафоссита известен как мультиферроик [3], полупроводниковый материал [4]. Несмотря на относительную изученность соединений, образующихся в системе Cu–Cr–O, интерес к проблемам формирования фаз материалов с подобным составом не ослабевает и в настоящее время.

Синтез материалов со структурой шпинели может быть осуществлен различными способами. Наиболее широко используют керамический метод (из оксидов соответствующих металлов) [5]. Синтез делафоссита проводят из оксидов Cu_2O и Cr_2O_3 [6], по золь-гель методике, с применением импульсного лазерного напыления [7]. При формировании структуры материалов в окси-системах переходных металлов, содержащих Cu и Cr, исследователи сталкиваются с трудностью стабилизации одной из фаз. Так, при синтезе шпинели CuCr_2O_4 получают образцы, содержащие делафоссит $\text{Cu}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ [5] и, наоборот, при синтезе делафоссита получают шпинель [7]. При этом могут снижаться эксплуатационные характеристики материалов. Например, в [6] отмечено снижение сорбционной емкости медь-хром-содержащих образцов делафоссита с примесью шпинели.

В представленной работе обсужден возможный механизм формирования структуры образцов в ряде систем, содержащих Cu и Cr. Целью работы являлось изучение условий формирования структуры материалов в различных технологических условиях в системе CuO–Cr₂O₃ и при частичной замене катионов Cu, Cr на катионы Ni, Fe.

Экспериментальная часть

Синтез материалов осуществляли несколькими способами.

1. По классическому керамическому методу. В качестве исходных веществ использовали оксиды соответствующих переходных элементов марки хч в стехиометрическом соотношении. Исходные вещества гомогенизировали, брикетировали и подвергали термообработке циклами по 7–8 часов. Получены материалы в системе CuO–Cr₂O₃ (термообработка 130 часов, 1100°C) – образец 1, 0.7CuO–0.7Cr₂O₃–0.3NiO–0.3Fe₂O₃ (140 часов, 900°C) – образец 2.

2. По керамическому методу из оксидов соответствующих переходных элементов в стехиометрическом соотношении с введением в состав исходных материалов минерализатора – хлорида калия в количестве 1% (масс.) – циклами по 7–8 часов. Подобный метод успешно практикуется для проведения синтеза шпинелей при более низких температурах и (или) с

меньшей продолжительностью [8, 9]. Получены материалы в системе $\text{CuO-Cr}_2\text{O}_3$ (20 часов, 900°C) – образец 3, $0.7\text{CuO}-0.7\text{Cr}_2\text{O}_3-0.3\text{NiO}-0.3\text{Fe}_2\text{O}_3$ (20 часов, 900°C) – образец 4.

3. Из раствора сульфатов переходных элементов с концентрацией 0.5–1.5 моль/л, соответствующих составу $0.7\text{CuO}-0.7\text{Cr}_2\text{O}_3-0.3\text{NiO}-0.3\text{Fe}_2\text{O}_3$. Раствор выпаривали на песчаной бане, высушивали и подвергали ступенчатой термообработке при температурах $600-700-800-900^\circ\text{C}$ с выдержкой при каждой указанной температуре в течение 0.5–1.5 часов (образец 5) Подробно методика синтеза приведена в работе [10].

Фазовый состав образцов изучали на рентгеновском дифрактометре STOE IPDS II, использовали $\text{Cu-K}\alpha$ излучение. Анализ количественного соотношения между фазами проводили по методике, описанной в [11]. Определение площади поверхности проводили, используя уравнение Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ) ($p/p_0 = 0.05-0.2$).

Результаты и их обсуждение

Данные рентгенофазового анализа (РФА) позволяют предположить, что в рассматриваемых системах протекает процесс формирования делафоссита и шпинелей. На рис 1. Приведены в качестве примера фрагменты дифрактограмм образцов 1, 2 и 5.

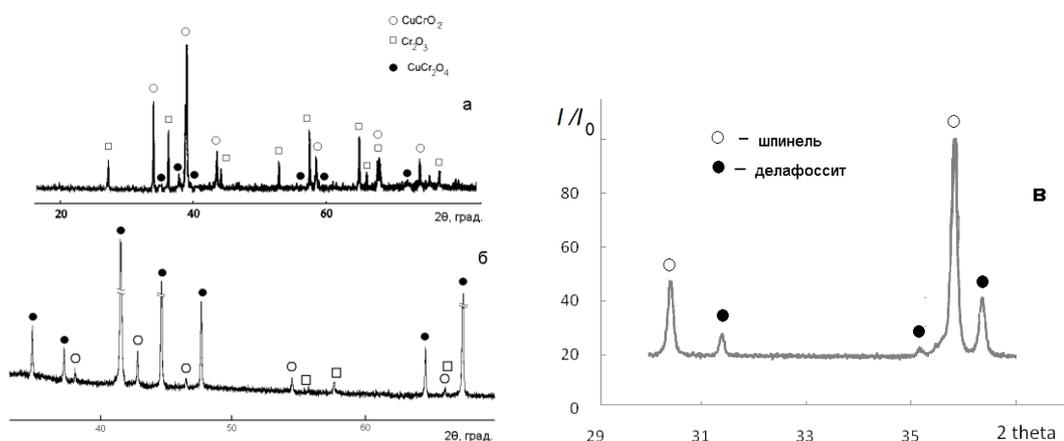


Рис. 1 – Фрагмент дифрактограмм образцов Cu-Cr-содержащих систем:

а – образец 1, б – образец 2, в – образец 5

При анализе полученных результатов фазовый состав образцов может быть представлен следующим образом (табл. 1). При составлении формульной единицы твердых растворов исходили из анализа данных РФА по фазовому составу образцов. При этом следует предположить, что часть образцов будет содержать вакансии (обозначены \square) в катионной подрешетке твердого раствора.

Таблица 1 – Фазовый состав образцов, значения площади поверхности некоторых образцов

№ образца	Ориентировочный состав шпинели (примесные фазы)	Соотношение (ш : д : п.ф.*), % мол.	$S_{\text{БЭТ}}$, $\text{м}^2/\text{г}$
1	$\text{CuCr}_2\text{O}_4 (+\text{Cr}_2\text{O}_3)$	(10 : 60 : 30)	-
№2 3	$\text{Ni}_{0.31}\text{Cu}_{0.66}\square_{0.03}\text{Fe}_{0.62}\text{Cr}_{1.38}\text{O}_4$	(97 : 3 : 0)	0.7
№ 3 4	$\text{CuCr}_2\text{O}_4 (+\text{Cr}_2\text{O}_3)$	(94 : 4 : 2)	-
№4 5	$\text{Ni}_{0.42}\text{Cu}_{0.58}\text{Fe}_{0.84}\text{Cr}_{1.16}\text{O}_4 + \text{Cu}_{0.79}\square_{0.21}\text{Cr}_2\text{O}_4$	(95 : 5 : 0)	1.1
№ 57	$\text{Ni}_{0.37}\text{Cu}_{0.38}\square_{0.25}\text{Fe}_{0.73}\text{Cr}_{1.27}\text{O}_4 (+\text{CuO})$	(80 : 18 : 2)	1.4

* Примечание: ш – шпинель, д – делафоссит, п.ф. – примесные фазы

Формирование фазы делафоссита при циклическом характере термообработки возможно в ходе реакции



механизм которой был обсужден в [8]. Процесс протекает при нагревании реакционной смеси выше 850°C в течение длительного времени.

Результаты эксперимента, приведенные в табл. 1, подтверждают подобный механизм и согласуются с данными исследования [5]. Следует отметить, что проведение термообработки материалов в системе $\text{CuO-Cr}_2\text{O}_3$ при температуре 1100°C в течение нескольких циклов

нагрев-охлаждение, по-видимому, создает благоприятные условия для формирования фазы делафоссита, его количество в образце превышает количество образовавшейся шпинели (табл. 1, *образец 1*).

Изменение условий проведения реакции, в частности, введение в систему катионов других переходных элементов (*образцы 2, 4*), в изученных условиях способствует формированию преимущественно фазы шпинели. При этом существенным фактором выступает температура термообработки. Формирование делафоссита отмечено для всех составов, термообработка которых проводилась при температуре 900°C и выше. Образованию делафоссита способствует также синтез материала по технологии разложения солей (*образец 5*).

В образцах, содержащих фазу делафоссита, наблюдается корреляция значений площади поверхности с его количеством (табл. 2). В соответствии с полученными данными, чем больше в образце фазы делафоссита, тем выше значения площади поверхности.

Выводы

На основании анализа данных о формировании структуры образцов в системах, содержащих Cu и Cr, установлено, что наиболее существенным фактором, способствующим образованию делафоссита в системе, содержащей Cu и Cr, является температурный режим термообработки. Сформулированы условия получения образцов, содержащих преимущественно фазу шпинели, а также материалов с максимальным выходом делафоссита. Высказано предположение о наличии корреляции значений площади поверхности образцов, содержащих делафоссит, с его количеством.

Список литературы

1. Смолий В.А., Косарев А.С., Яценко Е.А., Гольцман Б.М. Разработка технологии производства эффективного энергосберегающего ячеистого теплоизоляционного строительного стекломатериала // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2015. № 4 (185). С. 128-132.
2. Mobini S., Meshkani F., Rezaei M. Surfactant-assisted hydrothermal synthesis of CuCr_2O_4 spinel catalyst and its application in CO oxidation process // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2017. № 5. P. 4906-4916.
3. Apostolov A.T., Apostolova I.N., Trimper S., Wesselinowa J.M. Dielectric properties of multiferroic CuCrO_2 // The European Physical Journal B. 2017. 90:236. Doi.org/10.1140/epjb/e2017-80461-4.
4. Wang J., Daunis T.B., Cheng L., Zhang B., Kim J., Hsu J.W.P. Combustion Synthesis of p-Type Transparent Conducting CuCrO_{2+x} and Cu:CrO_x Thin Films at 180 °C // ACS Applied Materials and Interfaces. 2018. V. 10. № 4. P. 3732-3738.
5. Dollase W.A., O'Neill H.St.C. The Spinel CuCr_2O_4 and CuRh_2O_4 // Acta Cryst. 1997. V. C53. P. 657-659.
6. Pless J. D., Chwirka J. B., Krumhansl J. L. Iodine sequestration using delafossites and layered hydroxides // Environ Chem Lett. 2007. V. 5. P. 85-89.
7. Tripathi T.S., Karppinen M. Structural optical and electrical transport properties of ALD-fabricated CuCrO_2 films Physics Procedia 20th International Conference on Magnetism. 2015. V. 75. P. 488-494.
8. Шабельская Н.П., Иванов В.В., Таланов В.М., Резниченко Л.А., Таланов М.В., Ульянов А.К. Синтез и фазообразование в системе $\text{NiO-CuO-Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ // Стекло и керамика. 2014. № 1. С. 20-24.
9. Круглицкий Н.Н., Червинко А.Г. Механизм действия добавок галидов на твердофазные реакции в системах $\text{ZnO-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{NiO-Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO-Al}_2\text{O}_3$ // Укр. химический журн. 1976. № 7. С. 711-715.
10. Шабельская Н. П. Процессы фазообразования в системе $\text{NiO-CuO-Fe}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ при разложении солей // Неорг. мат. 2014. Т. 50. № 11. С. 1205-1209.
11. Шабельская Н.П., Таланов М.В., Захарченко И.Н., Кирюшина Р.О., Ульянов А.К., Резниченко Л.А. Исследование процессов образования хромитов MCr_2O_4 (M = Co, Ni, Zn, Cd, Mg) // Известия вузов. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56. №. 8. С. 59-62.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (05.02.00)

05.02.11

Н.А. Абышев, М.А. Васильев, А.В. Ключников канд.тех.наук, Н.Е. Патокина

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский
научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина,
Снежинск, a.klyuchnikov@bk.ru

**ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЛИК И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЦИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-18-21**

В работе рассмотрена конструкция стенда, реализующего метод качающейся платформы, обеспечивающего измерение координат центра масс и моментов инерции летательных аппаратов, обладающих значительной длиной и развитым оперением. Рассмотрена методика выполнения измерений. Приведены характеристики инструментальной точности, полученные при метрологической аттестации стенда.

Ключевые слова: *измерительный стенд, масса, центр масс, ось инерции, момент инерции, астатический маятник, период колебаний.*

При изготовлении и сборке летательного аппарата (ЛА) источником отклонений от расчётных значений его массо-центровочных и инерционных характеристик (МЦИХ), зачастую оказывающих существенное влияние на лётно-технические характеристики аппарата, являются неизбежные случайные отклонения масс, моментов инерции, координат установки составных частей (датчиков, вычислительной аппаратуры, исполнительных механизмов, кабельных линий и т.п.) и выступающих элементов корпуса [1]. Поэтому важной задачей, возникающей на завершающем этапе общей сборки ЛА является экспериментальное определение действительных значений МЦИХ, к числу которых относятся масса, координаты центра масс и моменты инерции аппарата.

Наиболее востребованными типами оборудования, как правило, применяемыми в настоящее время для определения координат центра масс ЛА, по-прежнему являются контрольно-измерительные стенды, реализующие методы двух или трёх весов, а при определении моментов инерции – стенды, работающие по принципу унифиляра или физического маятника [2]. Однако необходимость выполнения измерений при вертикальном положении накладывает ограничения на длину объекта контроля, а необходимость перестановки объекта контроля с одного стенда на другой в ходе эксперимента приводит к появлению дополнительной методической погрешности измерений. Наличие выступающих элементов на корпусе, например, оперения, зачастую требует использования сложной и дорогой в изготовлении технологической оснастки, обеспечивающей установку и фиксацию аппарата на измерительном устройстве стенда. Поэтому создание контрольно-измерительных стендов повышенной производительности для определения МЦИХ, учитывающих конструктивные особенности контролируемых ЛА, является актуальной задачей. Одним из направлений в совершенствовании методов и средств контроля МЦИХ является разработка универсальных контрольно-измерительных стендов, позволяющих определять весь комплекс МЦИХ с одной установки объекта контроля на измерительное устройство и предъявляющих пониженные требования к габаритным размерам и форме корпуса аппарата, наличию оперения и иных выступающих элементов.

Для определения комплекса МЦИХ длинномерных, обладающих оперённым корпусом аппаратов, с одной установки на измерительном устройстве, спроектирован и изготовлен контрольно-измерительный стенд, реализующий метод астатического маятника [3, 4]. В состав стенда входит механическая установка с качающейся платформой,

автоматизированная измерительная система (АИС) и набор рабочих эталонов, используемых при проведении периодических проверок технических характеристик стенда. Кинематическая схема стенда показана на рисунке 1.

На качающейся платформе установлен позиционер с двумя ложементами для закрепления в них объекта контроля. Базирование ЛА обеспечивается в ложементах позиционера строго по имеющимся на корпусе базовым поверхностям. Колебания платформы выполняются в вертикальной плоскости и обеспечиваются при помощи рычага и упругого элемента – пружины. Измерения периодов колебаний выполняют с использованием оптоволоконного фотодатчика [4].

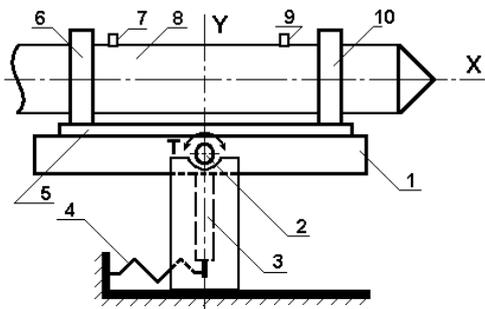


Рис. 1. Схема механической установки стенда:

1 – платформа; 2 – шарнир; 3 – рычаг; 4 – пружина; 5 – позиционер; 6 и 10 – ложементы; 7 и 9 – задний и передний бугели; 8 – объект контроля

АИС в каждом пуске измеряет периоды колебаний платформы, а затем проводит математическую обработку всего объема получаемых экспериментальных данных по заданным алгоритмам с расчётом комплекса искомых МЦИХ. Точность измерений определяется характеристиками таймера-счётчика CNT-90, входящего в состав системы.

Процесс определения моментов инерции ЛА относительно шести пространственно распределённых осей, а также поперечных координат его центра масс состоит в следующем. В ложементы позиционера устанавливают аппарат и с помощью позиционера последовательно переводят его в заданные методикой измерений фиксированные пространственно-угловые положения. В частности, реализована возможность поворота и фиксации объекта относительно горизонтальной оси качания на углы 0, ±45° и ±90°, а также поворота вокруг его продольной оси на углы 0, 45° и 90°. В каждом положении наклоняют платформу на небольшой угол (порядка 3 градусов) и запускают колебаний и в автоматическом режиме измеряют периоды колебаний механической системы, включающей в свой состав платформу, позиционер и контролируемый аппарат. Затем снимают аппарат со стенда и повторяют всю последовательность измерений для механической системы, состоящей только из платформы и позиционера.

По результатам измерений моменты инерции колеблющейся механической системы относительно оси качания для каждого из пространственно-угловых положений объекта определяют по формуле [4]

$$J = \frac{T^2 (cL^2 - M_{MC}gr)}{4\pi^2}, \tag{1}$$

где J – момент инерции колеблющейся механической системы относительно оси качания; T – период колебаний системы; c – жёсткость пружины, определяемая заранее; L – расстояние от оси качания до оси пружины; M_{MC} – масса механической системы; r – расстояние от оси качания до продольной оси X аппарата. Поперечные координаты центра масс рассчитывают по формуле

$$y(z) = \frac{J_1 - J_2}{4M_{MC}r}, \tag{2}$$

где J_1 и J_2 – соответственно моменты инерции ЛА, определяемые при установке аппарата в двух различных, взаимно противоположных относительно оси X положениях, с обеспечением перпендикулярности контролируемой оси аппарата относительно оси качания.

При определении координаты y аппарат дважды устанавливается, обеспечивая перпендикулярность оси Y аппарата по отношению к оси качания. Координату z определяют аналогичным способом, повернув аппарат таким образом, чтобы в обоих взаимно противоположных положениях ось Z была перпендикулярна оси качания. Требуемую пространственную ориентацию аппарата производят путём его поворота с помощью позиционера вокруг продольной оси. Значения искомых параметров контролируемого ЛА рассчитывают как разность между результатами измерений этих параметров, полученными для обеих рассмотренных механических систем, с учётом пространственной ориентации аппарата в процессе выполнения измерений.

Определение продольной координаты центра масс основано на принципе статического уравнивания. Уравнивание платформы с установленным на ней в позиционере аппаратом выполняют относительно оси качания с помощью калиброванных пробных грузов известной массы. Грузы прикрепляют к платформе на известном расстоянии от оси качания. Сначала с использованием выражения

$$x = \frac{\sum m_i l}{M_{ЛА}}, \quad (3)$$

где m_i – масса i -го пробного груза; l – расстояние от оси качания платформы до места установки грузов; $M_{ЛА}$ – масса контролируемого летательного аппарата, вычисляют положение центра масс аппарата относительно оси качания. А затем рассчитывают продольное положение центра масс, например, относительно его носка, используя как заранее известные, так и измеренные при установке расстояния между носком аппарата, его передним бугелем, стенкой переднего ложементы и осью качания.

Необходимо отметить, что при проведении измерений важным является поддержание в зоне стенда температуры окружающего воздуха в пределах $\pm(1-2)^\circ\text{C}$ ввиду её существенного влияния на изменение жёсткости пружины, соединяющей качающуюся платформу с корпусом механической установки, и возрастание погрешностей базирования ЛА. Также следует исключить градиент температур, влияющий на изменения центра масс и моментов инерции контролируемого аппарата и габаритные размеры рабочих эталонов, используемых для периодического контроля характеристик точности стенда, и минимизировать в зоне стенда (до величин не более $(0,1-0,2)$ м/с) скорости воздушных потоков, оказывающих влияние на погрешности измерений стенда.

Конструкция рассмотренного контрольно-измерительного стенда и предложенная методика измерений обеспечивают определение всего комплекса МЦИХ (кроме массы) с одной установки ЛА на стенде, что важно в условиях серийного производства. Все измерения выполняются исключительно при горизонтальном положении аппарата, что снимает ограничения по высоте помещения, в котором проводятся работы. Погрешности измерений, достигнутые в ходе метрологических испытаний опытного образца стенда с использованием рабочего эталона ЛА, не превысили 0,7 мм при определении продольной и 0,1 мм при определении поперечных координат центра масс, а также 2% при определении осевого момента инерции относительно продольной оси использовавшегося в испытаниях рабочего эталона и 0,7% при определении остальных моментов инерции. Стенд сертифицирован и внесён в Государственный реестр средств измерений. Новизна технических решений, использованных при разработке стенда, подтверждена патентом №2596032 [3].

Список литературы

1. *Правдин В.М., Шанин А.П.* Баллистика неуправляемых летательных аппаратов. – Снежинск: РФЯЦ-ВНИИТФ, 1999. – 496 с.
2. *Матвеев Е.В.* Направления развития технологий и оборудования для измерений инерционных характеристик изделий РКТ // Труды Всерос. науч.-техн. конф. «Новые технологии». – М.: РАН, 2012. – Т.1. – С. 44–52.
3. Патент РФ №2596032, МПК G01M 1/10. Способ определения тензора инерции изделия и стенд для его реализации / *Васильев М.А., Комаров В.И., Коньков М.Н., Сафронов И.Н.* Заявл. 05.12.2014. Оpubл. 27.08.2016.
4. *Васильев М.А., Ключников А.В., Коньков М.Н., Терехова С.А., Патокина Н.Е., Цыгуева Л.Д.* Опытный образец стенда определения МЦИХ крупногабаритных БПЛА // Труды Всерос. науч.-техн. конф. «Научные чтения по авиации, посвящённые памяти Н.Е. Жуковского». – М.: Издательский дом Академии имени Н.Е. Жуковского, 2017. – С. 140–145.

05.02.08

С.Н. Антропов, А.П. Буйносов д-р.тех.наукУральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга», Екатеринбург, se-antr@mail.ru, byinosov@mail.ru**О КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ
ДЛЯ ЛОКОМОТИВОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-22-24**

В статье приводится концепция развития базовой, универсальной платформы для локомотивов нового поколения, являющейся инновационным этапом развития железнодорожного машиностроения в России. Блочная конструкция принципиально новых локомотивов позволит значительно снизить затраты на производство и ремонт при существенном увеличении их надежности.

Ключевые слова: *локомотив, поколение, новое, платформа, универсальная, концепция, развитие.*

Развитие железной дороги, как экономического сегмента стратегического значения, сегодня идет сразу в нескольких направлениях: тяжеловесные грузоперевозки, скоростные контейнерные и пассажирские перевозки. Вектор развития мирового железнодорожного машиностроения направлен в сторону унификации тягового подвижного состава [1]. Решение задач этого направления в комплексе с логистическим развитием позволит оптимизировать и рационализировать затраты на эксплуатацию и обслуживание тягового подвижного состава.

В настоящее время на железных дорогах России движение грузовых поездов осуществляется при осевой нагрузке 24–25,5 т/ось. Согласно стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации планируется [2]: увеличение осевой нагрузки до 30 т/ось; снижение массы тары грузового вагона; применение асинхронного тягового двигателя.

Стоит отметить, что для массового использования подвижного состава с увеличенной нагрузкой на ось, согласно стратегии развития транспортного машиностроения Российской Федерации, необходима реализация комплекса мероприятий по усилению инфраструктуры [3]. Прежде всего, требуется увеличить толщину балластной призмы, применять рельсы из сталей повышенной износостойкости и контактной выносливости. Вслед за повышением осевой нагрузки вагонов последует и повышение нагрузки на ось локомотивов.

На сегодняшний день Россия отстает по уровню контейнеризации от развитых стран и от стран группы БРИКС. При этом постоянно увеличивающийся рост импорта и экспорта диктует требование к повышению объемов контейнерных перевозок. Согласно «Концепции комплексного развития контейнерного бизнеса» в РЖД [4] приводится прогноз прироста доли контейнерных перевозок на ближайшие годы – он составляет 8 % в год. При этом существует необходимость в повышении мобильности скоростных контейнерных перевозок, что достигается путем увеличения технической скорости движения подвижного состава с учетом рациональных тягово-энергетических показателей локомотивов, повышения их надежности.

Новым вектором развития скоростного пассажирского сообщения на железных дорогах России и стран СНГ является применение многофункциональных скоростных пассажирских локомотивов, предназначенных для движения со скоростями до 200 км/ч и более. Такие локомотивы обладают рядом преимуществ: удешевление за счет односекционного исполнения; сниженная нагрузка на ось (до 21 т/ось); модульный принцип конструкции; питание от сети и постоянного тока напряжением 3 кВ, и переменного тока напряжением 25 кВ (частотой 50 Гц); применение асинхронного тягового привода; широкий диапазон скоростей.

В связи с вышесказанным, концепция универсальной платформы электровозов двойного питания (3/25 кВ) с асинхронным тяговым приводом предполагает разработку серии

электровозов с максимально возможной унификацией и локализацией компонентов механической части, тягового и вспомогательного электрического оборудования [5].

Повышение мощности современных локомотивов, а также скорости их движения обуславливает увеличение массы агрегатов при той же осевой нагрузке. Более металлоемкими узлами являются рама и кузов локомотива, на их долю приходится до 15–20 % общей массы [6]. Применяя несущий кузов вагонного типа (рис. 1), можно существенно снизить общую массу главной рамы и массу самого кузова.

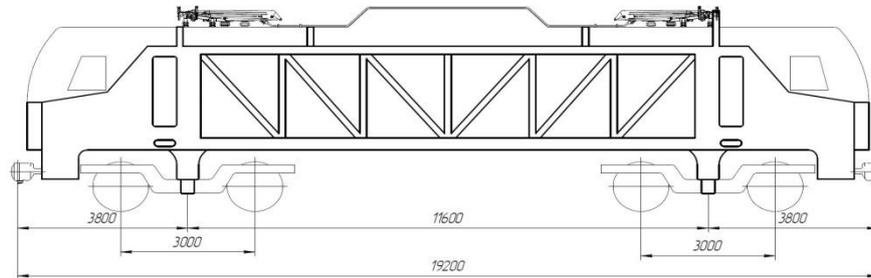


Рис. 1. Конструкция кузова несущего типа

При одинаковых характеристиках локомотивов с несущим кузовом имеет меньшую массу металлоконструкций, чем локомотив с кузовом другого типа (с несущим кузовом вагонного типа). Так масса современных электровозов, приходящаяся на 1 м длины с несущим кузовом и рамой, составляет 1,1–1,25, а несущего с рамой – 0,86–1,0 т/м.

Для различных условий эксплуатации предполагается вариативность комплектов тягового привода с разным передаточным отношением редуктора и мощностью от 900 до 1600 кВт, а также изменение осевой нагрузки от 22 до 27 т/ось, для адаптации под конкретные условия работы. По тяговым характеристикам (рис. 2) видно, что для грузового электровоза с нагрузкой 25 т/ось при максимальной скорости движения 120 км/ч техническая скорость по участкам в среднем равна 40 км/ч, при этом мощность тягового двигателя не должна превышать 925 кВт.

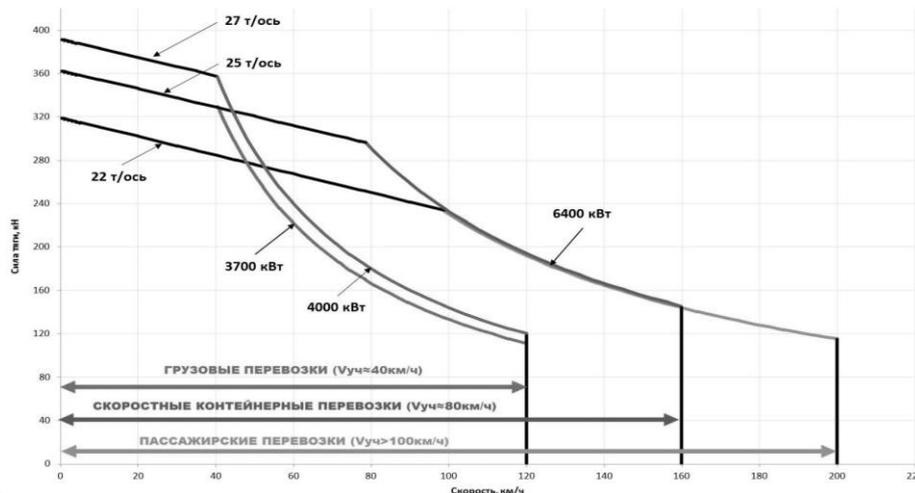


Рис. 2. Тяговые характеристики электровоза

В таком случае электровоз мощностью 3700 кВт будет иметь наибольший коэффициент использования мощности при движении в длительном режиме [2]. Для повышения осевой нагрузки до 27 т/ось с сохранением средней технической скорости на участке 40 км/ч мощность локомотива необходимо повысить до 4000 кВт.

Развитие скоростных контейнерных перевозок с повышением средней технической скорости до 80 км/ч потребует реализации максимальной силы тяги с наиболее эффективным использованием мощности длительного режима. В таком случае установка тягового привода с двигателями мощностью 1600 кВт без существенных конструктивных изменений позволит в кратчайшие сроки разработать локомотив, адаптированный под новые требования заказчика. Для эксплуатации в пассажирском сообщении со скоростями до 160–200 км/ч, авторами предлагается применять тяговые электродвигатели мощностью 1600 кВт с различным

передаточным отношением, а также предлагается снизить осевую нагрузку до 22 т.

Такое разнообразие опциональных функций открывает широкие возможности по эксплуатации электровозов на различных участках и для вождения разных типов поездов. Наиболее рациональным решением создания данной линейки подвижного состава является модульная конструкция локомотива. Примером может служить грузовой электровоз переменного тока нового поколения 2ЭС7, который разработан как базовая платформа для создания иных типов тягового подвижного состава.

Авторами предлагается новая концепция взаимозаменяемых отдельных блоков (крупных модулей) основного и вспомогательного оборудования локомотивов, имеющих общую универсальную платформу. Блочная (модульная) конструкция – это нестационарные быстросъемные блоки, содержащие каркасы, внутри которых находится оборудование одного назначения. Таким образом, появляется возможность быстрого переориентирования производства локомотив под конкретные нужды заказчика путем сборки основного и вспомогательного оборудования, имеющего конфигурацию отдельных блоков.

Блочная конструкция локомотива позволяет: снизить затраты на переориентирование производства локомотивов; уменьшить расходы на техническое обслуживание и ремонт в условиях сервисных депо (при неисправности одного блока осуществляется его замена на новый или заранее отремонтированный идентичный блок); унифицировать блоки для различных типов локомотивов; повысить надежность работы оборудования, продлить его жизненный цикл; сократить количество обслуживающего персонала.

Все блоки соединяются между собой только силовыми кабелями, а с центральным микропроцессором – по шине управления. Система диагностирования отдельных блоков, взаимодействующая с системой управления локомотивом, позволяет в пути следования отображать текущее состояние модулей и выявлять блоки, требующие ремонта или замены. Это облегчает ремонт локомотивов и намного снижает стоимость их жизненного цикла, что позволяет увеличить коэффициент использования локомотива (минимизация времени простоя в сервисном депо), увеличив при этом коэффициент технической готовности.

Предлагаемая блочная конструкция позволяет менять конфигурацию и связи внутри секций в зависимости от климатических и других условий эксплуатации. Аналогично, блочную конструкцию можно применить и для вагонов любого вида, отдельным блоком которых может послужить рама кузова с тележками, универсальным креплением для кузова и создания, например, полувагона, цистерны, платформы или иного вида. Блочная конструкция на универсальной платформе позволит сделать рывок в развитии транспортного машиностроения, отказаться от системы планово-предупредительного ремонта и перейти на ремонт локомотивов по техническому состоянию.

Список литературы

1. Буйносов А.П., Лантев С.И. Перспективы применения триботехнических составов для ремонта бандажей колесных пар без прекращения эксплуатации локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6. С. 50-52.
2. О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: [утв. распоряжением Правительства РФ от 17.06.2008 г. № 877-р] [Электронный ресурс]. – 2008.
3. Буйносов А.П., Антропов С.Н. Анализ нарушения работы комплекса БЛОК на локомотивах в сервисном депо Свердловск // Научно-технический вестник Поволжья, 2016. № 6. С. 82-85.
4. Буйносов А.П., Лантев С.И. Новые варианты устройства стыковки железнодорожных рельсов // Инновационный транспорт. 2017. № 2. С. 43-45.
5. Буйносов А.П. Выбор оптимального остаточного проката бандажей колесных пар магистральных электровозов // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии, 2012. № 3 (113). С. 113-116.
6. Буйносов А.П., Цихалевский И.С. Основные принципы расчета продольной развески тележки современного электроподвижного состава // Научно-технический вестник Поволжья, 2016. № 5. С. 65-68.

05.02.04

А.П. Буйносов д-р.тех.наук, С.И. ЛаптевУральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга», Екатеринбург, buinosov@mail.ru, serj2212@mail.ru**АНАЛИЗ ИЗНОСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР
ЭЛЕКТРОВЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА НПП****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-25-28**

В статье приводятся результаты выполненного анализа статистических данных о выходе из строя бандажных колесных пар. Рассматриваются способы снижения износа гребневой части колесных пар электровозов НПП в ОАО «ЕВРАЗ КГОК» без значительных затрат.

Ключевые слова: промышленность, транспорт, электровоз, НПП, колесная пара, бандаж, износ анализ.

Одна из наиболее важных проблем на электровозах промышленного железнодорожного транспорта является износ гребней колесных пар. Тяжелые условия эксплуатации электровозов промышленного железнодорожного транспорта привели к чрезвычайной проблеме в трибосистеме «колесо–рельс» [1].

Авторами был выполнен анализ причин выхода из строя составных (имеющих бандажи) колесных пар промышленных электровозов НПП ОАО «ЕВРАЗ Качканарский горно-обогатительный комбинат». Для анализа были использованы статистические данные, собранные при содействии работников цеха транспортных перевозок управления горного железнодорожного транспорта (ЦТП УГЖДТ ОАО «ЕВРАЗ КГОК») в период 2016–2017 гг. На рис. 1 приведены причины (дефекты), по которым производится преждевременная обточка колесных пар электровоза НПП.

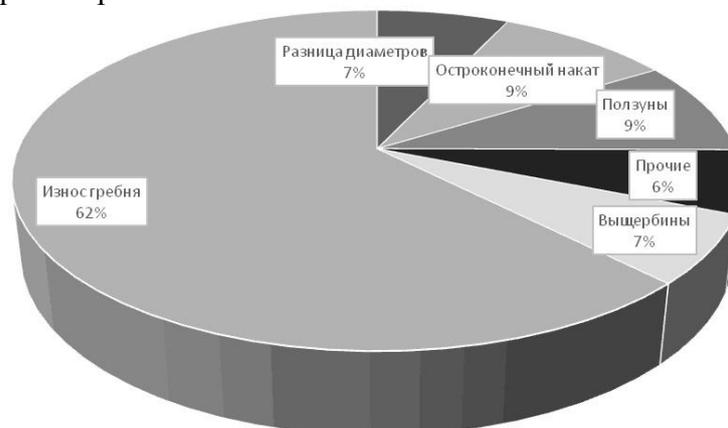


Рис. 1. Распределение в процентах количества дефектов бандажей колесных пар

Из рис. 1 видно, что основной причиной, по которой производится обточка колесных пар на ОАО «ЕВРАЗ Качканарский горно-обогатительный комбинат» является преждевременный износ гребня (62 %).

Согласно приказу Министерства транспорта России № 286 от 21.12.2010 г. «Об утверждении правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» разрешается эксплуатировать железнодорожный подвижной состав на путях необщего пользования с толщиной гребня более 33 мм и менее 22 мм [2]. Однако реально при обточке бандажей конфигурацию профиля полностью не восстанавливают (номинальная толщина гребня 33 мм), а оставляют 27–30 мм.

По разработанной в УрГУПС методике [3], на рис. 2 приведены построенные эмпирические и аналитические зависимости изменения за 6 месяцев среднего значения

износа гребня для 4 электровозов НП1 после обточки колесных пар (точка отсчета – «0» месяц – обточка колесных пар).

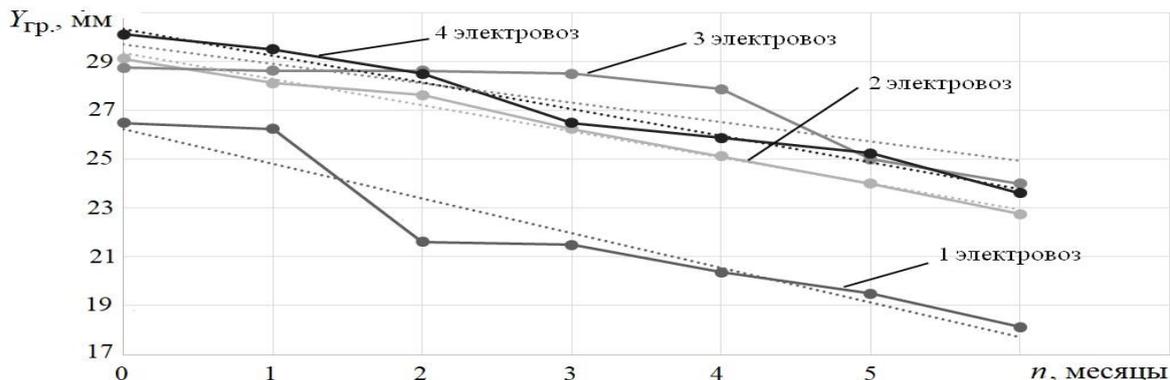


Рис. 2. Зависимость изменения от времени среднего значения толщины гребня

Анализируя зависимости $Y_{гр.}(n)$, показанные на рис. 2, можно сделать несколько выводов: 1) если принять начальную толщину гребня 29,5 мм, оставляемую после обточки (4 электровоз), то интенсивность износа за 6 месяцев составила 0,92 мм/мес. работы НП1; при начальной толщине гребня 29 мм (2 электровоза) интенсивность износа – 0,98 мм/мес., а при начальной толщине гребня 26,5 мм (1 электровоз) интенсивность износа – 1,417 мм/мес; 2) колесные пары, имеющие начальную толщину гребня 26,5 мм изнашиваются в 1,5 раза быстрее, чем бандажи с начальной толщиной гребня 29,5 мм. Это, прежде всего, можно объяснить тем что в процессе восстановления полной конфигурации профиля поверхности катания бандажа происходит удаление упрочненного («накатанного») износостойкого слоя металла [4]. Встает задача выбора наилучшей толщины гребня, оставляемой при обточке колесных пар исходя из критерия наименьшего износа бандажей.

Рассматривать отдельно колесную пару нельзя, так она непрерывно контактирует при движении НП1 с рельсом. Величина износа рельса и колеса пропорциональна энергии, диссипатированной в процессе преодоления сопротивления качению с проскальзыванием колеса по рельсу [5]. Изнашивание бандажа и рельса определяется относительным проскальзыванием λ и давлением на площадках контакта.

В результате лабораторных исследований, выполненных в УрГУПС, в условиях качения с проскальзыванием без смазывания установлены три основных типа изнашивания: нормальный, интенсивный и катастрофический. На рис. 3 приведена диаграмма с кривыми $p\lambda = \text{Const}$, разделяющими различные типы изнашивания с указанием областей нормальных и ненормальных условий работы. Диаграмма получена при испытаниях роликов из обычной углеродистой стали, имеющей начальную твердость 300 НВ, в условиях качения с поперечным проскальзыванием. Кривая $p\lambda = 40$ является границей между нормальным и интенсивным типами изнашивания, в то время как кривая $p\lambda = 120$ является границей между интенсивным и катастрофическим типами изнашивания.

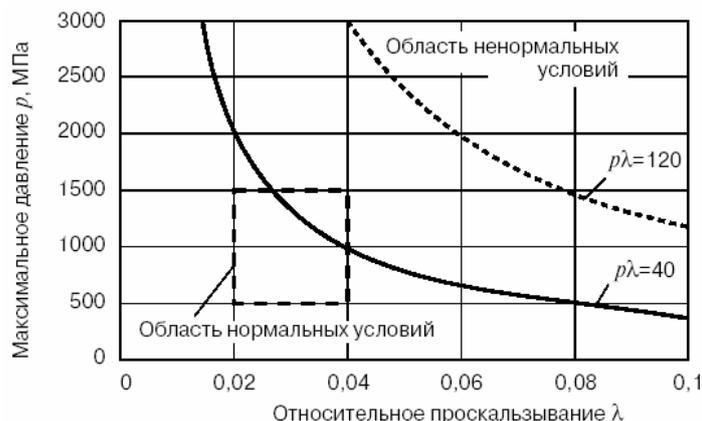


Рис. 3. Диаграмма типов изнашивания для пары «колесо–рельс»

Нормальный тип изнашивания характеризуется светлыми поверхностями пары трения и большими металлическими частицами длиной 1000 мкм и толщиной 3 мкм, образовавшимися в процессе изнашивания.

Интенсивный тип изнашивания характеризуется более грубой поверхностью. Частицы износа представляют собой светлые хлопья размером 500 мкм и толщиной 15–30 мкм.

При катастрофическом типе изнашивания обе поверхности трения становятся очень грубыми, и на них видны следы схватывания (рис. 4). Большие частицы износа имеют размер 300 мкм и толщину 50 мкм. Меньшие частицы износа размером 10 мкм имеют сферическую форму. Между интенсивным и катастрофическим обнаружен еще один тип изнашивания, названный тяжелым.

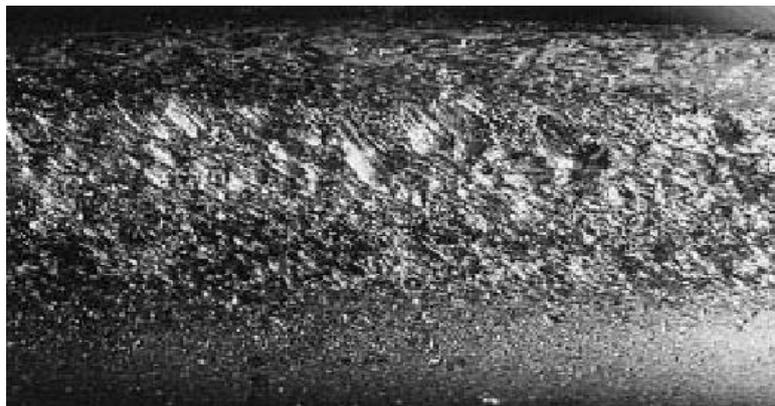


Рис. 4. Поверхность гребня колесной пары электровоза НП1

При этом типе изнашивания максимальная и минимальная интенсивности изнашивания, получаемые в испытаниях, могут различаться на порядок. Интенсивность изнашивания уменьшается с ростом параметра $p\lambda$. Интенсивный и тяжелый типы изнашивания могут проявляться при одинаковых значениях $p\lambda$ и переходить один в другой.

Выполненные в УрГУПС лабораторные исследования, воспроизводившие изнашивание пары «гребень колеса–боковая поверхность головки рельса», показали, что особенно для интенсивного и катастрофического типов изнашивания при отсутствии смазки и относительно стабильном коэффициенте трения удельная объемная интенсивность изнашивания в безразмерном виде выражается как

$$I = k \cdot p \cdot \lambda^2,$$

где p – контактное давление в соответствующей точке площадки контакта; λ – относительное проскальзывание, которое может изменяться в пределах от 0 до 1; k – коэффициент, зависящий от свойств материалов колеса и рельса и коэффициента трения.

Поскольку относительное проскальзывание λ зависит от угла набегания колеса на рельс, который для стандартной тележки электровоза НП1 зависит от радиуса кривой, то чем меньше радиус кривой, тем больше износ гребня бандажа и боковой поверхности головки рельса.

В зависимости от того, имеет ли бандаж и рельс новый или изношенный профиль, могут возникать различные контактные давления и относительные проскальзывания, которые ведут к различным типам и интенсивности изнашивания. При неблагоприятных сочетаниях контактное давление может достигать 3000 МПа, а относительное проскальзывание 0,06–0,10. В этих условиях параметр $p\lambda$ может доходить до 300 и будут иметь место катастрофический тип изнашивания большой интенсивности и пластическая деформация.

Пластическая деформация возникает, когда максимальные контактные давления достигают критической величины, зависящей от свойств материалов, в частности от твердости, которая меняется вследствие эксплуатационного упрочнения. Пластическая деформация зависит от тангенциальных усилий, определяемых в значительной мере коэффициентом трения. Так, если коэффициент трения равен 0,6, пластическая деформация возникает на поверхности при значительно меньших контактных напряжениях, чем когда коэффициент трения имеет малую величину.

Так как цех транспортных перевозок УГЖДТ ОАО «ЕВРАЗ КГОК», также как и транспортные цеха других горно-обогатительных комбинатов финансируются по «остаточному принципу», работы по снижению износа гребней бандажей колесных пар электровозов НПП без значительных капитальных затрат продолжаются.

Список литературы

1. *Буйносов А.П.* Восстановление в депо изношенных бандажей промышленных электровозов с помощью наплавки без выкатки колесных пар // Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 3. С. 04-11.
2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. Минтранс Рос. Федерации 21.12.10 : ввод. в действие с 01.09.12. М.: Транспорт, 2012. 520 с.
3. *Буйносов А.П.* Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава: монография. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2010. 224 с.
4. *Буйносов А.П., Лантев С.И.* Новые варианты устройства стыковки железнодорожных рельсов // Инновационный транспорт. 2017. № 2. С. 43-45.
5. *Буйносов А.П., Лантев С.И.* Перспективы применения триботехнических составов для ремонта бандажей колесных пар без прекращения эксплуатации локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6. С. 50-52.

05.02.11

Е.В. Сорокин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, evgsensorokin92@gmail.com

ОТРАБОТКА ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ ШУМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-29-32**

Представлена модель генерации шума при взаимодействии воздушной струи с цилиндрическим телом. Моделирование проводится в два этапа: газодинамический расчет с использованием гибридной RANS/LES модели турбулентности; акустический расчет с помощью интегрального метода Фокса-Вильямса - Хокингса. Для верификации акустического расчета проведен натурный эксперимент. Отмечено качественно близкое изменение расчетного спектра шума к экспериментальному. Описаны причины количественного расхождения результатов.

Ключевые слова: шум взаимодействия, измерения шума в дальнем поле, численное моделирование, модели турбулентности, акустические аналогии.

Взаимодействие струйных течений с некоторыми телами может вызывать генерацию уровней звукового давления (SPL), которые превышают на 20-30 дБ шум самого струйного течения. В результате человек, находящийся вблизи такого источника испытывает сильный дискомфорт, нарушается качество выполняемой персоналом работы.

Также проблема шума взаимодействия остро стоит в вопросах экологии гражданской авиации. В настоящее время шум авиационных двигателей настолько уменьшился, что стал сопоставимым с шумом обтекания элементов планера. Кроме того, из-за высокой степени двухконтурности современных двигателей реактивная струя может взаимодействовать с отклоненными закрылками, что на режимах взлета и посадки ведет к возникновению эффективного источника шума (шум возрастает на 8-9 дБ) [1]. Таким образом, изучение шума взаимодействия является актуальной задачей.

Современное развитие вычислительной техники позволяет на стадии проектирования различных конструктивных элементов технологического оборудования, машин, летательных аппаратов широко использовать возможности численного моделирования, которое в том числе может использоваться для моделирования генерации шума при взаимодействии струйного течения с телом. В вычислительной аэроакустике существует два основных подхода: прямое численное моделирование и гибридные методы. Поскольку получение значений акустического давления требует проведения нестационарного расчета, то использование прямого численного моделирования для генерации и распространения шума в областях, значительно превышающих характерный размер исследуемого тела, является весьма тяжеловесным подходом с точки зрения использования вычислительных ресурсов.

В этом случае более рациональным подходом является применение интегральных методов, которые представляют собой двухэтапные методы, основанные на раздельном расчёте генерации шума и его распространения. На первом этапе производится расчёт параметров поля газодинамического течения, в процессе которого информация о нестационарных характеристиках потока сохраняется на так называемых контрольных поверхностях. На втором этапе с использованием этой информации производится расчёт распространения звука до положения слушателя с помощью соответствующих интегральных формул или акустических аналогий. В основу гибридных методов положены математические модели на базе URANS/LES/DES подходов, акустические аналогии, а также библиотеки, реализующие алгоритмы быстрого преобразования Фурье.

В настоящей работе предложена и апробирована методика моделирования турбулентного обтекания цилиндра и расчета акустического давления и спектра шума в ближнем и дальнем

поле в трехмерной постановке. На первом этапе производится газодинамический расчёт с использованием гибридной RANS/LES модели турбулентности, в процессе которого информация о нестационарных характеристиках потока сохраняется на контрольных поверхностях. На втором этапе производится расчёт распространения звука с помощью акустической аналогии Лайтхилла в форме интегрального метода Фокса-Вильямса - Хокинга (FWH) [2]. Расчеты проводились в пакете Fluent.

Расчетная область имела размеры $20d \times 14d \times 2d$, где $d=0.003$ м – диаметр цилиндра. Геометрия расчетной области обтекаемого цилиндра и адаптивная сетка (рис. 1) были построены в пакетах Ansys CFX и ICEMCFD. Дополнительно выполнялось сгущение сетки вблизи поверхности цилиндров (рис. 1б). Все ячейки сетки являются гексаэдрами. Общее количество ячеек в трехмерном случае составляло 975000.

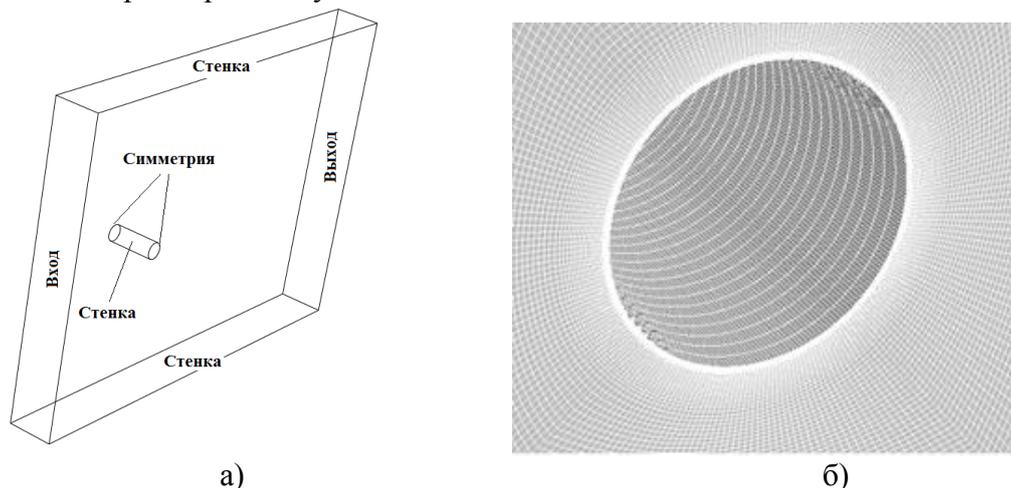


Рис. 1 – Геометрическая модель (а) и расчетная сетка вблизи цилиндра (б)

На входе в расчетную область (рис. 1а) задавалась скорость набегающего потока 0.3 М и значения параметров модели турбулентности исходя из степени турбулентности потока 0.5%; на выходе – давление, равное 0; для значений параметров турбулентности на стенках цилиндра использовались пристеночные функции, а также условия прилипания и непротекания.

Газодинамический расчет выполнялся до момента, пока поток не становился установившимся. Точность газодинамического расчета оценивалась путем сопоставления расчетной величины распределения коэффициента давления по поверхности цилиндра, полученного путем осреднения по времени с известными экспериментальными данными [3]. Результаты сопоставления расчетных и экспериментальных величин коэффициента давления по поверхности цилиндра представлены на рис. 2.

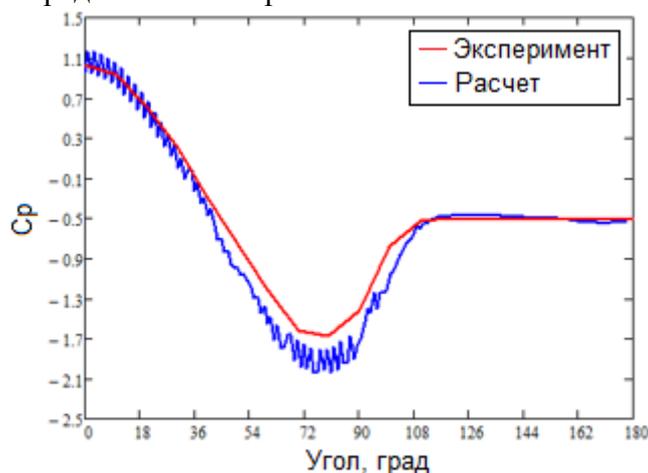


Рис. 2 – Расчетное и экспериментальное значение коэффициента давления на цилиндре

Точность акустического расчета верифицировалась по результатам натурного эксперимента, который проводился в акустической заглушенной камере Лаборатории

механизмов генерации шума и модального анализа ПНИПУ [4]. Генерация струйного течения выполнялась специальной установкой, акустическое качество которой было ранее проверено в ряде исследований [5, 6]. Вблизи сопла диаметром 0.05 м располагался цилиндрический стержень диаметром 0.003 м (рис. 3а). На удалении 2 м от цилиндра по дуге были расположены 6 микрофонов. Запись шумового сигнала выполнялась в течении 20 с. Фотография реализации эксперимента представлена на рисунке 3б.

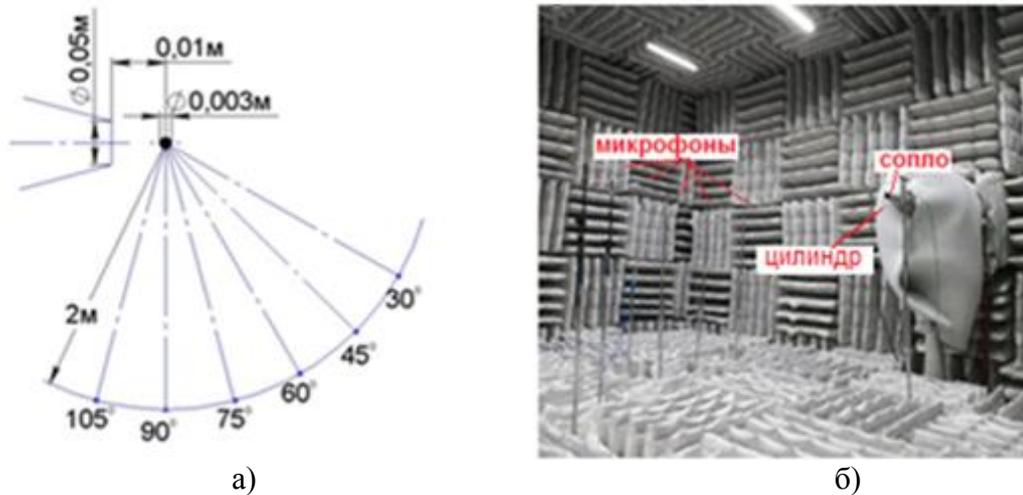


Рис. 3 – Схема и фотография проведения эксперимента

На рисунке 4 представлено сравнение уровня звукового давления в дальнем поле для микрофона, расположенного под углом 105 градусов. Видно, что качественные изменения спектров схожи. Более сильный разброс по амплитуде расчетных значений обусловлен малым числом усреднений, что в свою очередь вызвано коротким временным отрезком расчета обтекания стержня из-за ограниченности используемых вычислительных мощностей.

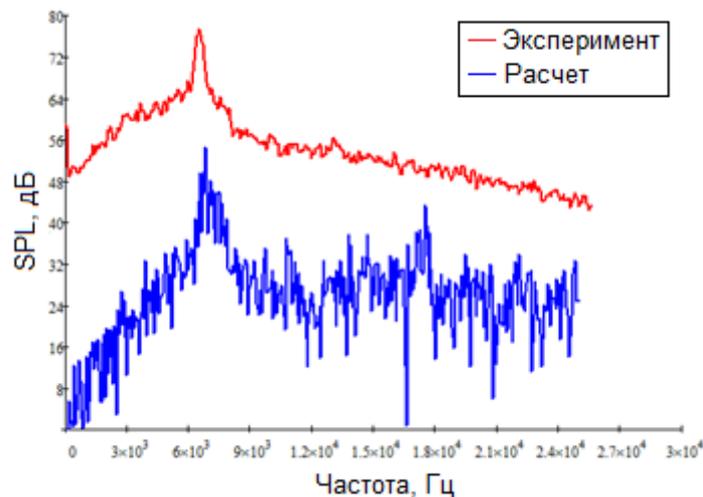


Рис. 4 – Расчетное и экспериментальное значение уровня звукового давления

Количественные расхождения спектров вызваны несколькими причинами. В расчете ширина обтекания цилиндра составляла всего $2d$, что меньше необходимых значений (требуется $5d$ и больше). Для точного определения частоты срыва вихрей необходимо более высокое разрешение пограничного слоя (соблюдение условия $Y^+=1$, в данном расчете $Y^+=5$). Таким образом, при выполнении перечисленных условий разработанная численная модель может быть применена к расчету шума взаимодействия струйных течений с телами более сложной формы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства РФ по договору № 14.Z50.31.0032. Исследования выполнены на уникальной научной установке «Акустическая заглушенная камера с аэродинамическими источниками шума» (регистрационный номер 500617).

Список литературы

1. Копьев В.Ф., Мунин А.Г., Остриков Н.Н. Проблемы создания перспективных магистральных самолетов, способных удовлетворять нормам ИКАО по шуму на местности // Труды ЦАГИ. – 2014. – Вып. 2739. – С. 3-13.
2. Prieur J., Rahier G. Aeroacoustic integral methods, formulation and efficient numerical implementation // Aerospace Science and Technology. – 2001. – No. 5. – P. 457-468.
3. Jenkins L.N., Khorrami M.R., Choudhari M.M., McGinley C.B. Characterization of unsteady flow structures around tandem cylinders for component interaction studies in airframe noise // AIAA Paper 2005-2812.
4. Копьев В.Ф., Пальчиковский В.В., Беляев И.В., Берсенев Ю.В., Макашов С.Ю., Храмцов И.В., Корин И.А., Сорокин Е.В., Кустов О.Ю. Создание заглушенной установки для аэроакустических экспериментов и исследование ее акустических характеристик // Акустический журнал. – 2017. – Т. 63, № 1. – С. 114-126.
5. Пальчиковский В.В., Храмцов И.В., Кустов О.Ю., Корин И.А., Сорокин Е.В., Черенкова Е.С. Оценка качества измеряемого шума турбулентной воздушной струи в заглушенной камере ПНИПУ // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. – 2016. – Т. 1. – С. 49-53.
6. V.V. Palchikovskiy, I.V. Khramtsov, V.V. Ershov, D.A. Gornova, A.A. Selivanova. Aeroacoustic investigations of subsonic jet in PNRPU anechoic chamber // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 208. DOI 10.1088/1757-899X/208/1/012032.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (05.11.00)**

05.11.13

А.Г. Шляхова канд.тех.наук, А.Т.Шляхов канд.физ.-мат.наук

Альметьевский государственный нефтяной институт, энергомеханический факультет,
кафедра нефтегазового оборудования и технологии машиностроения,
Альметьевск, 9274573382@mail.ru

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЕЩЕСТВ: ИДЕИ, РЕАЛИЗАЦИИ, РЕЗУЛЬТАТЫ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-33-36**

Разработан термический анализ (ТА), основанный на авторской дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК), сочетающей высокую чувствительность порог обнаруживаемой мощности 10^{-7} Вт с уникальным быстродействием 10^{-2} с. В качестве теплового сенсора применена батарея из анизотропных термоэлементов (АТЭ) из висмута. При термическом анализе арсенида галлия $m=1$ мг, приготовленного в виде порошка, дисперсность которого 0,1 мг, зарегистрированы отклики при кристаллизации микровключений галлия на уровне 0,15 мкВт, что соответствует абсолютной и относительной чувствительности на уровне 10^{-10} г и 10^{-5} %, соответственно. Получен патент на изобретение.

Ключевые слова: *термический анализ веществ (ТА), дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), анизотропный термоэлемент, микровключения, чувствительность, полиморфные модификации, α и β галлий, дифференциальный микроваттметр, фазовый переход, плавление, кристаллизация, патент.*

Актуальность. Во многих случаях ТА не применим, так как существенным недостатком метода является низкая относительная и абсолютная чувствительность на уровне 1 % и 10^{-3} г. [1-5].

В конце XX века интенсивно разрабатываются новые виды тепловых сенсоров: на основе анизотропных термоэлементов, сочетающие быстродействие и чувствительность [6-8]. Поскольку промышленные калориметры с такими параметрами отсутствуют необходимо предпринять исследования по разработке и созданию быстродействующего высокочувствительного микрокалориметра на основе АТЭ из висмута. Разработки в этом направлении являются актуальными и позволят занять ТА должное место в ряду аналитических методик [8-13].

Традиционно при изготовлении калориметров, в качестве датчиков тепла (сенсоров) используются батареи термопар, обладающие высокой вольваттной чувствительностью $S_0=10\div 1000$ мВ/Вт и более, но одновременно низким быстродействием 10-1000с. [5]. Из теоретического рассмотрения изменения энтальпии процесса в методе ДСК, [3,4] следуют пути оптимизации термического анализа. Во-первых, необходимо максимальное уменьшение термических масс камер образца и эталона, т.е. термического сопротивления, во-вторых, необходимо использовать чрезвычайно малые по массе образцы ≤ 1 мг; что может существенно увеличить разрешающую способность. В-третьих, мгновенно выделяющаяся теплота, может быть зарегистрирована калориметром, если его постоянная времени того же порядка, либо еще меньше времени выделения тепла. Для достижения постоянной времени калориметра порядка 10^{-3} с., расстояние между источником теплоты и датчиком температуры должно составлять доли миллиметра [5].

Эксперимент. Применение новых тепловых датчиков, основанных на АТЭ из висмута, позволило авторам разработать и изготовить быстродействующий дифференциальный микрокалориметр и тепловой микроваттметр с термоэлектрическим охлаждением. С

рабочими параметрами: постоянная времени (быстродействие) 10^{-2} с., вольт-ваттная чувствительность 10-15 мВ/Вт, минимально обнаруживаемая мощность 10^{-7} Вт, объем реакционной камеры 0,03-0,1 см³, рабочий интервал температур 100-400 К [8-12].

Исследования теплоемкости арсенида галлия проводились в режиме стационарной калориметрии в области температур плавления галлиевых включений, которая составляет $29,78^{\circ}$ С. При наличии галлиевых включений в арсениде галлия, в момент плавления этих включений, дополнительно поглощается теплота, фиксируя это приращение теплоты можно определить их объемное содержание с абсолютной и относительной чувствительностью на уровне 10^{-5} г и 10^{-2} % (А.с. 1373142 СССР. Способ определения содержания инородных включений в твердых веществах // Шляхов А. Т. Балагурова Е.А, Греков Ю.Б., Дивин Н.П.)

Более перспективной методикой определения содержания галлиевых включений является дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Данный метод включает измерение дифференциального теплового потока при непрерывном уменьшении температуры, при этом измерение дифференциального теплового потока осуществляется при условии $\tau_{\text{яч}} \leq \tau_{\text{крист}}$, где $\tau_{\text{яч}}$ - быстродействие калориметра (ячейки), $\tau_{\text{крист}}$ – время кристаллизации включений [8].

Недостатками способа [8] является то, что, во-первых, использованы объемные калориметрические камеры размерами $(1 \times 0,3 \times 0,3)$ см³, поэтому по этим же параметрам готовились образец и эталон в виде цельного параллелепипеда, объемом $\approx 0,09$ см³, вследствие этого их масса составляет значительную величину ≈ 400 мг. Во-вторых, в прототипе нет научного анализа температурного поведения включений, поэтому в исследуемом полупроводнике арсениде галлия рассматривается только α -модификация микровключений галлия.

Целью изобретения [12] является повышение чувствительности и упрощение способа при определении содержания металлических микровключений в полупроводниковых материалах (арсениде галлия).

Это достигается способом, включающим охлаждение предварительно нагретых исследуемого и эталонного веществ, помещенных на сенсорах из АТЭ. Измеряется дифференциальный тепловой поток от температуры и по величине скачков на этой зависимости определяется содержание включений. Объемный кристаллический галлий может существовать в нескольких метастабильных модификациях, из которых при нормальном давлении устойчива α -модификация, образующаяся при 30° С, и β -модификация, в которую кристаллизуется переохлажденный расплав.

В предлагаемом способе переход включений галлия из стабильной α -фазы в метастабильную β -фазу осуществляется импульсным воздействием инфракрасных лазеров с длинами волн 1,06 мкм либо 10,6 мкм. Основную роль при образовании β -фазы играет высокая скорость закалки расплава галлия. Если после лазерного воздействия совершить неполный термоцикл «охлаждение-нагрев», то, при охлаждении фиксируется экзотермический пик при -25° С, связанный с кристаллизацией β -галлия (рис.1б). Если после этого сразу же начать нагревание, то при температуре -16° С, наблюдается размытый эндотермический отклик, связанный с плавлением галлия в β фазе (рис.1а). Кроме пиков, связанных с плавлением и кристаллизацией β -галлия, обнаружена низкотемпературная аномалия при -90° С, сопровождающаяся выделением теплоты и обусловленная обратным превращением галлия из β - в α -модификацию (рис.1в).

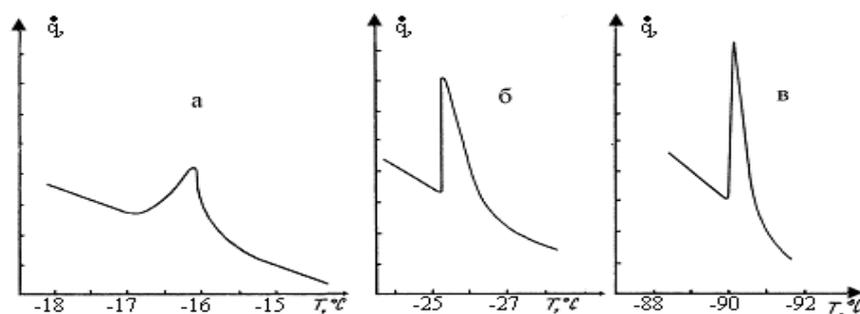


Рис. 1. Фазовые превращения в β – Ga: а) – плавление, б) – кристаллизация, в) переход β – Ga в α – Ga .

Реализация термического анализа веществ по прототипу [8] в промышленных условиях сопряжена с некоторыми техническими трудностями, к тому же по методическим причинам чувствительность и разрешение анализа выше при массах анализируемого вещества ≤ 1 мг, т.е. нет необходимости иметь объемную калориметрическую ячейку. Поэтому для достижения поставленной цели необходимо применение дифференциального быстродействующего ($\tau=10^{-2}$ с) микроваттметра на основе АТЭ из висмута с термоэлектрическим охлаждением рис.2.[10].

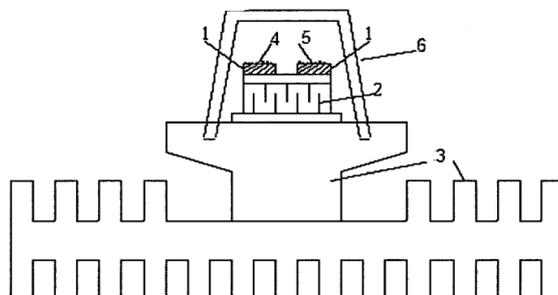


Рис.2. Дифференциальный тепловой микроваттметр

Прибор состоит из двух сенсорных площадок 6×10 мм² на основе последовательно включенных АТЭ из висмута. Сенсоры 1 размещены на рабочей поверхности микрохолодильника 2, расположенного на термостате 3. Микрохолодильник, работающий на эффекте Пельтье, обеспечивает охлаждение-нагрев исследуемого объекта 4 и эталона 5 от $+100^\circ\text{C}$ до -100°C .

Впервые экспериментально показано, что разрешение теплового спектра при термическом анализе сравнимо по чувствительности с результатами спектрального анализа (рис.3).

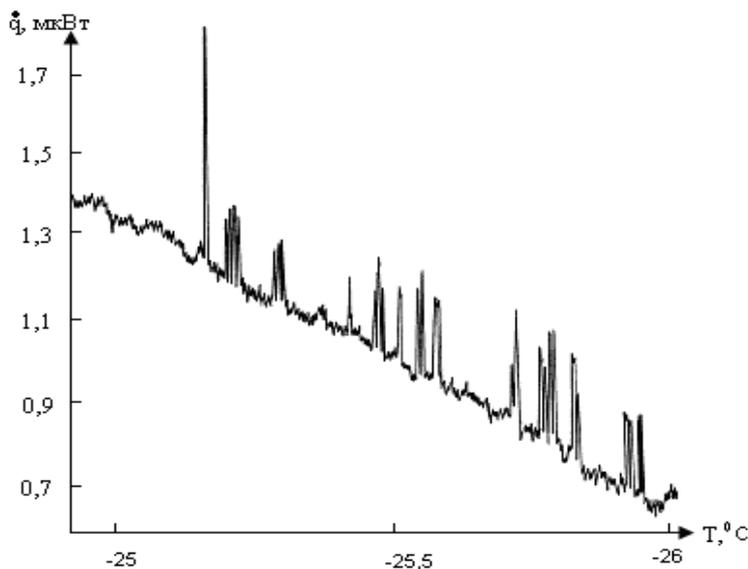


Рис. 3. Теплограмма GaAs: Te (пики на кривой ДСК соответствуют кристаллизации микровключений галлия). Условия эксперимента: масса пробы, приготовленной в виде порошка с дисперсностью $\approx 0,1$ мг, равна ≈ 1 мг; скорость охлаждения $v = 0,2$ град/мин.

При пробе GaAs ≈ 1 мг, приготовленного в виде порошка, дисперсность которого $\approx 0,1$ мг, зарегистрированы отклики при кристаллизации включений β -галлия на уровне $\approx 0,15$ мкВт, что соответствует массе галлия 10^{-10} г. при чувствительности $10^{-5}\%$.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ технического уровня серийно выпускаемых калориметров и установлено, что для контроля степени чистоты веществ требуется разработка теплофизических приборов, сочетающих быстрдействие и чувствительность. Разработаны критерии и требования к термическому анализу и анализируемым образцам. Установлено, что оптимальным методом для термического анализа веществ с высокой разрешающей способностью является ДСК с использованием малых навесок ($m \approx 0,01$ мг.) и малых скоростей нагрева (0,1 - 1) град/мин.

2. Разработан и изготовлен дифференциальный микрокалориметр и дифференциальный микроваттметр с термоэлектрическим охлаждением на АТЭ из висмута, с параметрами, сочетающими высокую чувствительность (порог обнаруживаемой мощности 10^{-7} Вт) с высоким быстрдействием (10^{-2} с), превосходящим на два порядка параметры известных калориметров. Установлено, что ТА веществ, основанный на ДСК с использованием АТЭ из висмута, способен обеспечить обнаружение микровключений в анализируемых системах. При пробе анализируемого вещества ≈ 1 мг достигнута относительная чувствительность определения галлиевых включений в арсениде галлия на уровне 10^{-5} % при абсолютной чувствительности 10^{-10} г. т.е. на порядки улучшен основной показатель ТА-чувствительность. Получен патент на изобретение.

Список литературы

1. *Берг Л.Г.* Введение в термографию / М.: Наука, 1969. - 395 с.
2. *Уэндландт У.* Термические методы анализа / М.: Мир, 1978. - 526 с.
3. *Топор Н.Д., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В.* Термический анализ минералов и неорганических соединений / М.: МГУ 1987. - 190 с.
4. *Берштейн В.А., Егоров В.М.* Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров / Л.: Химия, 1990. - 256 с.
5. *Хеммингер В., Хене Г.* Калориметрия. Теория и практика / М.: Химия 1990. - 176 с.
6. *Дивин Н.П.* Физические основы управляемого выращивания монокристаллов висмута для анизотропных термоэлементов и их применения / Автореф. дис. к.ф.-м.наук Л.: ЛГПИ, 1982 - 14с.
7. *Митяков В.Ю.* Возможности градиентных датчиков теплового потока на основе висмута в теплотехническом эксперименте / Автореф. дис. д. т. наук СПб: СПб ГПУ 2005 - 36 с.
8. А.с. 1704050 СССР, МКИ G01 N25/02. Способ определения содержания примеси в веществах // Шляхов А.Т., Греков Ю.Б., Дивин Н.П., Ярославцев Н.П. Приоритет 06.06.89. Опубликовано: 07.01.92. Бюл. №1.
9. *Шляхова А.Г.* Дифференциально-сканирующая калориметрия для контроля качества арсенида галлия // Изв. ВУЗов: Проблемы энергетики. - 2006. - №11-12. - С.104-107.
10. *Шляхова А.Г., Галимов Э.Р., Шляхов А.Т.* Разработка высокочувствительных и быстрдействующих калориметрических устройств для изучения тепловых процессов // Изв. ВУЗов: Проблемы энергетики -2007.- №3-4. С. 125-129.
11. *Шляхова А.Г.* Быстрдействующий калориметрический метод контроля примеси в полупроводниковых материалах // Автореф. дис. к.т.наук, Казань: КГЭУ - 2007 - 16с.
12. Патент №2561335 (RU) Способ определения содержания металлических микровключений в полупроводниковых материалах // Шляхов А.Т., Шляхова А.Г.. Опубликовано: 27.08.15. Бюл. №24
13. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т.* Экстремум электрофизических свойств от уровня легирования в арсениде галлия. // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. №2. С. 42-45.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (05.13.00)

05.13.18

Д.В. Бережной канд.физ.-мат.наук, М.Ф. Шамим, И.С. Балафендиева канд.физ.-мат.наук

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, berezhnoi.dmitri@mail.ru, shamimta@aol.com, e_xo@mail.ru

ПОСТРОЕНИЕ ЧИСЛЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ФРИКЦИОННЫХ РАЗЪЕМОВ**DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-37-39**

В рамках конечно-элементной методики реализован подход к решению задач создания фрикционных разъемов. В рамках геометрически нелинейного подхода к описанию деформирования на основе определяющих соотношений между приращениями истинных напряжений и деформаций дана статическая постановка упругопластических задач трехмерных конструкций сложной геометрии. Алгоритм решения построен на основе «модифицированного подхода Лагранжа» к описанию движения. На основе предложенной методики решена трехмерная задача деформирования фрикционного разъема при его создании и эксплуатации. Было исследовано влияние величины угла закручивания неподвижной части разъема при его создании и температурного режима при эксплуатации на максимальную величину вырывного усилия штыря при их разъединении, построены зависимости изменения вырывного усилия от величины смещения штыря при соединении и разъединении фрикционного разъема.

Ключевые слова: упругопластическое деформирование, фрикционный разъем, метод конечных элементов, контактное взаимодействие.

Введение

Литература, посвященная исследованию упругопластического деформирования взаимодействующих между собой элементов трехмерных подконструкций достаточно обширна. В качестве примеров можно привести [1, 2], где рассматриваются, в том числе, и большие деформации. В данной работе в качестве искомым принимаются три деформации удлинений и три составляющие сдвиговых деформаций, которые носят название «истинных». Вводятся в рассмотрение так называемые «истинные» напряжения, отнесенные к единицам соответствующих площадей после деформации тела. Предлагаемый подход был частично представлен в работах [3-5].

В работе предлагается методика расчета процессов создания и некоторых этапов эксплуатации фрикционных разъемов, элементы которых получены путем полученных путем закручивания перфорированных толстостенных цилиндрических заготовок. Для одного из расчетных случаев было проведено численное моделирование процесса изготовления и этапов эксплуатации фрикционного разъема.

Расчетная схема решения задачи деформирования фрикционного разъема.

На основе предложенной методики был проведен расчет упругопластического деформирования статичного элемента фрикционного разъема (рисунок 1) и расчет его контактного взаимодействия со штырем (рисунок 1) при кинематическом смещении последнего. Статичный элемент фрикционного разъема представляет собой толстостенный трехмерный цилиндр с 12-ю симметрично расположенными продольными секторальными прорезями. Штырь разъема – толстостенный цилиндр, внешний радиус которого совпадает с внутренним радиусом статичного элемента разъема. Расчет производился в несколько этапов.

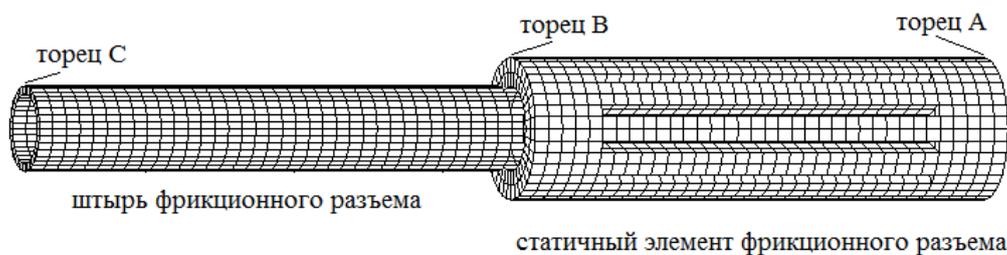
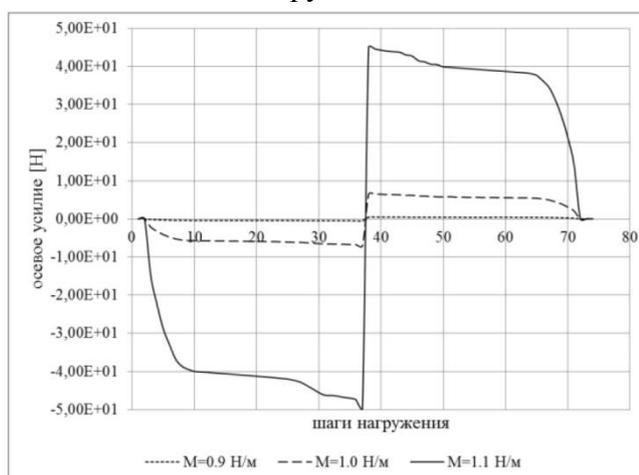
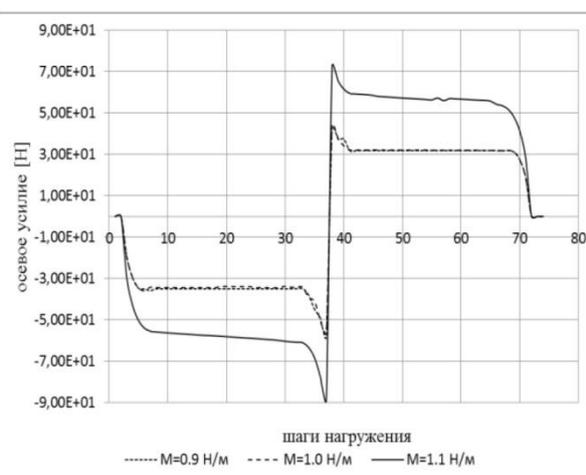


Рис.1. Модель фрикционного разъема.

На первом этапе статичный элемент разъема жестко закреплялся по торцу А, а к торцу В по шагам прикладывался осевой момент кручения M_z . Момент M_z изменялся от 0 до M_z^* и снова до нуля. Была определена величина момента $M_z = M_z^{*p}$, при достижении которой в статичном элементе разъема возникали пластические деформации.

На втором этапе соосно статичному элементу разъема непосредственно рядом моделируется штырь разъема. Далее, в закрепленный по торцу А элемент разъема, вдвигается и выдвигается штырь разъема путем приложения к торцу С штыря разъема кинематического нагружения вдоль оси z .

Рис.2. Зависимость изменения силы F_z от шага нагружения для нулевой температурыРис.3. Зависимость изменения силы F_z от шага нагружения при нагреве до 10^0C .

При этом перемещения u_x и u_y на торце С остаются равными 0 во время всего процесса кинематического нагружения штыря разъема (с 1-го по 36-ой шаг смещение u_z равномерно изменяется от 0 до $-u_z^*$, с 37-го по 72-ый шаг – снова равномерно изменяется от $-u_z^*$ до 0). Зависимости изменения осевой силы F_z , действующей на штырь разъема, от шага нагружения для различных значений M_z^* приведены на рисунке 2. Подобные зависимости для осевой силы F_z для случая повышения температуры всех элементов разъема до 10^0C приведены на рисунке 3.

Анализ результатов и выводы.

Можно отметить, что для первого этапа решения задачи при нагружении статичной части разъема до величины крутящего момента $M_z^* = 0.86$ и обратно до 0 закон изменения угла закручивания торца В относительно торца А практически линеен, что естественно, т.к. пластических деформаций при деформировании не наблюдается. При большем изменении крутящего момента на последних шагах нагружения наблюдается нелинейное изменение угла закручивания торца В относительно торца А на последних шагах нагружения, когда $M_z^* \geq 0.86$. Разгрузка всегда происходит по линейному закону, а ненулевой угол закручивания торца В относительно торца А при снятии нагрузки предполагает наличие остаточных деформаций.

Для второго этапа решения задачи при кинематическом равномерном смещении штыря разъема на величину от 0 до $-u_z^*$ для зависимости продольного усилия от шага нагружения можно выделить три участка. На первом участке, примерно соответствующем с 1-го по 6-ой шагу нагружения величина сжимающего усилия в штыре разъема резко возрастает. Этот участок нагружения соответствует прохождению штыря разъема первой неперфорированной части неподвижной части разъема вблизи торца В. На втором участке, с 7-го по 30-ый шаг нагружения сжимающее усилие продолжается увеличиваться, но этот процесс происходит достаточно плавно. Этому участку нагружения соответствует прохождению начального сечения штыря разъема через перфорированную часть статичной части разъема. И на третьем участке, с 31-го по 36-ой шагу нагружения, снова происходит резкое увеличение сжимающего усилия, что можно объяснить приближением начального сечения штыря разъема к полностью закрепленному торцу А. Шаги нагружения с 37-го по 72-ой соответствуют процессу извлечения штыря разъема из его статичной части. График изменения усилия в штыре разъема для этих шагов нагружения носит обратный характер по отношению к его начальному участку.

Расчет для случая вдвигания и извлечения стержня при повышении температуры всего разъема на 10^0C показывает, что качественно характер зависимости продольного усилия в штыре разъема от шагов нагружения не меняется, только поднимается общий уровень усилий для участков прохождения начального сечения штыря стержня через перфорированную область неподвижной части разъема и наблюдается пик усилий при движении в зоне торца А. Таким образом, реализованная методика позволяет определять усилия извлечения штыря из разъема в зависимости от угла начального закручивания статичной части разъема. Можно отметить, что предложенная авторами методика расчета нелинейного поведения элементов трехмерных подконструкций позволяет адекватно описывать процессы упругопластического деформирования и контактного взаимодействия, реализующиеся в реальных практических конструкциях.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научных проектов № 15-41-02555 и № 15-41-02557.

Список литературы

1. Поздеев А.А., Трусов П.В., Няшин Ю.И., Большие упругопластические деформации: теория, алгоритм, приложения. – М.: Наука, 1986. – 232 с.
2. Golovanov A., Sultanov L., Numerical Investigation of Large Elastoplastic Strains of Three-Dimensional Bodies // International Applied Mechanics, Volume 41, Issue 6, June 2005, Pages 614-620.
3. Shamim M.R., Bereznoi D.V., Investigation of deformation at a centrifugal compressor rotor in process of interference on shaft // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, Vol. 158, 012083.
4. Бережной Д.В., Шамим М.Р., Балафендиева И.С. Построение численной методики расчета клинч-соединений // Научно-технический вестник Поволжья. №5, Казань, 2017. – С.126-128.
5. Бережной Д.В., Шамим М.Р., Саченков А.А. Численное моделирование деформирования многослойной оболочки при термосиловом нагружении // Научно-технический вестник Поволжья. №5, Казань, 2017. – С.129-131.

05.13.00

Н.Н. Бурзуева, Я.А. Мостовой д-р.тех.наукПоволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
Самара, nburzueva@gmail.com**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
YOUTUBE API SERVICES С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО НАДЕЖНОСТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-40-47**

Предложены две дополняющие друг друга математические модели проявления ошибок (изменений) в программном обеспечении: дискретная и непрерывная, опирающиеся на параметры, вытекающие из гипотезы «Джелинского-Моранды», определенные по статистике проявления ошибок программного обеспечения во времени.

Расчёт показателей надёжности программного обеспечения проводился применительно к интерфейсу прикладного программирования YouTube (YouTube Application Programming Interface Services). Проведены расчеты по собранным статистическим данным технической поддержки Google Issue Tracker по возникновению ошибок (изменений) за девять месяцев по YouTube Application Programming Interface Services и с заданной вероятностью определен интервал времени, через который в программном обеспечении будут отсутствовать ошибки (изменения).

Ключевые слова: Надёжность вычислительных машин и их программного обеспечения, марковский случайный процесс, модель Джелинского-Моранды, метод наименьших квадратов.

1. Введение

Надёжность в широком смысле является комплексной характеристикой вычислительной системы, которая для потребителя является одним из основных показателей её качества [1]. Обзор современных систем стандартов, методов анализа и количественных оценок, имеющих отношение к надёжности, приводится в [2,3].

В настоящее время они широко развиты, применяются и актуальны для аппаратной части вычислительных систем (далее ВС). Однако программная часть ВС быстро развивается, а её сложность и значимость возрастают, так как программные компоненты ВС и сетей составляют не только прикладное, но и концептуальное содержание современных компьютеризированных систем. Они повышают гибкость ВС и обеспечивают относительную лёгкость адаптации вычислительных систем к различным требованиям.

О вычислительных системах всё чаще начинают говорить, как о программно-аппаратных комплексах. При этом одни и те же аппаратные средства, но с отличающимся программным обеспечением, могут быть использованы в совершенно разных предметных областях с принципиально различающимися требованиями к надёжности ВС. Поэтому имеется настоятельная потребность в определении отдельного понятия надёжности именно для программного обеспечения (далее ПО) [1,4].

Таким образом, проблема обеспечения надёжности функционирования вычислительных машин и компьютерных сетей требует на современном этапе особого внимания к надёжности программного обеспечения, определяющего концептуальное содержание функционирования систем и сетей, и которая на сегодняшний день составляет самую большую проблему в области надёжной обработки данных. При разработке программного обеспечения часто используются методы его верификации, которые направлены на повышение его надёжности, однако, расчёт количественных показателей достигнутой надёжности, подтверждающий эффективность применённых мероприятий, на практике не

проводится. Одной из причин этого является неразвитость научных подходов и методов расчёта, а другой – то, что факты и причины проявления ошибок в ПО не афишируются разработчиком или «маскируются» им под проведение доработок по требованиям заказчика.

Определение фактической надёжности конкретного ПО является важным, хотя бы с точки зрения проведения работ прогноза её дальнейшего изменения. Поэтому необходимым является создание общей математической модели проявления ошибок в ПО, модели изменения надёжности ПО с течением времени. Данная необходимость очевидна еще и по той причине, что доказательства высокой надёжности ПО можно получить путем ее измерения.

В данной ситуации предлагается считать, что любое проведённое разработчиком формально зарегистрированное корректирование эксплуатируемого кода (далее изменения) является устранением ошибки или уязвимости, наличие которой также на данный момент является ошибкой либо программной, либо алгоритмической, которые иногда «маскируются» как внесение доработок. При использовании такого подхода появляется возможность оценки надёжности ПО в случае, когда существует статистика его изменений.

Вопросы расчёта показателей надёжности программного обеспечения рассмотрены в статье применительно к интерфейсу прикладного программирования YouTube (далее YouTube API Services).

YouTube — интернет сервис, предоставляющий услуги видеохостинга [5].

API — интерфейс прикладного программирования (или интерфейс программирования приложений), т. е. набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) для использования во внешних программных продуктах. API определяет функциональность, которую предоставляет программа (модуль, библиотека), при этом API позволяет абстрагироваться от того, как именно эта функциональность реализована [6]. YouTube API, , позволяет разработчикам получить доступ к статистике видео и данных каналов YouTube с помощью двух типов вызовов, REST и XML-RPC. Google описывает ресурсы API YouTube как «API и инструменты», которые позволяют принести YouTube опыт на вашу веб-страницу, приложение или устройство». Это одна из разработок сайта Google Developers [7]

Для расчетов количественных показателей надёжности для определения числа оставшихся ошибок и для определения времени полного устранения ошибок с заданной вероятностью по YouTube API Services была собрана статистика, находящаяся в открытом доступе на сайте <https://issuetracker.google.com/issues?q=componentid:186600> за период времени 9 месяцев [8].

Также предложено использовать две модели проявления ошибок непрерывную и дискретную. Обе модели опираются на гипотезу Джелинского-Моранды [9,10]. Непрерывная модель «заточена» на наблюдаемое на некотором интервале времени количество ошибок в ПО, т.е. непосредственно на результаты наблюдений. По этой модели удобно определять параметры модели надёжности, вытекающие из гипотезы Джелинского-Моранды, однако, на выходе у непрерывной модели – число оставшихся в ПО ошибок, которое принимает с течением времени всё меньшее и меньшее значение, но никогда не достигает 0. Это затрудняет интерпретацию результатов расчётов.

По этой причине рассмотрена также дискретная модель проявления ошибок ПО, опирающаяся на марковский случайный процесс типа Юла – Фарри с переменной интенсивностью переходов между состояниями процесса с учётом тех же параметров Джелинского – Моранды. Данная дискретная модель позволяет, рассматривая случайный динамический процесс проявления ошибок при отладке или эксплуатации программного обеспечения, определить показатели его надёжности за требуемое время. При этом обработка статистики по проявившимся с течением времени ошибкам проводится процедурой метода наименьших квадратов [9,11] в рамках непрерывной модели.

Для обработки данных и автоматизации процесса расчета надежности ПО, хранения статистических данных и вывода результатов была использована система Mathcad. Mathcad - инженерное математическое программное обеспечение, позволяющее выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими [12].

2. Методы исследования. Дискретная модель проявления ошибок в ПО

Свяжем состояния дискретного марковского случайного процесса проявлений ошибок в ПО с количеством обнаруженных ошибок [9]. Состоянию S_0 соответствует 0 обнаруженных ошибок – это начальное состояние нашего дискретного марковского процесса. Состоянию S_1 соответствует одна проявившаяся ошибка, S_2-2 , S_3-3 , S_n-n ошибок и состоянию S_{N_0} соответствует N_0 ошибок. Пусть всего в ПО N_0 ошибок. С течением времени все они проявятся и процесс завершится (см Рис.1). С каждым состоянием процесса свяжем вероятность пребывания в этом состоянии. $P_i(t)$. При этом в дальнейшем t в обозначениях вероятностей мы будем опускать, подразумевая, что P - это функции времени. Данный случайный процесс с «линейчатым» графом характерного вида носит название процесса «гибели или размножения» и широко применяется в теории надежности, теории массового обслуживания [10]. Имея граф состояний процесса можно расписать Уравнения Колмогорова.

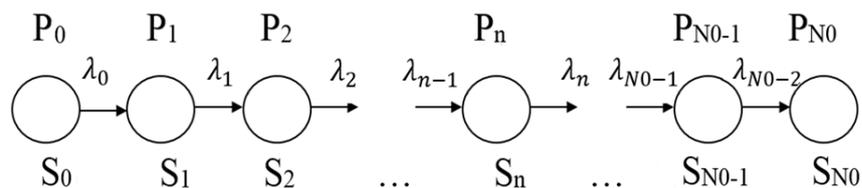


Рис. 1. Граф состояний процесса «гибели»

Система уравнений Колмогорова для данного случайного процесса имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{dP_0}{dt} &= -\lambda P_0 + P_{0(0)} & (1) \\ \frac{dP_1}{dt} &= -\lambda_1 P_1 + \lambda_0 P_{0(0)} \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dP_n}{dt} &= -\lambda_n P_n + \lambda_{n-1} P_{n-1} \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{dP_{N_0}}{dt} &= -\lambda_{N_0-1} P_{N_0-1} \end{aligned}$$

Начальные условия для этой системы уравнений:

$$P_{0(0)} = 1, P_1 = P_2 \dots P_{N_0} = 0 \quad (2)$$

Нормирующее условие:

$$\sum_0^{N_0} P_n = 1 \quad (3)$$

Однако, для случайного процесса проявления ошибок в чистом виде процесс «гибели» или размножения с постоянной интенсивностью проявления ошибок не совсем подходит.

Практика использования ПО и физические соображения говорят, что с течением времени по мере обнаружения все большего числа ошибок в ПО и их исправления интенсивность проявления оставшихся ошибок уменьшается т.е. λ с течением времени уменьшается. Гипотеза Джелинского – Моранды позволяет учесть данный факт, связывая, однако,

переменность интенсивности проявления ошибок не со временем, а с состояниями процесса – числом оставшихся ошибок. Это позволяет нам оставаться в рамках марковских случайных процессов.

Джелинский и Моранда сделали предположение – гипотезу [13]: интенсивность проявления ошибок пропорциональна числу оставшихся ошибок.

$$\lambda_n = (N_0 - n) * k, \tag{4}$$

где k - некоторый коэффициент пропорциональности,
 n- количество проявившихся ошибок,
 N₀- начальное количество ошибок,
 (N₀ - n) - количество оставшихся ошибок.

Запишем уравнения Колмогорова для случайного процесса проявления ошибок и подставим в них значения интенсивности проявления ошибок в соответствии с гипотезой Джелинского – Моранды.

$$\lambda_0 = N_0 k, \lambda_1 = (N_0 - 1)k, \dots \lambda_n = (N_0 - n)k \tag{5}$$

Полученный процесс с зависящей от состояния процесса интенсивностью перехода λ_n , рассмотренный нами, является случайным процессом типа Юла-Фарри.

Для процесса типа Юла-Фарри применение преобразования Лапласа позволяет получить изображения вероятностей пребывания процесса в интересующих состояниях. В нашем случае интерес представляет вероятность состояния, когда все имеющиеся первоначально N₀ ошибки проявились. Применим последовательно преобразование Лапласа к ранее записанной системе уравнений Колмогорова с учетом начальных условий.

$$P_0(S) = \frac{1}{S + k * N_0} \tag{6}$$

$$P_1(S) = \frac{P_{n-1}(S) * k * (N_0 - n + 1)}{S + k * (N_0 - n)}$$

$$P_n(S) = \frac{P_{n-1}(S) * k * (N_0 - n + 1)}{S + k * (N_0 - n)}$$

$$P_{N_0}(S) = \frac{P_{N_0-1}(S) * k}{S}$$

Последовательно подставляя в изображение для каждого P_n(s) выражение для P_{n-1}(s), имеем

$$P_n(S) = \frac{k^n * N_0 * (N_0 - 1) * (N_0 - 2) * \dots * (N_0 - n + 1)}{(S + k * N_0) * ((S + k * (N_0 - 1)) * (S + k * (N_0 - 2)) * \dots * (S + k * (N_0 - n)))} \tag{7}$$

Здесь P_n – вероятность проявления n ошибок.

Разделим и числитель, и знаменатель на kⁿ. В случае, когда n = N₀ т.е. когда все ошибки обнаружены, имеем изображение для ВБР.

$$P_{N_0}(S) = \frac{N_0!}{s(\frac{1}{k}s + 1)(\frac{1}{k}s + 2)(\frac{1}{k}s + 3) \dots (\frac{1}{k}s + N_0)} \tag{8}$$

В достаточно полных таблицах преобразования Лапласа есть подобные изображения и оригиналы. Последнее изображение приведено к табличному виду (9).

Применим обратное преобразование Лапласа.

$$P_{N_0}(t) = (1 - e^{-kt})^{N_0} \tag{9}$$

Данная формула определяет вероятность обнаружения (проявления) всех N₀ ошибок за время t.

В данной формуле все прекрасно, но как определить N_0 и k ? N_0 и k неизвестны и более того они индивидуальны для каждого ПО, для каждого программиста и не могут иметь общего значения.

3. Методы исследования. Непрерывная модель проявления ошибок в ПО.

Модель изменения надежности программного обеспечения, основанная на гипотезе Джелинского - Моранды позволяет, основываясь на наблюдениях за процессом проявления ошибок в программном обеспечении, определить характеристику надежности программного обеспечения – интенсивность проявления ошибок λ , а точнее начальное количество ошибок N_0 и параметр k , определяющий скорость проявления ошибок.

Решение дифференциального уравнения первого порядка относительно числа проявившихся ошибок n , вытекающего из записи (4)

$$n = N_0 * (1 - e^{-k*t}) \quad (10)$$

Запишем выражение для количества ошибок, проявившихся на интервале Δn_i , полагая равномерным шаг наблюдений за проявлениями ошибок Δt .

$$\Delta n_i = N_0 * (1 - e^{-k*t_i}) - N_0 * (1 - e^{-k*t_{i-1}}) = N_0 * e^{-k*t_i} (-1 + e^{k*\Delta t}) \quad (11)$$

Здесь Δn_i - приращение количества обнаруженных ошибок на интервале Δt .

Пусть шаг Δt можно выбрать так, чтобы произведение $k*\Delta t < 1$.

Тогда, разлагая \exp функцию в ряд и пренебрегая членами выше 1-ой степени $k*\Delta t$, как малыми, имеем:

$$\exp(x) = 1 - \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} \dots$$

$$\Delta n_i \approx N_0 * e^{-k*t_i} * (1 + k * \Delta t - 1) = N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i} \quad (12)$$

Для определения методом наименьших квадратов параметров N_0 и k запишем сумму квадратов невязок

$$S = \sum_{i=1}^r (\Delta n_i - N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i})^2 \quad (13)$$

Найдем значение N_0 и k , при которых эта сумма имеет минимум. Для этого приравняем нулю производные суммы по искомым параметрам.

$$\frac{\partial S}{\partial N_0} = \sum_{i=1}^r 2 * (\Delta n_i - N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i}) * (-k * \Delta t * e^{-k*t_i}) = 0 \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^r (\Delta n_i - N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i}) e^{-k*t_i} = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial k} = \sum_{i=1}^r 2 * (\Delta n_i - N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i}) * (-N_0 \Delta t * e^{-k*t_i} + N_0 * k t_i * \Delta t e^{-k*t_i}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^r (\Delta n_i - N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i}) * e^{-k*t_i} (k * t_i - 1) = 0$$

Окончательно запишем полученную систему 2-х уравнений с двумя неизвестными N_0 и k .

$$\sum_{i=1}^r (\Delta n_i - N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i}) * t_i * e^{-k*t_i} = 0$$

$$\sum_{i=1}^r (\Delta n_i - N_0 * k * \Delta t * e^{-k*t_i}) * e^{-k*t_i} = 0$$

Выразим из первого уравнения N_0 , раскрывая скобки и вынося постоянные, не зависящие от индекса i , за знак суммы

$$\sum_{i=1}^r \Delta n_i * t_i * e^{-k*t_i} - N_0 * k * \Delta t * \sum_{i=1}^r (e^{-k*t_i} * t_i) = 0 \tag{15}$$

$$N_0 = \frac{\sum_{i=1}^r (\Delta n_i * t_i * e^{-k*t_i})}{k * \Delta t * \sum_{i=1}^r (e^{-k*t_i} * t_i)} \tag{16}$$

Подставляя это выражение во второе уравнение, после преобразований имеем

$$\sum_{i=1}^r (\Delta n_i * e^{-k*t_i}) = \frac{\sum_i \Delta n_i * t_i * e^{-k*t_i}}{\sum_i t_i * e^{-2k*t_i}} * \sum_{i=1}^r e^{-2k*t_i} \tag{17}$$

Мы получили трансцендентные уравнение с одним неизвестным k , которое может быть решено численно.

Полученная непрерывная модель надёжности ПО может независимо и достаточно достоверно оценивать ход процесса повышения надёжности ПО в процессе его отладки или эксплуатации, который целесообразно прекращать, когда интенсивность проявления ошибок достигла через определенное время очень низкого значения. Однако имеются два вопроса, которые затрудняют интерпретацию результатов и которые надо рассмотреть для того, чтобы определить момент достижения требуемой надёжности ПО.

Во-первых, рассмотренная модель аппроксимации количества ошибок экспонентой, – модель непрерывная и может показывать дробное число ошибок на заданный момент времени, в том числе и значение количества оставшихся ошибок меньше 1. Во-вторых, модель никогда не покажет точный нуль оставшихся ошибок. Количество оставшихся ошибок будет приближаться к нему бесконечно долго. Конечно, это не соответствует физическому смыслу и может считаться недостатком рассмотренной непрерывной модели изменения надёжности программного обеспечения.

Выше нами рассмотрена дискретная модель с непрерывным временем для определения вероятности проявления n ошибок, построенная на базе случайного процесса «гибели», также с использованием параметров Джелинского – Моранды и была получена формула (9), определяющая вероятность обнаружения всех ошибок из N_0 , имеющихся в ПО.

Задавшись вероятностью обнаружения всех ошибок в ПО, мы можем определить время, для которого данная вероятность будет достигнута. Это позволит нам аккуратнее ответить на вопрос сколько времени надо продолжать отладку – столько, чтобы вероятность отсутствия ошибок была, например, 0,9 или любым другим заданным числом.

4. Результаты исследования

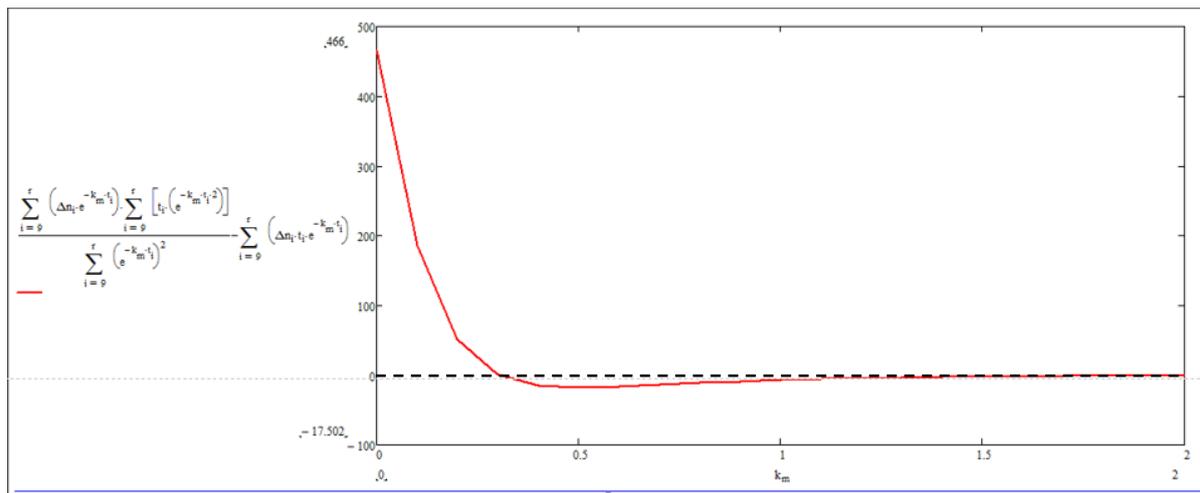
Для данного исследования была собрана статистика возникновения ошибок за 9 месяцев по интерфейсу прикладного программирования API YouTube по результатам сайта технической поддержки Google Issue Tracker, находящегося по адресу <https://issuetracker.google.com/issues?q=componentid:186600/>.

В система Mathcad организована итерационная численная процедура вычисления левой и правой части равенства (17) для нахождения коэффициента пропорциональности - k при различных значениях k . Коэффициент пропорциональности (k) считается найденным, только в том случае, когда разница между вычисленной левой и правой частью равенства, которую обозначим ϵ , станет меньше заданного малого числа, например, $\epsilon=0,000001$.

На рис. 2 представлен график изменения функции

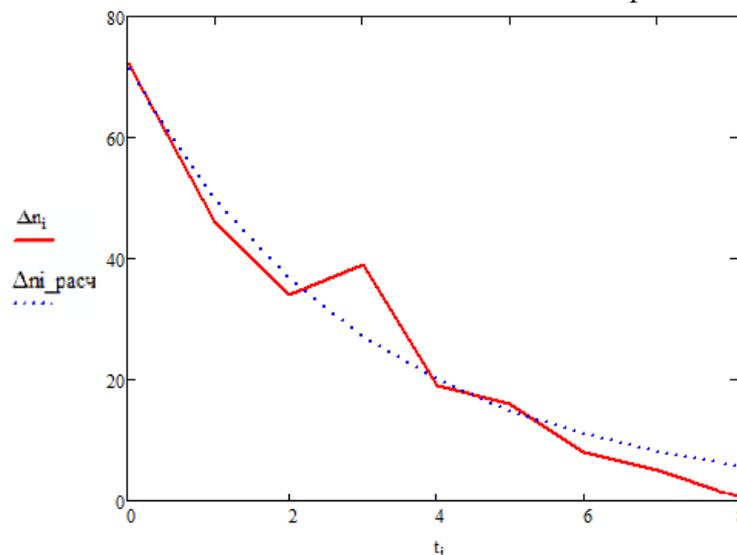
$$\epsilon(k) = \left(\sum_{i=1}^r e^{-2kt_i} \right) * \frac{\sum_{i=1}^r \Delta n_i * e^{-kt_i} * t_i}{\sum_{i=1}^r e^{-2kt_i} * t_i} - \sum_{i=1}^r \Delta n_i * e^{-kt_i} ,$$

которая для $k=0,3$ практически равна 0.

Рис.2 График изменения функции $\varepsilon(k)$

Полученное значение k подставим в формулу (15) для нахождения N_0 . Получим результат $N_0 = 300,5$.

Проведён расчет сглаженных методом наименьших квадратов значений Δn_i по определенным N_0 и k и формуле (13) и построен совместный график изменений Δn_i по результатам наблюдений и сглаженных методом наименьших квадратов в функции t_i (Рис.3).

Рис.3 Аппроксимация методом наименьших квадратов исходных данных (Δn_i) расчетными данными ($\Delta n_{i_расч}$)

При заданной вероятности обнаружения всех ошибок в ПО $P_{N_0} = 0,9$ по формуле (9) определили время, за которое ПО YouTube API Services достигнет заданной надёжности. Время достижения заданной надёжности составило $t = 26,231$ месяца.

5. Выводы

1. Вычислительные системы всё чаще рассматриваются, как программно-аппаратные комплексы. При этом одни и те же аппаратные средства, но с отличающимся программным обеспечением, могут быть использованы в совершенно разных предметных областях с принципиально различающимися требованиями к надёжности ВС. Поэтому имеется настоятельная потребность в определении отдельного понятия надёжности именно для ПО.

2. Предлагается считать, что любое проведенное разработчиком ПО формально зарегистрированное изменение кода является устранением ошибки или уязвимости, наличие которой также является ошибкой, либо программной, либо алгоритмической, которые иногда «маскируются» разработчиком, как внесение доработок по требованиям заказчика.

3. Рассмотрены совместно две модели для оценки надёжности ПО: непрерывная относительно числа проявившихся ошибок за время t и дискретная относительно вероятности проявления n ошибок на момент времени t . Обе модели опираются на одни и те же параметры, вытекающие из гипотезы Джелинского – Моранды, которые определены из статистики проявившихся ошибок по непрерывной модели методом наименьших квадратов.

4. Проведены расчеты по собранным статистическим данным технической поддержки. Изменение по времени количества проявившихся ошибок позволяет сделать вывод, что все ошибки YouTube API Services будут устранены через 26,231 месяца.

При разработке ПО необходимо рассмотрение мероприятий, исключающих фатальный для системы исход при проявлении ошибок.

Список литературы

1. Воеводин В.П. Эволюция понятия и показателей надёжности вычислительных систем – Протвино: Препринт ИФВЭ, 2012. – С. 3-5.
2. Севзапмонтажавтоматика // А.В. Струков. Анализ международных и российских стандартов в области надёжности, риска и безопасности // URL: http://szma.com/standarts_analysis.pdf (Дата обращения 07.02.2018)
3. ГОСТ 27.002-89 Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения. // URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-27-002-89> (Дата обращения 07.02.2018)
4. A. Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell. Dependability and its threats: a taxonomy - IFIP 18th World Computer Congress, Topical Sessions, Toulouse, France 2004, p.91-120.
5. Russika.ru // Russika.Ru :: Энциклопедический Фонд URL: <http://www.russika.ru/ef.php?s=5020> (Дата обращения 07.02.2018)
6. Петин В.А. API Яндекс, Google и других популярных веб-сервисов. Готовые решения для вашего сайта. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012, С.4
7. Youtube // Youtube for Developers – API Resources - Youtube URL: <https://www.youtube.com/yt/dev/en-GB/api-resources.html> (Дата обращения 07.02.2018)
8. Google Issue Tracker // componentid:186600 – Issue Tracker URL: <https://issuetracker.google.com/issues?q=componentid:186600> (Дата обращения 07.02.2018)
9. Мостовой Я.А. Управление сложными техническими системами: конструирование программного обеспечения спутников ДЗЗ. Москва: – Техносфера, 2016, С. 319-323.
10. Благодатских В.А. др. Стандартизация разработки программных средств: Учеб. пособие / В.А. Благодатских, В.А. Волнин, К.Ф. Посакалов; – М.: Финансы и статистика, 2005. – С.288
11. Козлов, Д.И. Управление космическими аппаратами зондирования Земли. Компьютерные технологии / Д.И. Козлов, Г.П. Аншаков, Я.А. Мостовой, А.В. Соллогуб. – М.: Машиностроение, 1998, С. 368.
12. PTC // Mathcad | PTC URL: <http://www.ptc.ru.com/engineering-math-software/mathcad> (Дата обращения 07.02.2018)
13. Г. Майерс. Надёжность программного обеспечения. Москва: – Мир, 1980. – С.360
14. Василенко И.В., Макаров В.А. Модели оценки надёжности программного обеспечения. // Вестник новгородского государственного университета №28, 2004, С.126-132
15. Мостовой Я.А., Бурзуева Н.Н. Определение надёжности системы электронного документооборота Directum по результатам эксплуатации // Инфокоммуникационные технологии №3, 2016, С.279-286

05.13.01

Т.В. Гаибова канд.тех.наук, М.С. Анкудинов

Оренбургский государственный университет, аэрокосмический институт,
кафедра управления и информатики в технических системах,
Оренбург, gaibovasau@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕСУРСОВ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-48-51

В статье описана методика экспериментальной апробации алгоритма оптимального планирования ресурсов в рамках жизненного цикла проекта с учетом ресурсоемкости инвестиционной и эксплуатационной стадии. Представлены результаты проведения кластерного анализа проектов по уровню их технологической мощности. Описаны результаты экспериментальной апробации разработанного алгоритма для планирования ресурсов на эксплуатационной стадии проекта.

Ключевые слова: *проектные ресурсы, алгоритм оптимального планирования, уровень технологической мощности, экспериментальная апробация.*

Эффективность решения задачи планирования проектных ресурсов напрямую влияет на уровень коммерческой эффективности проекта, а также определяет возможность формирования сценариев реализации проекта, повышая тем самым результативность проведения предпроектных исследований. В настоящей статье представлены результаты экспериментальной апробации разработанного авторами алгоритма оптимального планирования проектных ресурсов [1]. Его новизна основана на:

1) использовании различных механизмов планирования ресурсов в зависимости от рассматриваемой стадии проекта – сформирован инструментарий для наиболее ресурсоемких стадий проекта – инвестиционной и эксплуатационной;

2) возможности учета при планировании ресурсов проекта уровня его технологической мощности, величины инвестиционного лага, сложности строительно-монтажных и пуско-наладочных работ;

3) возможности формирования проектных альтернатив на основе совместного варьирования объема производства продукции в рамках реализации проекта и объема запасов используемых материальных ресурсов на эксплуатационной фазе. Это позволяет учесть важность ресурса в производственном процессе, а также приемлемость сроков замены или дополнительной поставки ресурса.

Концепция разработанного алгоритма

В основу алгоритма оптимального планирования проектных ресурсов, представленного в виде схемы на рисунке 1, положены следующие допущения.

Для проекта реальных инвестиций с одним основным технологическим процессом производства продукции рассматриваются три группы проектных ресурсов – материальные, трудовые и временные. Каждая группа ресурсов привязана к работам проекта и характеризуется соответственно элементами ресурсных матриц проекта:

– m_{ij} – объемом материальных ресурсов i - го вида, затрачиваемых на выполнение j -й работы проекта;

– t_{ij} – объемом трудовых ресурсов i - го вида, привлекаемых для выполнения j -й работы проекта;

– v_j – количеством времени, затрачиваемым для выполнения j -й работы.

На инвестиционной фазе проекта объем и разнообразие требуемых ресурсов определяется масштабом и сложностью вводимых основных производственных фондов, то есть уровнем технологической мощности проекта. В рамках алгоритма предлагается выделение трех уровней технологической мощности проекта на основе кластерного анализа.

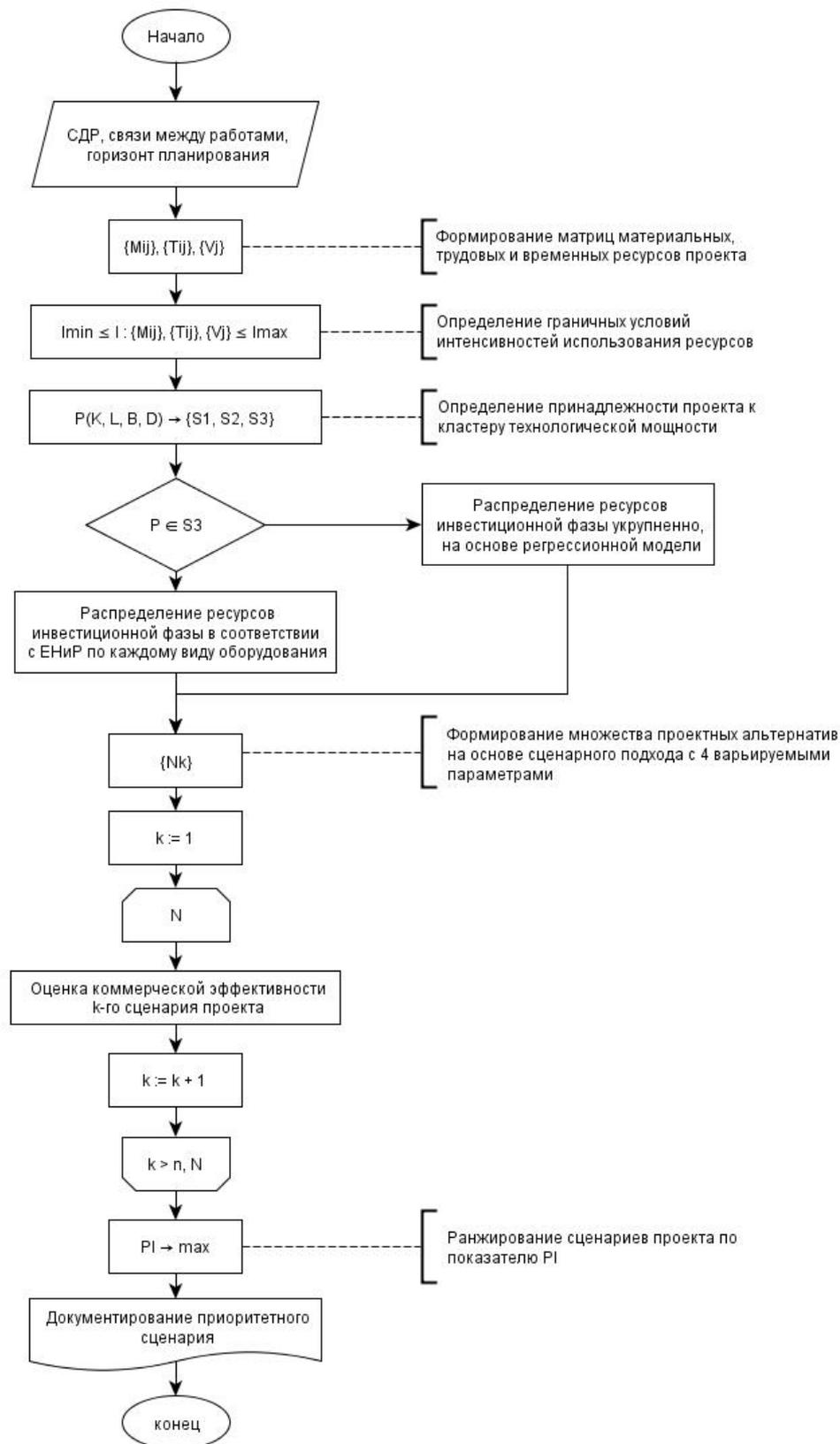


Рис. 1 – Алгоритм оптимального планирования проектных ресурсов

После определения принадлежности проекта выделенным кластерам принимается решение о проведении укрупненных (на основе линейной регрессионной зависимости продолжительности выполнения работы от количества затраченных ресурсов) или детальных расчетов (в соответствии с едиными нормами и расценками соответствующей отрасли на строительно-монтажные работы по каждому виду оборудования проекта, а также на основе государственных элементных сметных норм на пуско-наладочные работы [2]).

Формирование проектных альтернатив распределения ресурсов на эксплуатационной фазе осуществляется на основе морфологического анализа.

Для варьирования выбраны следующие переменные:

- объем производства - в качестве минимального значения рассматривается точка безубыточности базового варианта проекта, в качестве максимального – максимально возможный объем производства, определяемый мощностью основных производственных фондов;

- доля стоимости запаса ресурса к общей стоимости ресурса;

- количество возможных заменителей ресурса;

- длительность замены ресурса по отношению к длительности цикла изготовления продукта.

Методика экспериментальной апробации

Для проверки работоспособности и эффективности разработанного алгоритма необходимо решить следующие задачи:

- выполнение кластерного анализа проектов по уровню их технологической мощности;

- уточнение регрессионной зависимости продолжительности выполнения работ проекта от объема ресурсов, используемых на инвестиционной стадии проекта для конкретного вида ресурса с учетом принадлежности рассматриваемого проекта к определенному кластеру;

- разработка базового варианта проекта, выбранного для экспериментальной апробации;

- экспериментальная апробация разработанного алгоритма для планирования ресурсов проекта на эксплуатационной стадии.

В качестве объектов выборки для проведения вычислительного эксперимента рассматривались инвестиционные проекты развития промышленных предприятий, разработанные для социально-экономических условий Оренбургской области в период с 1994 по 2008 годы. Рассматриваемый горизонт планирования – с 1998 по 2014 годы. Для соблюдения условия конфиденциальности информации, получаемой из технико-экономической и финансовой отчетности рассматриваемых проектов, при проведении экспериментальной апробации алгоритма использовались относительные значения анализируемых параметров.

Результаты проведения кластерного анализа проектов

В качестве показателей для кластеризации выделены: стоимость основных производственных фондов проекта K ; количество работающих L ; инвестиционный лаг b ; выручка от реализации проекта P . Кластерный анализ проводился на описанной выше выборке тридцати инвестиционных проектов при помощи программного средства Statistica 6.0 агломеративным методом древовидной кластеризации и методом Варда.

По результатам проведенного кластерного анализа, выборка инвестиционных проектов была разбита на три кластера:

- масштабные долгосрочные проекты с большим объемом инвестиций;

- среднесрочные проекты со средним объемом инвестиций;

- краткосрочные проекты с малым объемом инвестиций.

Для каждого кластера были определены диапазоны значений переменных, выбранных для проведения кластеризации.

Результаты экспериментальной апробации алгоритма

Для проведения вычислительного эксперимента был выбран проект производства строительных изделий, разбитый на 36 работ. Для реализации проекта необходимы материальные ресурсы 12 видов и трудовые ресурсы 3 видов. Фрагмент исходных данных для одного из сценариев реализации проекта представлен в таблице 1, а диапазоны возможных значений варьируемых параметров для генерирования проектных альтернатив – в таблице 2. Для разработки базового варианта проекта, а также при проведении многовариантных расчетов по сгенерированным сценариям определения запасов ресурсов на эксплуатационной фазе проекта было использовано программное средство Project Expert.

Таблица 1 - Фрагмент исходных данных для планирования ресурсов на эксплуатационной фазе проекта (материальные ресурсы)

Наименование ресурса	Стоимость запаса, % общей стоимости	Количество заменителей	Длительность замены, % от длительности цикла	Объем запаса ресурса, % объема ресурса цикла
Цемент	32	4	75	20
Песок	41	3	87	40
Пигмент	28	6	29	8
Отсев	25	2	89	38
...
Загуститель	13	3	46	15

Таблица 2 – Модель для генерирования проектных сценариев распределения ресурсов на эксплуатационной фазе

Наименование варьируемого параметра	Диапазон возможных значений
Прогнозируемый объем производства, % от max	От 75 до 100
Стоимость запаса ресурса, % от общей стоимости	От 20 до 100
Количество заменителей ресурса	От 0 до 6
Длительность замены, % от длительности цикла изготовления продукта	От 30 до 100

В результате применения разработанного алгоритма индекс прибыльности проекта PI, выбранный в качестве критерия оптимальности, был улучшен на 28% с 1,26 до 1,53 за счет использования процедуры распределения ресурсов. Алгоритм может служить вспомогательным инструментом проведения прединвестиционных исследований.

Список литературы

- 1 Анкудинов М.С., Гаибова Т.В. Оптимальное планирование проектных ресурсов / VIII Всероссийская научно-практическая конференция «Компьютерная организация производства и ИПИ-технологии». – Оренбург: ОГУ, 2017. – С. 231-233.
- 2 ГЭСНп 81-05-01-2017. Государственные элементные сметные нормы на пуско-наладочные работы. – Введ. 2017-04-28. – [Москва]. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293747/4293747741.htm> (дата обращения 10.03.2018).

05.13.11

Т.А. Деменкова канд.тех.наук, Г.С. КожевниковМосковский технологический университет (МИРЭА)
Москва, demenkova@mirea.ru, kgs33@rambler.ru**МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ
СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-52-55**

Работа посвящена актуальной проблеме разработки систем дистанционного обучения с использованием современных информационных технологий. Описывается сервис-ориентированная архитектура программной модели такой системы и основные принципы функционирования, проводится ее исследование. Рассматривается представление этой модели в качестве дискретной системы с целью решения и исследования проблем эффективного функционирования параллельных процессов с использованием распределенных компонентов.

Ключевые слова: средства дистанционного обучения, программная модель, распределенные компоненты, параллельные процессы.

В основу существующей сервис-ориентированной архитектуры (SOA) положена идея о том, что информационные системы, программное обеспечение, устройства и службы должны легко интегрироваться и взаимодействовать друг с другом, даже если некоторые из них не разрабатывались специально с этой целью [1]. Для реализации эффективной программной модели системы дистанционного обучения (СДО) необходимо рассмотреть основные принципы SOA и дополнить существующую архитектуру необходимыми для СДО элементами.

Модель SOA базируется на промышленных стандартах, обеспечивающих выполнение служб на многих платформах, и возможность их взаимодействия является необходимым условием программной модели СДО. Существуют различные методы интеграции унаследованных компонентов в архитектуру SOA. Предметной областью, выбранной для исследований, являются программные средства поддержки дистанционного обучения методом проектирования цифровых устройств в части разработки вычислительных комплексов [2, 3].

В архитектуре системы предлагается выделить центральный компонент – ядро. Главными задачами ядра являются слежение за стабильностью выполнения параллельных процессов системы, планирование задач, обработка событий и других критически важных задач. Под руководством ядра выполняются базовые процессы системы, такие как аутентификация / авторизация пользователей системы и прочее.

Модель системы строится на расширенной SOA. В системе выделяются три ключевых компонента: потребители, посредники и сервисы. Потребителями системы выступают компоненты, которые интегрируются или базируются на программной модели данной СДО (рис. 1).

При работе процессов постоянно выполняются асинхронные вызовы компонентов и параллельная обработка данных. Для исследования проблем, возникающих в системе, и разработки эффективных алгоритмов их решения предлагается построить дискретную модель системы.

Состояние программы может быть представлено в виде ориентированного графа (V, E) с последующей интерпретацией и условиями: множество V разделено на два взаимно пересекающихся подмножества P и R , представляющих процессы $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ и компоненты системы $R = (R_1, R_2, \dots, R_m)$.

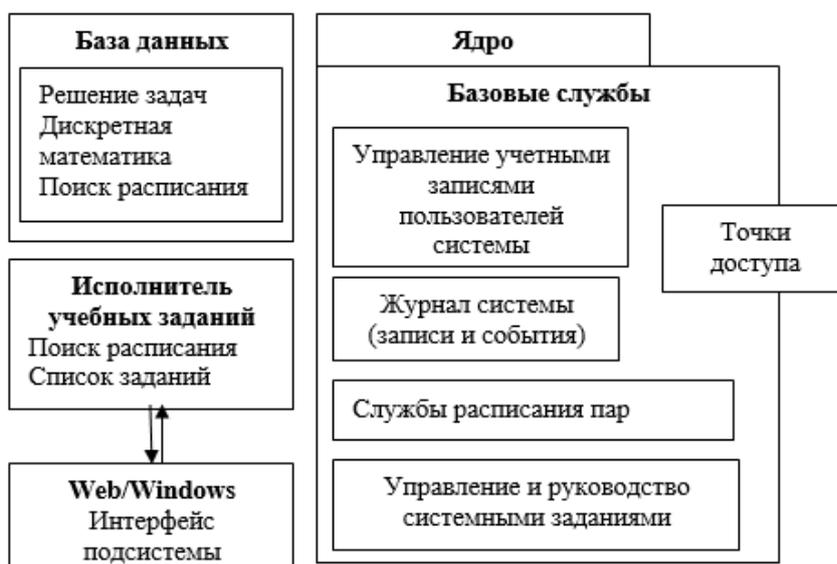


Рис. 1- Основные компоненты программной модели СДО

Для каждого ресурса $R_j \in R$ существует некоторый параметр $k_j > 0$, что означает количество единиц ресурса компонента R_j . В реализации системы это означает, что возможно существование k_j экземпляров компонента R_j .

В интерпретации разработанной архитектуры схема носит название «граф процессов и компонентов» (рис.2).

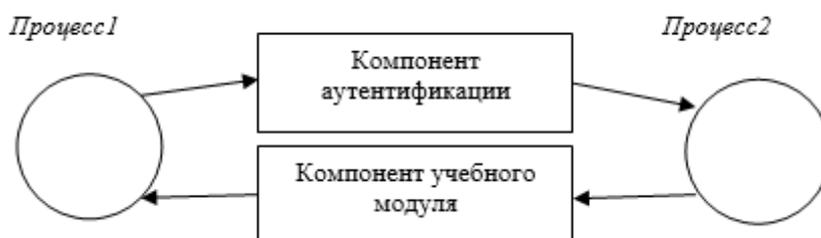


Рис. 2- Граф процессов и компонентов

Из схемы следует, что компонент учебного модуля предназначен (выполняет задание) для процесса 1, который в свою очередь выдал запрос на использование компонента 2. Процесс 2 ожидает завершения работы компонента аутентификации и должен сделать запрос и получить данные от компонента учебного модуля для своего успешного завершения.

При рассмотрении переходов системы из состояния в состояние важно отметить, что процесс запуска процессов является недетерминированным. При соблюдении ограничений выполнение любой операции любого процесса возможно в любое время, а все процессы могут инициироваться на запуск как пользователями системы, так и другими процессами, которые в данный момент выполняются.

В работе процессов системы были обнаружены и проанализированы ситуации которые создают известную проблему параллельных вычислений - проблему тупиков [4]. Проблема тупиков является значительной при организации параллельных вычислений, потому что:

- тупик и ситуации, которые привели к нему, трудно идентифицировать;
- сложно диагностировать состояния тупика (система выполняет длительные расчеты или «зависла» из-за тупика);
- существует необходимость особого обращения для выхода из тупика;
- возможны потери данных при восстановлении системы при устранении тупика.

Например, в программной модели СДО возможна ситуация, когда преподаватель блокирует ресурс задачи для внесения в него изменений. В то же время студент запустил на выполнение процесс загрузки задач, последовательно загружает некоторое количество задач.

Процесс редактирования преподавателя запрашивает доступ к смежной задаче, но она оказывается заблокированной, потому что процесс студента блокирует их, пока не загрузит все задачи из списка. В результате ни процесс студента, ни процесс преподавателя не могут завершиться и освободить занятые ими ресурсы.

В качестве инструмента реализации экспериментальной проверки был выбран пакет Microsoft Visual Studio Team System (VSTS) [5]. В VSTS существует шесть базовых видов тестов: unit test, manual test, ordered test, web test, load test, generic test. Также предоставляется возможность создавать пользовательские типы тестов. Для просмотра и управления тестами, относящимися ко всем проектам и решениям, с которыми работает разработчик, существует утилита Test Manager. Перед созданием любого теста нужно создать тестовый проект, к которому будет отнесен данный тест. В VSTS тестовые проекты предназначены специально для хранения тестов различных типов. Для тестирования разработанной СДО под нагрузкой больше подходит тип теста - load test.

Тест на нагрузку представляет собой последовательность запросов к системе, созданной определенным числом виртуальных пользователей. При выполнении теста соответствующий алгоритм выполняет установленные запросы с заданными параметрами, сохраняет и анализирует ответы от сервера и параметры, описывающие работу компьютеров, на которых находятся сервер и клиенты (рис.3).

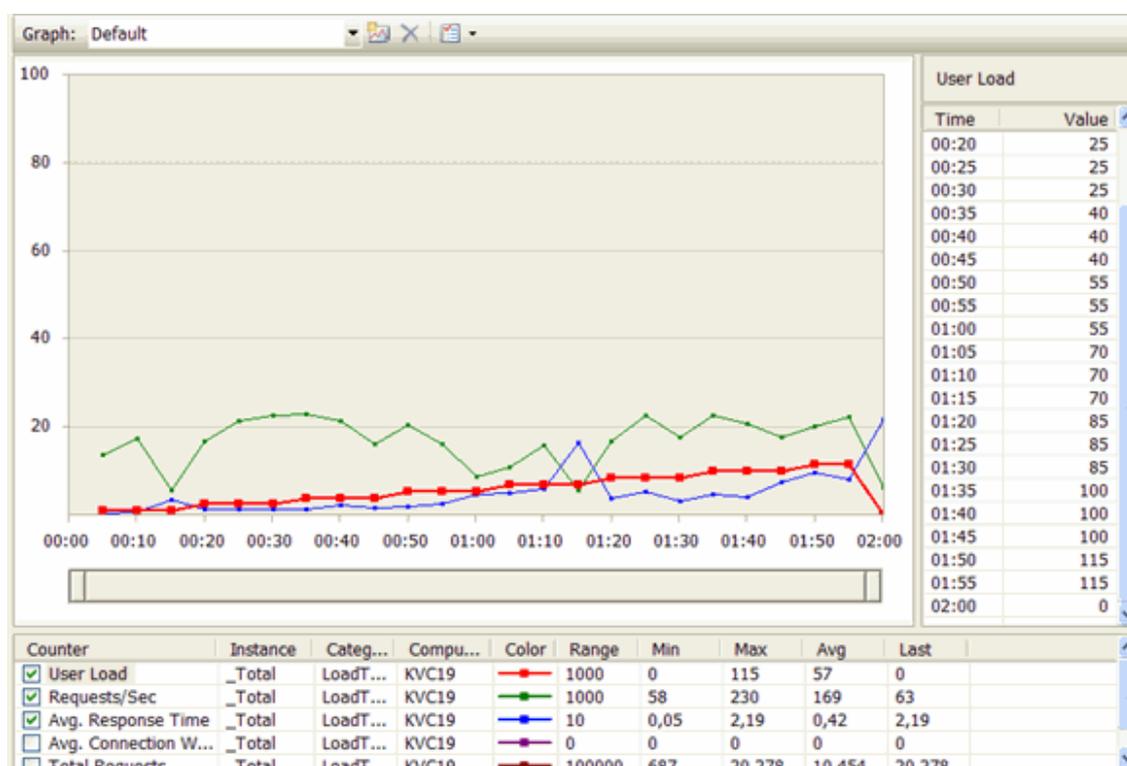


Рис. 3- Результаты тестирования исследуемой системы

Нагрузочный тест физически состоит из настроек, которые описывают параметры соединения виртуальных пользователей, а также из одного или нескольких тестов, которые описывают действия виртуальных пользователей системы.

Модель системы в виде графа процессов и компонентов может быть использована для предотвращения ситуации кругового ожидания. С учетом построенной модели и введенных обозначений можно выделить ряд ситуаций, возникающих при выполнении программы и представляющих интерес при рассмотрении ситуации тупика. Для исследуемой программной модели СДО был построен граф процессов и компонентов и реализующие механизмы модификации графа в зависимости от выполняемых процессов. Реализованные в программной модели СДО методы анализа параллельной работы процессов позволяют выявлять, бороться и избегать ситуации тупиков.

Исследования проводились в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности (проект 8.5098.2017).

Список литературы

1. Информационные технологии. Эталонная архитектура для сервис-ориентированной архитектуры (SOA RA). Часть 1. Терминология и концепции SOA. ГОСТ Р ИСО/МЭК 18384-1-2017.
2. Деменкова Т.А. Методы и средства дистанционного обучения проектированию цифровых устройств // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2015. – Т. II, № 4(9). – С. 56-71.
3. Деменкова Т.А., Кожевников Г.С. Программа поддержки дистанционного обучения методам проектирования цифровых устройств // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №201461867. Дата регистрации 27.08.2014.
4. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Учебное пособие. - 2-е изд. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2003.
5. Microsoft Visual Studio Team System Documentation. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/vsts/> (дата обращения: 20.02.2018).

05.13.00

К.А. Панасюк к.п.н., А.Д. Тарасов

Оренбургский государственный аграрный университет,
Институт управления рисками и комплексной безопасности,
кафедра «Автоматизированные системы обработки информации и управления»,
г. Оренбург, panasyuk-ka@yandex.ru, adtarasov@mail.ru

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ В ЗАДАЧЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-56-58

Рассматривается решение задачи проектирования оптимальной системы защиты информационной сети. Используется стандартный генетический алгоритм. Описывается процесс многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: информационная компьютерная сеть, аппаратные средства защиты, стандартный генетический алгоритм, многокритериальная оптимизация.

С активным развитием информационных компьютерных сетей (ИКС) появляются более совершенные методы несанкционированного доступа к данным. С увеличением протяженности сети увеличивается и количество потенциальных каналов проникновения в сеть (сетевые устройства, узлы сети, кабельные системы и т.д.). Одним из важнейших требований к построению ИКС является обеспечение безопасности данных, которая достигается различными методами и средствами. К аппаратным средствам, изолирующим потенциальные каналы утечки информации или позволяющих их обнаружить, относятся: специальные генераторы шума (СГШ), помехоподавляющие сетевые фильтры (ПСФ), устройства зашумления сети питания (УЗСП), скремблеры (шифраторы телефонных переговоров (ШТП)) и др. [1]. Они характеризуются надежностью, независимостью от субъективных факторов, но высокой стоимостью. Увеличение числа средств защиты создает определенные трудности для пользователей в процессе эксплуатации ИКС и существенно влияет на стоимость при ее защите. Исходя из этого, необходимо решить задачу проектирования оптимальной системы защиты сети, чтобы не создавать трудностей в процессе ее эксплуатации и в то же время обеспечить достойный уровень защиты информации.

Для решения задачи предлагается использовать генетические алгоритмы (ГА). Генетические алгоритмы обладают множеством преимуществ по сравнению с другими методами оптимизации [2].

Для выбора состава системы защиты сети с помощью стандартного ГА применяется логическая модель, которая представляет структуру сети в виде графа, где вершины – это узлы и устройства соединения, а ребра – кабельные системы. Часть узлов – это критические элементы (КЭ) объекта, требующие защиты. Защита КЭ обеспечивается средствами: СГШ, ПСФ, УЗСП, ШТП. Задача проектирования системы защиты формулируется следующим образом: требуется определить оптимальное размещение средств защиты на участках сети. При этом нужно соблюдать условие: защищенность всех КЭ соответствует требуемой защищенности при минимальных затратах на приобретение, установку и обслуживание.

Алгоритм определения оптимального размещения средств защиты разработан на основе метода описанного в статье [3]. Используется стандартный генетический алгоритм с равномерным кроссинговером и мутацией с задаваемой вероятностью. Для определения всех возможных путей доступа к критическим элементам сети используется алгоритм поиска в глубину. Хромосомы содержат в себе варианты решения задачи: расположение средств защиты на каждом участке информационной компьютерной сети. Все участки графа сети – вершины получают сквозную нумерацию, для последовательного размещения информации

по хромосоме. Для каждого участка записывается по четыре числа: $X_{сгш}^1$, $X_{псф}^1$, $X_{узсп}^1$, $X_{штп}^1$ – количество средств защиты разных типов. Хромосомы представлены как двумерные массивы.

Задаются следующие исходные данные:

1) Логическая модель информационной компьютерной сети в виде графа.

2) Необходимая защищенность каждого критического элемента сети в виде требуемых наборов средств защиты. Например, $U_{сгш}^1=1$, $U_{псф}^1=0$, $U_{узсп}^1=1$, $U_{штп}^1=1$, означает, что для защиты КЭ №1 требуется специальный генератор шума, устройство зашумления сети питания, шифратор телефонных переговоров.

3) Ограничения на средства защиты в каждой вершине графа. Количество и состав средств защиты на одном участке сети должны соответствовать заданным ограничениям в виде минимума и максимума для каждого типа средств защиты. Например, для участка №5 задаются значения: $X_{сгш}^5_{min}=0$, $X_{сгш}^5_{max}=2$, $X_{псф}^5_{min}=0$, $X_{псф}^5_{max}=1$, $X_{узсп}^5_{min}=0$, $X_{узсп}^5_{max}=2$, $X_{штп}^5_{min}=0$, $X_{штп}^5_{max}=2$.

Проводится многокритериальная оптимизация. Общая целевая функция строится в виде взвешенной суммы двух целевых функций, для которых используется принцип минимизации. Первая функция – F_1 отвечает за соответствие хромосом следующему правилу: каждый из путей доступа к критическому элементу должен содержать набор средств защиты соответствующий или превышающий (по количеству средств каждого типа) необходимую защищенность КЭ. Функция принимает значение равное сумме недостающих средств защиты всех типов на всех путях. Например, необходимая защищенность КЭ с номером один: $U_{сгш}^1$, $U_{псф}^1$, $U_{узсп}^1$, $U_{штп}^1$ сравнивается с набором средств защиты перекрывающих первый путь доступа к первому КЭ: $V_{сгш}^1$, $V_{псф}^1$, $V_{узсп}^1$, $V_{штп}^1$. Результат сравнения для первого КЭ рассчитывается по формуле:

$$Path_1^1 = N_{сгш}^1 + N_{псф}^1 + N_{узсп}^1 + N_{штп}^1,$$

где

$$N_{сгш}^1 = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{сгш}^1 \leq V_{сгш}^1 \\ (U_{сгш}^1 - V_{сгш}^1), & \text{если } U_{сгш}^1 > V_{сгш}^1 \end{cases},$$

$$N_{псф}^1 = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{псф}^1 \leq V_{псф}^1 \\ (U_{псф}^1 - V_{псф}^1), & \text{если } U_{псф}^1 > V_{псф}^1 \end{cases},$$

$$N_{узсп}^1 = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{узсп}^1 \leq V_{узсп}^1 \\ (U_{узсп}^1 - V_{узсп}^1), & \text{если } U_{узсп}^1 > V_{узсп}^1 \end{cases},$$

$$N_{штп}^1 = \begin{cases} 0, & \text{если } U_{штп}^1 \leq V_{штп}^1 \\ (U_{штп}^1 - V_{штп}^1), & \text{если } U_{штп}^1 > V_{штп}^1 \end{cases}.$$

Полученные результаты сравнения для всех КЭ складываются, например, для хромосомы h_1 значение первой целевой функции равно:

$$F_1(h_1) = \sum_{i=1}^{nk} \sum_{j=1}^{np_i} Path_i^j,$$

где nk – количество КЭ в сети, np_i – количество путей доступа к i -му КЭ.

Вторая целевая функция – F_2 отвечает за то, чтобы суммарное количество средств защиты на всех участках сети было минимальным. Значение функции равно этому количеству:

$$F_2(h_1) = X_{сгш}^1 + X_{псф}^1 + X_{узсп}^1 + X_{штп}^1 + X_{сгш}^2 + \dots,$$

В итоге общая целевая функция для хромосомы h_1 рассчитывается по формуле:

$$F(h_1) = w_1 \cdot F_1(h_1) + w_2 \cdot F_2(h_1),$$

где w_1 , w_2 – веса целевых функций.

На рисунке 1 показан пример размещения средств защиты на участках информационной компьютерной сети модельного объекта.

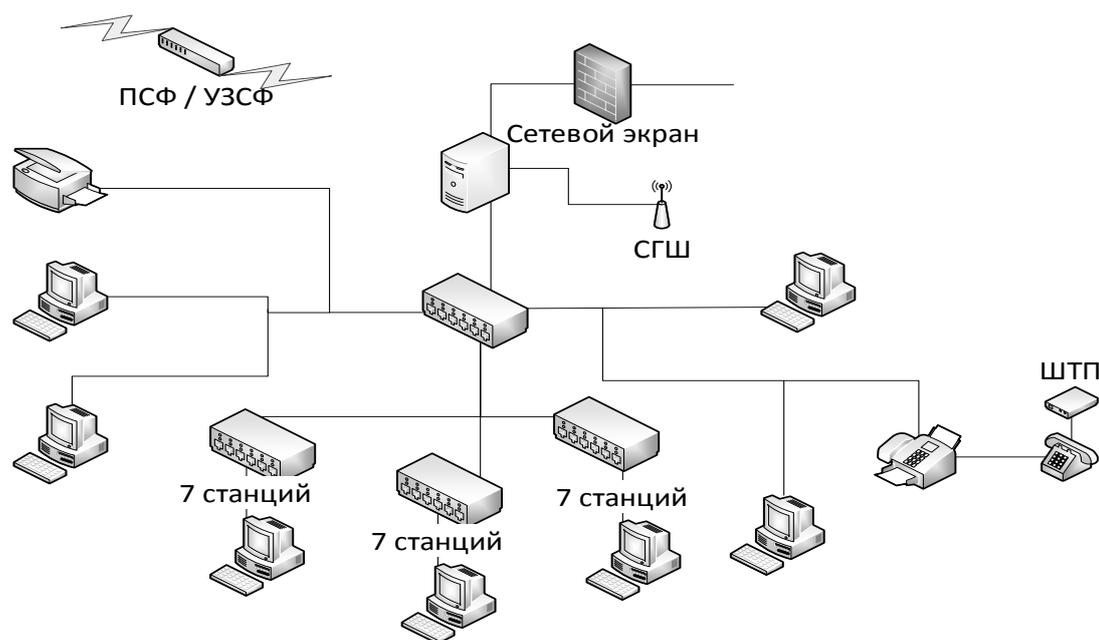


Рис. 1 – Пример размещения средств защиты ИКС

Список литературы

1. Кондратенко С.В., Новиков Ю.В. Основы локальных сетей: электронная книга / С. В. Кондратенко, Ю.В. Новиков.- ВУЗ: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (fb2 - 2.2 Мб, txt - 615.6 Кб, html - 1.9 Мб, epub - 2.2 Мб) ISBN: 978-5-9556-0032-1.
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.: ил.
3. Боровский А.С., Тарасов А.Д. Программный комплекс информационной поддержки решения задачи проектирования системы физической защиты / Системы управления и информационные технологии, №4.1(66), 2016. – С. 122-128.

05.13.11

А.Б. Сорокин канд.тех.наук, Д.В. Петкевич, В.И. Тихвинский

Московский технологический университет (МИРЭА),
Институт информационных технологий, кафедра вычислительной техники,
Москва, ab__sorokin@mail.ru, denis-pdv@yandex.ru, tvitaly1@yandex.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА И ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-59-63

Предложена оригинальная методика для разработки имитационных динамических моделей. Методика основана на синтезе ситуационного анализа и деятельностного подхода. В результате реализуется структура релевантная диаграмме потоков и уровней.

Ключевые слова: *ситуационный анализ, деятельностный подход, имитационная динамическая модель.*

Имитационная динамическая модель (ИДМ) предоставляет возможность исследовать поведение как системы в целом, так и ее составных частей на стратегическом уровне абстракции. Происходит абстрагирование от индивидуальных объектов и их характеристик, при этом рассматриваются только совокупности объектов и их интегральное поведение, тенденции изменения значений, влияние на динамику системы причинных обратных связей.

Таким образом, используется специфический инструмент построения ИДМ, который не получил существенного развития на протяжении последних десятилетий, хотя в технологии разработки программного обеспечения произошли революционные открытия, в корне изменившие принципы работы со сложными системами. Методология построения ИДМ включает качественную и количественную стадии.

На качественной стадии исследуется структура проблемы и то, каким образом один элемент системы зависит от другого. Базовым конструктом качественной стадии является представление исследуемого процесса в виде диаграммы, состоящей из петель положительной (изменение причины вызывает аналогичное изменение следствия) и отрицательной обратной связи (изменение причины вызывает противоположное изменение следствия). Данное графическое представление по своей сути является когнитивной картой отражающей отношения между отдельными элементами системы, как между причиной и следствием. При увеличении параметрической сложности модели графическое представление имеет очень непростой для прочтения вид. Таким образом, в области определения количественной стадии существует проблема, состоящая в отсутствии адекватной концептуальной структуры при увеличении сложности модели. Поэтому для проектирования ИДМ необходим другой – объяснительный принцип.

Иногда в основе научных концепций лежат достаточно простые, понятные и даже тривиальные идеи, которые последовательно развиваются относительно исходного принципа. Так ИДМ, созданная Дж. Форрестером, моделирует производственную деятельность человека [1].

Одно из важнейших свойств деятельности – универсальность. Свойство универсальности означает, что деятельность способна учитывать специфические особенности различных предметных областей, которые могут быть различны как по функциональному составу, так и по структуре. При этом в среде может существовать различное количество деятельностей, которые существуют в циклах воспроизводства. Циклы воспроизводства разделяют деятельность на частные: сферы деятельности и акты деятельности [2]. Акт деятельности выполняется конкретным субъектом (группой субъектов) в соответствии с функциональными особенностями, имеет временные и пространственные ограничения, заканчивается созданием продукта (рис.1).

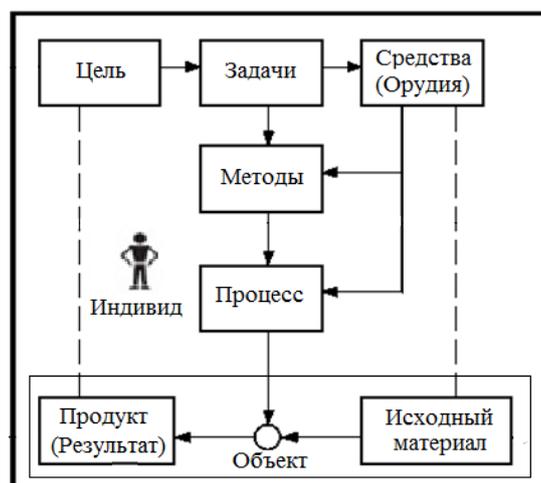


Рис.1. Категориальная схема акта деятельности

Таким образом, шаблон акта деятельности представляет собой категориальную схему акта деятельности, каждый элемент которой может «разворачиваться» в выбранном направлении деятельности. При этом если субъект управления сталкивается с проблемой, то у него нет никаких знаний о методе и средствах ее преодоления. Однако необходимо учитывать, что материал, средства и субъект деятельности не создаются в данном акте деятельности, а вносятся извне, являясь продуктом других актов деятельности. Проблемная ситуация оказывается замкнутой различными категориально-задачными актами деятельности, которые входят в проблему в виде решений ее элементов. В результате формируется онтологическая картина проблемы, которая представляет структуру поля знаний.

Однако деятельностный подход не учитывает, что процессы принятия решений при разрешении проблем имеют ситуационный характер, вследствие чего не может быть сформирована адекватная база допустимых решений.

В соответствии с принципами ситуационного анализа необходимо действие отождествлять с определенным единичным решением d_i [3]. Единичное решение рассматривается как связанная структура следующих элементов (X): субъект действия X_{as} , действие X_a , объект действия X_{ao} и компоненты действия $\{X_{ac_1}, X_{ac_2}, \dots, X_{ac_N}\}$, влияющие на решение. При этом действие образует структуру из трех возможных типов связующих звеньев: L_{as} (СД) – связь между субъектом действия X_{as} и действием X_a , L_{ao} (ОД) – связь между объектом действия X_{ao} и действием X_a , L_{ac} (КД) – связь между компонентами действия и действием (рис.2).

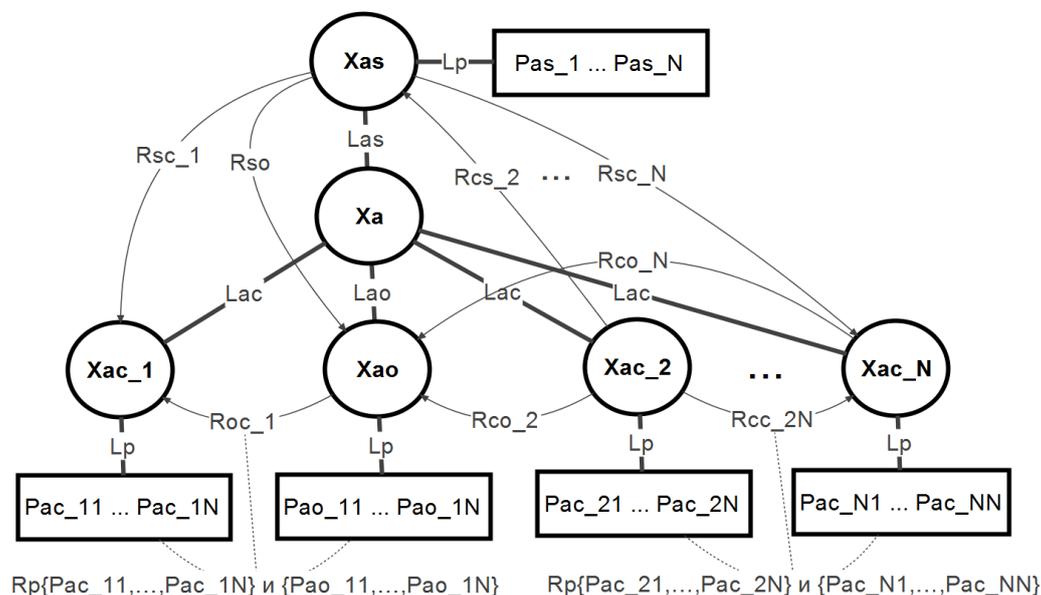


Рис. 2. Концептуальная структура единичного решения

Вершины структурной схемы могут быть связаны между собой различными отношениями, которые являются выражением связи в сознании эксперта. Выделяется два типа двунаправленных бинарных семантических отношений: взаимодействие – это вертикальные опосредованные отношения, которые выражаются через действие Xa и связующие звенья (Las, Lao, Lac); отношение – это эмпирическое выявление зависимости между объектами, которое обусловлено следующими конструктами: объект – компонент $\{Roc_1, Roc_2, \dots, Roc_N\}$, компонент J – компонент N (Rcc_{JN}).

Результатом таких семантических выражений может быть либо правда (1), либо ложь (0).

Каждое отношение или взаимодействие приводит к активности взаимосвязанных элементов, т.е. изменению их свойств. Поэтому необходимо учитывать структурную связь между элементами и их свойствами P , которая представлена через связующие звенья Lp . Свойства имеют строковые, логические или числовые значения [3].

Содержательное наполнение концептуальной структуры (рис.3) полностью зависит от знаний и опыта эксперта. Поэтому большой диапазон деятельностей в сложной среде усложняет определение направления движения к цели. Каждый эксперт видит только цель своей деятельности в предметной области, и в результате может быть не сформирована модель принятия решений.

В результате выявлено следующее противоречие: с одной стороны, деятельностный подход не учитывает ситуативный аспект, с другой стороны, ситуативный анализ не дает четкого понимания результата деятельности. Для снятия этого недостатка предложено синтезировать данные аспекты в единое представление – концептуальную структуру акта деятельности (рис.3).

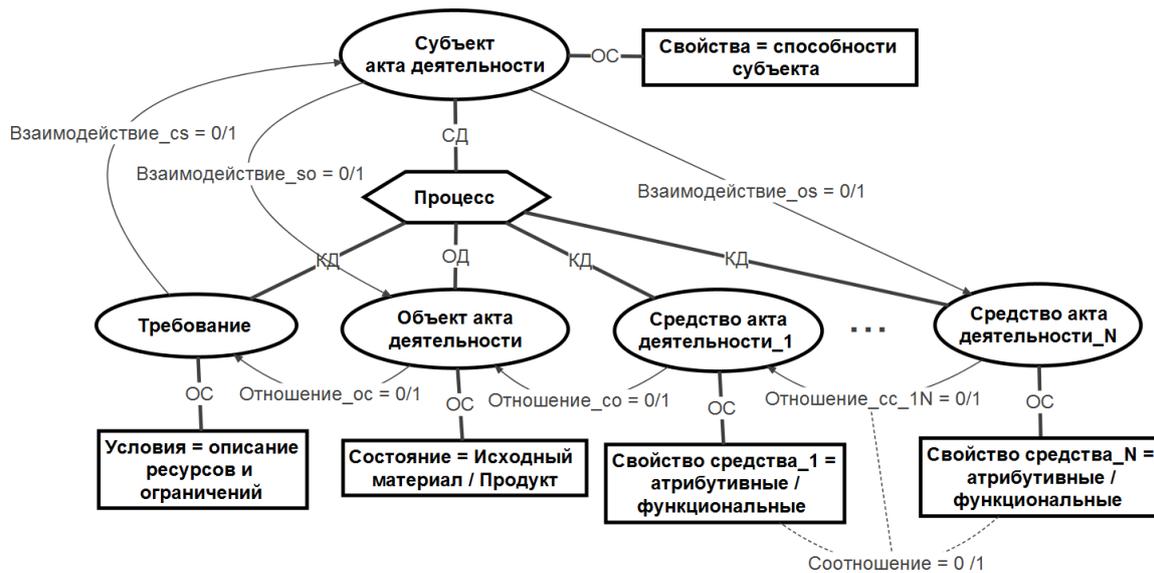
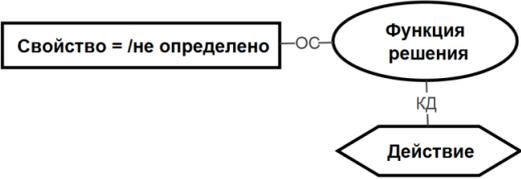


Рис.3. Концептуальная структура акта деятельности

Для этого необходимо спроецировать вершины категориальной схемы акта деятельности (рис. 1) на вершины концептуальной структуры (рис. 2). Учитывая тот факт, что концептуальная структура существует в двух состояниях до действия как задача и после действия как метод решения задачи, то можно утверждать, что отображение является биективным. Это позволяет естественным образом формировать концептуальную структуру акта деятельности. При этом согласно полю знаний о проблемной ситуации между концептуальными структурами на уровне процессов выполняются операции пересечения между элементами.

При реализации ИДМ необходимо учитывать трансформацию элементов концептуальной структуры в элементы диаграммы потоков и накопителей:

Таблица 1 – Сравнение графических нотаций

Графическая нотация диаграммы потоков и уровней	Графическая нотация плана процессов
<p>Уровень накопителя</p> 	
<p>Поток</p> 	
<p>Вентиль</p> 	

Функция решения – это есть уравнения темпов (1), которые в отличие от уравнений уровней (2) не являются столь очевидными и простыми. Фактически уравнения темпов отражают понимание факторов, определяющих действия, которые будет совершаться непосредственно в следующий момент времени.

$$V(t) = F(p_1(t), p_2(t), \dots, p_k(t)), \text{ где} \quad (1)$$

t – модельное (системное) время; $V(t)$ – темп на момент времени t ; F – произвольная функция от k – аргументов; $p_i(t)$ – параметры модели, значения которых в момент t известны.

$$x(t+h) = x(t) + hV(t), \text{ где} \quad (2)$$

h – изменение (приращение) времени – шаг моделирования; $x(t)$, $x(t+h)$ – значение уровня в моменты времени;

Таким образом, количественная стадия должна быть определена другим актом деятельности, в котором определены аналитические закономерности с множественностью проявляемых свойств объектов концептуальной структуры. Они характеризуются определенными отношениями ($R_{oc} = 1$, $R_{cc} = 1$) и соотношениями (R_p), тем самым фиксируются закономерности преобразования исходного материала в продукт (табл.2).

Таблица 2 – Ассоциативные правила

ЕСЛИ	ТО	
	ЕСЛИ	ТО
Тип отношения	Тип соотношения	Тип арифметического действия
увеличивает	больше на	Сложение
	больше в	Умножение
уменьшает	меньше на	Вычитание
	меньше в	Деление

Таким образом, на основе определения закономерностей могут реализовываться различные аналитические представления, в том числе функции решений (интенсивность потока) для ИДМ [4].

Синтез двух представлений дает полноценную структуру, релевантную диаграмме потоков и уровней (рис. 4). Данные концептуальные представления по своей сути являются базой знаний для проектирования ИДМ. Соответственно задача выделения таких знаний из концептуальной структуры акта деятельности может быть решена на программном уровне.

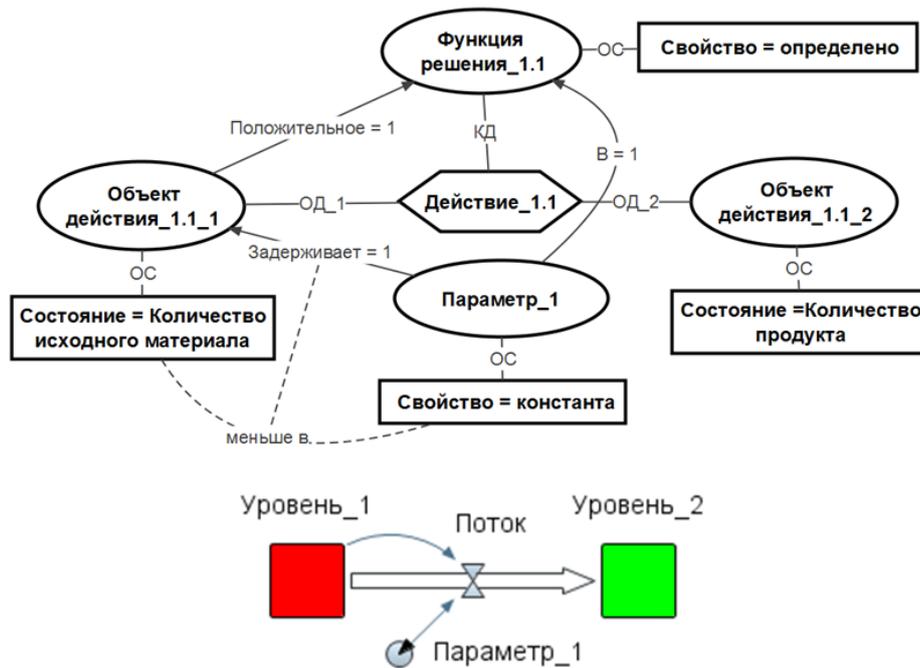


Рис.4. Концептуальная структура акта деятельности

Предлагается несколько направлений использования синтеза ситуационного анализа и деятельностного подхода:

- как язык осмысления процессов, происходящих в динамически сложной среде,
- как язык моделирования интеллектуально-информационных систем,
- как инструментальное средство, реализованное в программном комплексе «Оформитель + Решатель + Интерпретатор».

Использование программного комплекса обусловлено следующим алгоритмом:

- в программе «Оформитель» реализуются концептуальные структуры актов деятельности, которые определены как целостная концептуальная модель принятия решений,
- в программе «Решатель» целостная концептуальная модель принятия решений проверяется на полноту и адекватность, при необходимости генерируется отчет о базе знаний в виде продукционных правил,
- после подтверждения полноты и адекватности модели в программном обеспечении «Интерпретатор» генерируются отчеты о базах знаний концептуальных структур, причем синтез баз знаний соответствует определённым ИДМ.

Список литературы

1. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия / Дж. Форрестер – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
2. Щедровицкий Г. П. Избранные труды / Г. П. Щедровицкий. – М.: Шк.Культ.Полит. 1995. – 800 с.
3. Болотова, Л. С. Системы искусственного интеллекта: модели и тех-нологии, основанные на знаниях / Л. С. Болотова. – М.: Финансы и статистика – 2012. – 663 с.
4. Sorokin, A.B., Bolotova, L.S. The evolutionary model as the projection methodology situationally - activity analysis and its realization on the example of the model against the development of infectious diseases // Collection of scientific papers «Interactive systems: Problems of Human-Computer Interaction» –Ulyanovsk, 2015. pp. 120–130.

05.13.00

Б.А. Староверов, В.Н. Шведенко д-р.тех.наукКостромской государственной университет
Кострома, sba44@mail.ru**МЕТОД СИНТЕЗА АНСАМБЛЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ****DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-64-66**

Предложено повысить универсальность информационной системы прогнозирования электропотребления за счет применения ансамбля искусственных нейронных сетей. Разработан метод выбора нейронных сетей по минимуму средних и мгновенных показателей погрешностей прогнозирования и отбор их для ансамбля сетей по критерию взаимной компенсации погрешностей.

Ключевые слова: *прогнозирование, электропотребление, ансамбль нейронных сетей, метод синтеза, алгоритм программы.*

Наиболее эффективным, с точки зрения автоматизации процессов управления режимами работы электрических сетей, является расширение функционала автоматизированных информационно-измерительных систем учета электроэнергии путем включения в их состав подсистемы прогнозирования электропотребления [1].

Установлено, что для создания подсистем прогнозирования перспективным является методы, основанные на применении искусственных нейронных сетей (ИНС) [2]. Однако исследования показывают, что при разных условиях (графиках нагрузок) наилучшую точность дают различные виды нейронных сетей, при этом вид сети, которая будет давать наиболее точные прогнозы в конкретных условиях, заранее неизвестен. Поэтому повышение точности системы прогнозирования и ее универсальности можно обеспечить лишь путем объединения наиболее эффективных нейронных сетей в многоуровневый ансамбль. Из анализа существующих методов построения ансамблей следует, что наиболее часто применяются иерархические структуры [3, 4]. Кроме того, учет специфики прогнозирования электропотребления показывает, что формирование такой структуры целесообразно осуществлять на основе многоэтапного метода усреднения или на основе стэкинга [5]. В таких ансамблях прогнозируемая величина формируется как функция от метаданных:

$$y(x) = f(y_1(x), y_2, \dots, y_r),$$

где: $y_i(x)$ – метаданные, выдаваемые предшествующим уровнем иерархии; r – число нейронных сетей; f – корректирующая функция, определяющая результирующий прогноз.

Первый уровень иерархии формируется из нейронных сетей различного типа, на вход которых одновременно подается входной вектор обучающей выборки, а с выхода снимаются прогнозные значения электропотребления. Нейронные сети первого уровня ансамбля обучаются на ретроспективных данных электропотребления. Нейронные сети второго уровня ансамбля, обучаются, как и сети первого уровня, но входным вектором для них является множество выходных значений (метаданных) сетей первого уровня. Аналогично, нейронные сети третьего уровня обучаются на множестве выходных значений сетей второго уровня.

Первоочередной задачей при формировании ансамбля искусственных нейронных сетей (АИНС) является определение видов и количества нейронных сетей первого уровня. Для этого необходимо проводить выбор нейронных сетей по двум взаимно противоречивым критериям: по точности прогнозирования и по возможности взаимной компенсации ошибок прогнозирования. Метод формирования такой информационной системы прогнозирования состоит из нескольких этапов. На первом этапе отбираются наиболее эффективные ИНС, которые дают минимальную погрешность прогнозирования [6]. На втором этапе нейронные сети, отбираются по критерию взаимной компенсации погрешностей прогнозирования на

основе попарного сравнения величин разбросов их погрешностей в одинаковые моменты времени. Для определения количества не благоприятных прогнозных ситуаций определяются разности ошибок прогнозирования:

$$\delta_{ijk} \% = \frac{|P_{ikn} - P_{jkn}|}{P_{kф}} 100 \%,$$

где i - тая и j - тая сравниваемые нейронные сети; k - тый прогнозный момент (k - тая реализация); P_{ikn} , P_{jkn} и $P_{kф}$ – прогнозные и фактическое потребление электроэнергии в k -тый момент.

Графики прогнозов будут совпадать, а, значит, будут совпадать и ошибки прогнозирования, если $\delta_{ijk} \% \leq \Delta_p \%$, где $\Delta_p \%$ - пороговое значение. При равенстве или меньше пороговому значению разность ошибок прогнозирования приравнивается нулю.

Исследования показывают, что пороговую величину $\Delta_p \%$ нужно, как правило, брать равной 1%. Очевидно, чем меньше число разностей погрешностей $\delta_{ijk} \%$, не превышающих пороговое значение, тем больший эффект даст объединение сравниваемых нейронных сетей в ансамбль, так как нейронные сети второго уровня в этом случае будут обобщать отличающиеся графики прогнозах. Количественной оценкой этого критерия служит сумма модулей разностей ошибок прогнозирования, где N – объем выборки:

$$J_p = \sum_{k=1}^N \delta_{ijk} \%$$

Другим критерием является определение числа благоприятных ситуаций, когда ошибки прогнозирования нейронных сетей в один и тот же момент имеют разные знаки и при объединении сетей скомпенсируют друг друга:

$$\mu_{ijk} \% = \frac{|P_{ikn} + P_{jkn} - 2P_{kф}|}{P_{kф}} 100 \%$$

Наибольший эффект от объединения сетей будет при меньшем значении средней суммы не скомпенсированных прогнозных ошибок μ_{ijk} :

$$J_c = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \mu_{ijk} \%$$

Выбор ИНС для ансамбля осуществляется по максимуму критерия J_p . В том случае, когда у двух сравниваемых пар критерии J_p примерно одинаковые, выбор осуществляется по дополнительному критерию J_c . Для этого требуется проведение многоэтапных итераций, что вызывает необходимость автоматизировать данный процесс.

На рис. 1 представлена блок-схема системы процесса формирования АИНС по рассматриваемому методу.



Рис.1 – Блок-схема системы процесса формирования ансамблей искусственных нейронных сетей (АИНС)

В базе данных прогнозов содержатся результаты краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных прогнозов различными видами искусственных нейронных сетей и точностные характеристики этих сетей. Алгоритм определения эффективных ИНС представляет собой их последовательный перебор и сортировка по точности прогнозирования путем сравнения с допустимыми показателями.

Алгоритм подпрограммы отбора ИНС из избыточного N числа эффективных для формирования ансамбля имеет более сложную структуру. Первоначально осуществляется попарное сравнение ИНС с помощью критерия несовпадения ошибок (различия графиков) прогнозирования:

$$J_{pq} = f(W_{iq}, W_{jq}),$$

где W_{iq}, W_{jq} – виды сравниваемых ИНС; $q = 1, 2, \dots, q_{\max}$;

$q_{\max} = 0,5N(N-1)$ – максимальное число рассматриваемых пар ИНС.

Для расчета этого критерия в схеме алгоритма организуются два вложенных цикла с целью последовательного перебора возможных пар нейронных сетей. Далее производится сортировка ИНС по убыванию критериев J_p и выделяются L – пар нейронных сетей, необходимых для формирования ансамбля. В ансамбль выбирается та нейронная сеть, у которой критерий J_{pm} больше. В случае, когда у двух пар ИНС эти критерии примерно одинаковые по величине $J_{pm} \approx J_{p_{m+1}}$, то для этих пар рассчитываются величины дополнительных критериев компенсации ошибок прогнозирования:

$$J_{cm} = f_c(W_{im}, W_{jm}); J_{c_{m+1}} = f_c(W_{i_{m+1}}, W_{j_{m+1}}).$$

В зависимости от того, у какой пары нейронных сетей величина критериев J_{cm} и $J_{c_{m+1}}$ меньше, та и выбирается для формирования ансамбля. В результате таким методом определяется необходимый набор нейронных сетей.

Использование рассмотренных алгоритмов, легко реализуемых программным путем, обеспечивает автоматизацию процесса выбора эффективных нейронных сетей, из которых необходимо формировать ансамбль для получения системы прогнозирования электропотребления с максимально возможной точностью.

Количество уровней иерархии в ансамбле и число нейронных сетей на каждом уровне определяются экспериментально. Установлено, что для краткосрочного прогнозирования наибольшая точность достигается при использовании трехуровневого ансамбля, для среднесрочного прогнозирования – двухуровневого.

Список литературы

1. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Повышение эффективности системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии за счет введения функций прогнозирования // Вестник ИГЭУ. – 2013. – № 6. – С. 26–29.
2. Абдурахманов А.М. и др. Методы прогнозирования электропотребления в распределительных сетях (обзор) / А.М. Абдурахманов, М.В. Володин, Е.Ю. Зыбин, В.Н. Рябченко // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. – 2016. – №1, Том 3, С.3-23.
3. Bukhtoyarov V., Semenkin E., Shabalov A. Neural Networks Ensembles Approach for Simulation of Solar Arrays Degradation Process // Hybrid Artificial Intelligent Systems. Lecture Notes in Computer Science – 2012, pp. 186-195.
4. Staroverov B.A. Gnatyuk B.A. Universal energy consumption forecasting system based on neural network ensemble // Optical Memory and Neural Networks – July 2016 – Issue 3 – P. 198–202.
5. Баймаков А.И., Баймаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2005. – 304 с.
6. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Определение наиболее перспективных нейронных сетей и способов их обучения для прогнозирования электропотребления // Вестник ИГЭУ. – 2015. – №6. – С. 59-64.

05.13.17

С.Л. Сьянов канд.тех.наук, С.Г. Лекомцев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
кафедра вычислительной математики и механики,
Пермь, hydrolics@ya.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ JAVA ДЛЯ ПОИСКА
ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТ**

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-67-70

В работе представлены результаты разработки приложения на языке программирования Java для поиска и сохранения информации с сайта Avito.ru. Приведены программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем на основе Интернет технологий и Microsoft Office.

Ключевые слова: *Java, поиск, фильтрация, Microsoft Office.*

Показатели продаж операционных систем за последние 5 лет качественно изменились. С одной стороны доля операционных систем на базе Windows остается лидирующей (рис.1) [1]:

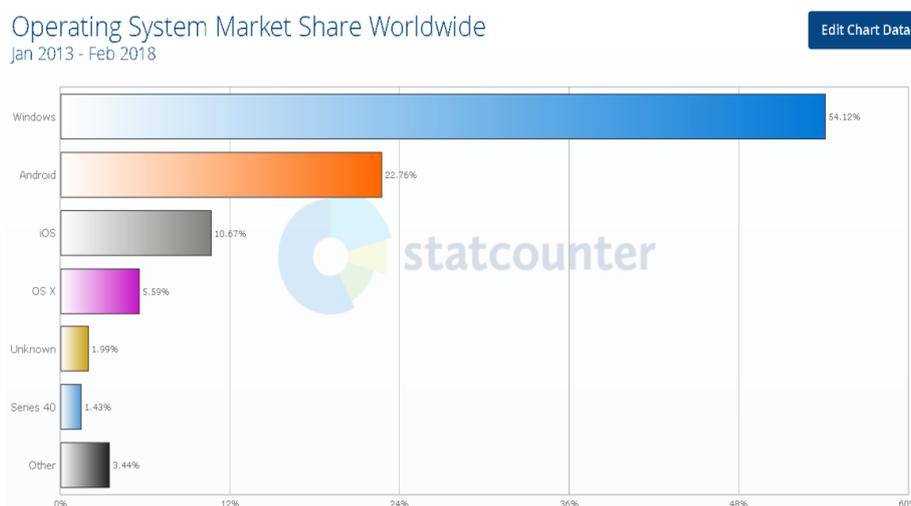


Рис. 1. Общие продажи операционных систем на февраль 2018 года

С другой стороны, показатели продаж операционных систем на базе Android за последние 5 лет постоянно росли и к настоящему моменту находятся примерно на одном уровне с Windows системами (рис.2) [2]:

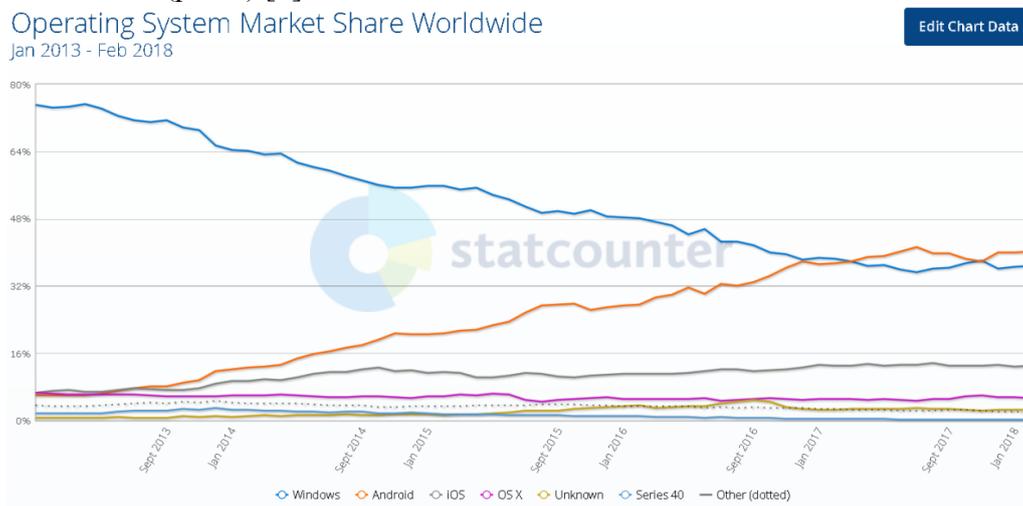


Рис. 2. Продажи операционных систем за 2013 - февраль 2018 года

При этом доля Windows операционных систем в подавляющем большинстве относится к настольным решениям (рис.3) [3]:

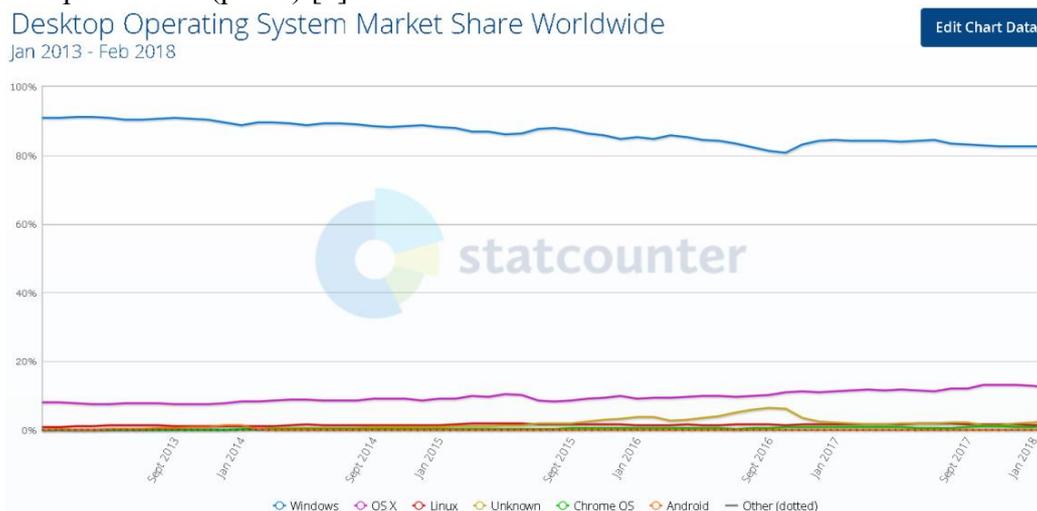


Рис. 3. Продажи операционных систем к настольным решениям за 2013 - февраль 2018 года

Таким образом на рынке продаж с большим отрывом на начало 2018 года имеются две лидирующие операционные системы Windows и Android. И если Windows существовала достаточно долго и планомерно развивалась, то Android просто ворвался в повседневную жизнь. Дело конечно не в телефонных звонках, а в целом комплексе условий и прежде всего в возможности выйти в Интернет. Все это привело к достаточно комфортной работе на мобильных устройствах:

- увеличение скорости передачи данных;
- приемлемые тарифы операторов связи;
- появление быстродействующих многоядерных мобильных процессоров.

Каждый ловил себя на мысли, что сделать поисковый запрос в поисковой системе чаще быстрее, чем найти соответствующие сохраненные данные на устройстве. Сейчас это стало еще быстрее с появлением уверенных алгоритмов голосового распознавания с дальнейшим переводом звука в текст и подстановки текста в поисковую систему. Даже появление емких носителей информации не переломит эту ситуацию. Причина в особенностях восприятия и обработки данных мозгом, в том числе и человеческим. Экспериментально Эдгаром Дэйлом была установлена закономерность степени запоминания материала в зависимости от типа и метода обработки поступающих данных обучающимися [4]. Системы обучения используют эти данные для улучшения усвоения материала. Однако понадобилось практически полвека для реализации массовости одного из элементов этой технологии - звука. Массовость использования технологии «звук – текст – поисковая система – текст – звук» конечно подразумевает такое свойство информации как достоверность. Именно достоверность была большой проблемой систем распознавания речи еще с времен появления первых операционных систем и соответственно прикладного программного обеспечения. Теперь с развитием и доступностью Интернет и наличием мобильных платформ наступает новый этап развития человечества – переход от текста к мультимедиа и возможностью заполнения мозга большими данными.

Поэтому разработка новых интернет-технологий, включая средства поиска, анализа и фильтрации информации является одной из самых востребованных и актуальных. В стартовые страницы всех браузеров включают поисковые элементы. Алгоритмы и технологии поиска информации конечно будут зависимы от типа исходных данных, их местонахождения, структуры. Скажем поиск в сети Интернет Yandex или Google поиск может дать сотни страниц ссылок на страницы. Какая из них нужная? Или к примеру системы антиплагиата совершенно беспомощны перед видеоконтентом, даже если там есть текст. Текст в видеоконтенте в большей степени похож на капчу, перед которой компьютер в основном пока бессилён. Таким образом в поисковую систему в той или иной степени

включается человек, пытаюсь дополнительно отфильтровать необходимые данные. Поэтому одна из основных задач поиска информации – найти закономерности в данных и попытаться их систематизировать, преобразовать, если в этом есть необходимость, и представить в удобной для дальнейшего использования форме. Исходя из практики [4] в порядке убывания восприятия данных для человека это:

- изображение;
- звук;
- текст.

Сюда следует добавить элементы усиливающие восприятие данных:

- структура взаимодействия элементов данных (форма);
- статичность или динамичность (действие или анимация).

Все это оказывает значительное влияние как на поиск информации, так и на ее преобразование и представление [5], [6], [7], [8]. Поисковые системы обычно называются парсерами, а процесс поиска – парсингом.

Сделаем поиск и анализа данных на сайте Avito.ru. В качестве сред разработки под Java используют Android Studio, NetBeans, Eclipse, IntelliJ IDEA. Для создания приложения использовано:

- среда разработки IntelliJ IDEA в связке с Java;
- JDK (Java Development Kit) - бесплатно распространяемый компанией Oracle Corporation комплект разработчика приложений на языке Java, включающий в себя компилятор, стандартные библиотеки классов, примеры, документацию, различные утилиты и исполнительную систему;
- Jsoup - Java-библиотека, предназначенная для анализа HTML-страниц, позволяя извлечь необходимые данные, используя DOM, CSS и методы в стиле jQuery (JavaScript-библиотека). Jsoup поддерживает спецификации HTML5 и позволяет парсить интернет-страницы.

Объявляем общий класс, в котором будет храниться информация для ссылок и содержащий два поля для указателя ресурсов и имени. Добавляем список, в котором будем хранить данные:

```
List<article> articleList = new ArrayList<>().
```

Используем класс document, который входит в поставку к библиотеке Jsoup. Создаем переменную, которая будет иметь значение из ссылки на страницу и указываем ее в поле, к которому должны подключиться:

```
Document doc = Jsoup.connect(stranica).get();
```

Далее выполняем чтение извлечение и обработку данных считанного документа, для этого используем класс Elements:

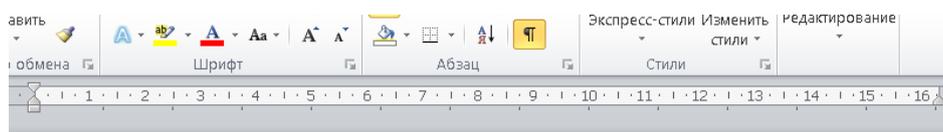
```
Elements h3Elements = doc.getElementsByAttributeValue  
("class", "title item-description-title").
```

Таким образом получим элементы h3 заголовков товаров из загруженной страницы сайта. Далее для каждого h3 вызывая метод text находим внутреннее содержимое заголовка товара и добавляем в список :

```
articleList.add(new article(url, name)).
```

Вывод данных осуществляем в консоль и файл с помощью System.out, FileWriter и BufferedWriter. Для работы с документами пакета Microsoft Office на Java подключаем библиотеку Apache POI, включающую API для чтения и создания новых документов Word, Excel, Visio, и работы с другими форматами файлов MS Office [9].

Результат работы программы с запросом «мотоблок» (рис.4) занимает четыре страницы текста в MS Word.



```
name: ·Мотоблок·нева·мб-2с-7.5·Subaru·EX21¶
url: ·https://avito.ru/perm/remont_i_stroitelstvo/motoblok_neva_mb-2s-
7.5_subaru_ex21_483482412¶
¶
name: ·Мотоблок·энергопром·мб-850·shineray¶
url: ·https://avito.ru/perm/remont_i_stroitelstvo/motoblok_energoprom_mb-
850-shineray_1168106641¶
¶
name: ·Мотоблок·нева·мб-23н-9.0·PRO·honda·9·л.·с¶
url: ·https://avito.ru/perm/remont_i_stroitelstvo/motoblok_neva_mb-23н-
9.0_pro_honda_9_l._s_499253732¶
¶
name: ·Мотоблок·brait-135·G·9.0·л.·с¶
url: ·https://avito.ru/perm/remont_i_stroitelstvo/motoblok_brait-
135_g_9.0_l._s_557655678¶
¶
```

Рис. 4. Результат обработки данных с сайта

Список литературы

1. Operating System Market Share Worldwide Jan 2013 – Feb 2018 [Электронный ресурс] URL: <http://gs.statcounter.com/os-market-share#monthly-201301-201802-bar> (дата обращения: 09.03.18).
2. Operating System Market Share Worldwide Jan 2013 – Feb 2018 [Электронный ресурс] URL: <http://gs.statcounter.com/os-market-share#monthly-201301-201802> (дата обращения: 09.03.18).
3. Desktop Operating System Market Share Worldwide Jan 2013 – Feb 2018 [Электронный ресурс] URL: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide#monthly-201301-201802> (дата обращения: 09.03.18).
4. E. Dale, Audiovisual methods in teaching, Dryden Press, 1969, 719p.
5. Парсинг - что такое и где используется [Электронный ресурс] URL: <https://www.ipipe.ru/info/parsing.html> (дата обращения: 09.03.18).
6. Для чего нужен парсер? [Электронный ресурс] URL: <http://web-data-extractor.net/vam-puzhen-parser> (дата обращения: 09.03.18).
7. Распарсить HTML в .NET и выжить: анализ и сравнение библиотек [Электронный ресурс] URL: <https://habrahabr.ru/post/273807/> (дата обращения: 09.03.18).
8. Чтение Excel (xls,xlsx) файла в Java с помощью Apache POI [Электронный ресурс] URL: <http://javadevblog.com/rabotaem-s-excel-v-java.html> (дата обращения: 09.03.18).
9. Обзор библиотеки Apache POI — работа с приложениями пакета Microsoft Office в Java [Электронный ресурс] URL: <http://javadevblog.com/rabotaem-s-excel-v-java.html> (дата обращения: 09.03.18).

05.13.11

С.Л. Сьянов канд.тех.наук, Р.А. Хасанов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
кафедра вычислительной математики и механики,
Пермь, hydrolics@ya.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА JAVA ДЛЯ СОЗДАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ANDROID

DOI: 10.24153/2079-5920-2018-8-3-71-73

В работе представлены результаты разработки мультимедийного приложения на языке программирования Java под операционную систему Android. Приведены алгоритмы генерации и взаимодействия мультимедиа данных.

Ключевые слова: Java, Android, алгоритм, мультимедиа.

По обновляющимся данным Global Stats [1], начиная с начала 2017 года, количество продаж мобильных систем превысило настольные системы (рис.1).

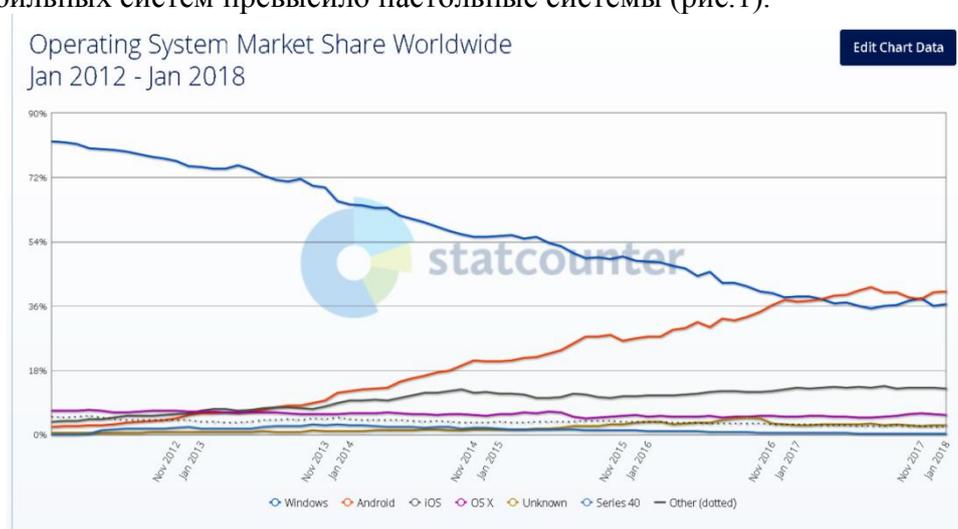


Рис. 1. Продажи операционных систем за 2012 - январь 2018 года

Из рис.1 следует, что на начало 2018 года лидером операционных систем по установкам является Android. С одной стороны, такая тенденция связана прежде всего с расширяющимся рынком мобильных платформ и с другой - внедрением таких платформ на стационарные системы, такие как бытовая техника, включая телевидение. Новые поколения бытовой техники стали иметь возможность выхода в Интернет и взаимодействия с ним. Наметившийся рост мобильных операционных систем привел к тому, что системы разработки программного обеспечения, непосредственно связанные с этими платформами, получили точно такой же импульс развития. И это прежде всего нативные приложения. Базовым языком программирования под операционную систему Android стал Java, традиционно занимающий последние годы призовые места. Сможет ли его подвинуть Microsoft с Visual Studio – вопрос спорный. Но попытка сделана. Это платформа Xamarin для создания нативных приложений iOS, Android и Windows из общего кода C# или .NET, работающая в связке с бесплатной Visual Studio Community. Для веб-решений на HTML и JavaScript создание приложений для операционных систем Windows, Android и iOS осуществляется с помощью средств Visual Studio для Apache Cordova с предоставлением единого API-интерфейса JavaScript на всех операционных системах. Единственной пожалуй проблемой для массового внедрения Visual Studio на мобильные платформы остается наличие у разработчиков Java уже сделанных шаблонов. Что быстрее – воспользоваться шаблонами нативных приложений, но работать на разных платформах или работать в одной

кроссплатформенной платформе, но не имея пока шаблонов проектов? Однако работа на одном языке и в единой среде, поддерживающей кроссплатформенность может обеспечить более быстрый выход программного продукта для Windows, Android, iOS – как наиболее востребованные на рынке. Такая работа чем-то похожа на автомобильный конвейер, где все быстро и слаженно. По данным [2] коды приложений, полученные в Visual Studio, не уступили по производительности нативным приложениям. Варианты разработок приложений на мобильных платформах представлены в [3] - [8], где перед разработкой мобильного приложения ориентируются как на среду разработки, так и на язык программирования. Для приложений под Android кроме Java, C#, C++ используются и другие языки программирования, такие как Python, Kotlin и Lua. В качестве сред разработки под Java используют Android Studio, NetBeans, Eclipse, IntelliJ IDEA.

Для создания мобильного приложения была использована среда разработки Android Studio в связке с Java. В качестве приложения создавался лабиринт. Основные использованные библиотеки: стандартные библиотеки, графические библиотеки: Canvas (отвечает за область рисования), Rect (отвечает за рисование прямоугольников), Paint (содержит графическую информацию и позволяет выбрать способ отображения простейших графических объектов), Color (отвечает за цвет), а также библиотеки Bundle (для обработки нажатия), Gesture Director (позволяет обрабатывать жесты) и Monitor Event (в ней хранятся все действия, по нажатию на экран, их длительности, частоте, координаты касаний и т.д.). Прежде всего, лабиринт – это ходы, поэтому первое, что необходимо сделать – нарисовать их. Чтобы не прописывать каждый уровень по отдельности воспользуемся генератором случайных чисел для реализации алгоритма рисования новых конфигураций ходов.

Первоначально создаём замкнутую внешнюю границу лабиринта. Внутри внешней границы формируем лабиринт. Берём верхнюю левую точку под границами лабиринта. Из неё начинаем рисовать ход. Выбираем случайно направление и двигаемся на единицу, затем снова случайно выбираем направление и двигаемся дальше. В качестве единицы используем характерный размер исходя из разрешения экрана и размерности массива клеток по соответствующим осям. Если вдруг алгоритм генерации ходов зашёл в тупик, то он возвращается по уже сформированному пути назад до тех пор, пока не появится клетка, на которой будет возможность сделать ответвление. То есть алгоритм проверяет, можно ли идти от клетки в какую-то сторону или нет.

Далее рисуем точку выхода и перехода на следующий уровень, а затем игрока в виде квадрата. Его координаты вычисляем алгоритмом движения по «ходам», находя самую удалённую точку от выхода. Метод onFling из библиотеки MotionEvent используем для обработки события нажатия на экран при движении игрока. Координаты начала и конца касания экрана необходимы при вычислении траектории движения и отображения. При равенстве координат «игрока» и «выхода» переходим на новый уровень и перерисовываем лабиринт, усложняя его. Результаты работы программы (рис.2).

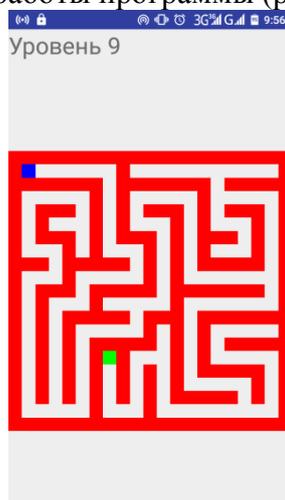


Рис. 2. Окно работы программы на Android

Для создания мультимедийных приложений используют не только Canvas, но и LibGDX [9]- кроссплатформенный фреймворк для разработки игр и приложений, основанный на языке программирования Java с некоторыми компонентами, написанными на C и C++ для повышения производительности определенного кода. В настоящее время поддерживаются Windows, Linux, Mac OS X, Android, iOS и HTML5. Так же как и с приложением на Canvas создаются соответствующие классы, согласно принципам объектно-ориентированного программирования. Это обычно видимые объекты, участвующие в приложении, классы изменений и прорисовки этих объектов, классы обработки сенсоров и создаются классы ресурсов: текстуры, звуковые файлы, шрифты. Из LibGDX используют Gdx.math - классы для создания геометрии объектов, обнаружения их столкновения. Это позволяет упростить логику взаимодействия геометрических объектов, используя метод overlaps, в параметры которого передаем два геометрических объекта, проверяемых на столкновение. Gdx.graphics - классы для графики, отрисовки текстур и геометрических форм, создания анимации, работы со шрифтами. Gdx.Screen - интерфейс для работы с экраном приложения, например, прорисовка объектов на экране, разворачивание, скрывание, изменение размера игрового окна приложения и т.д. Gdx.Preferences - интерфейс для сохранения различных значений в хэш-карте. Gdx.audio.Sound - класс для добавления аудиофайлов и работы с ними. Gdx.InputProcessor - интерфейс для приема и обработки входных данных с сенсорного экрана. Метод touchdown и touchup возвращает true или false в зависимости от того, было ли событие касания и отрыва от поверхности экрана и используется при расчете траектории объекта. Результаты работы программы, реализованной на LibGDX, аналогичны Canvas.

Список литературы

1. Operating System Market Share Worldwide Jan 2012 – Jan 2018 [Электронный ресурс] URL: <http://gs.statcounter.com/os-market-share#monthly-201201-201801> (дата обращения: 12.02.18).
2. На чем писать мобильные приложения: сравниваем Intel XDK, NativeScript и Xamarin [Электронный ресурс] URL: <https://xakep.ru/2017/04/25/mobile-development-tools-2> (дата обращения: 12.02.18).
3. Кроссплатформенная разработка для мобильных устройств в Visual Studio [Электронный ресурс] URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/cross-platform/cross-platform-mobile-development-in-visual-studio> (дата обращения: 12.02.18).
4. Подробности о разработке мобильных приложений с использованием Xamarin [Электронный ресурс] URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/cross-platform/learn-about-mobile-development-with-xamarin> (дата обращения: 12.02.18).
5. Xamarin [Электронный ресурс] URL: <https://www.xamarin.com/forms> (дата обращения: 12.02.18).
6. Xamarin и кросс-платформенная разработка [Электронный ресурс] URL: <https://metanit.com/sharp/xamarin/1.1.php> (дата обращения: 12.02.18).
7. Шматко А.В., Федорченко В.Н. Обзор и анализ инструментов разработки мобильных приложений для ОС Android // Инновации в науке. 2016. №57-1.С.59-73.
8. Цехнер М. Программирование игр. – Санкт-Петербург: Питер, 2013. – 688 с.
9. LibGDX 1.9.8 [Электронный ресурс] URL: <http://www.badlogicgames.com/wordpress/> (дата обращения: 12.02.18).

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

О.Е. Антоненкова, Н.А. Часова

**ПОСТРОЕНИЕ n -ГАРМОНИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ В
ВЕРХНЕМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ КОМПЛЕКСНОГО
ПРОСТРАНСТВА ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
ОПЕРАТОРОВ С ДРОБНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ЯДРА
ПУАССОНА***Ключевые слова: интегральный проектор, ядро Пуассона, n -гармоническая функция, верхнее полупространство.**В работе вводятся весовые пространства $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ n -гармонических в верхнем полупространстве C_+^n функций. Получено интегральное представление функций из $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$, где $\vec{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_j > 0$, $\vec{p} = (p_1, \dots, p_n)$, $\vec{q} = (q_1, \dots, q_n)$, $1 \leq p_j, q_j < +\infty$. Строится интегральный проектор из пространств $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ на $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ при указанных \vec{p} и \vec{q} .*

O.E. Antonenkova, N.A. Chasova

**CONSTRUCTION OF THE n -HARMONIC PROJECTION
ON THE UPPER HALF-SPACE OF COMPLEX SPACE BY
MEANS OF INTEGRATED OPERATORS WITH
FRACTIONAL DERIVATIVES OF THE POISSON KERNEL***Keywords: integral projection, Poisson kernel, n -harmonic function, upper half-space.**In the paper the weighted spaces $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ of n -harmonic functions in the upper half-space C_+^n are introduced. The integral representation for functions belonging to $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$, where $\vec{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_j > 0$, $\vec{p} = (p_1, \dots, p_n)$, $\vec{q} = (q_1, \dots, q_n)$, $1 \leq p_j, q_j < +\infty$, is obtained. The integral projection that sends the space $L_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ onto the $h_{\vec{\alpha}}^{\vec{p}, \vec{q}}(C_+^n)$ for specified \vec{p} and \vec{q} is constructed.*

С.В. Рогатых

**КОНДИЦИОННОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ТРАДИЦИОННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ
ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ МЕДНО-
НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАНУЧ (КАМЧАТКА)***Ключевые слова: питательная среда, хемолитотрофные микроорганизмы, биовыщелачивание, источники окисления.**В работе представлены результаты изучения питательных сред для выращивания хемолитотрофных микроорганизмов, выделенных из окисленной и неокисленной сульфидной руды медно-никелевого месторождения Шануч (полуостров Камчатка). Анализ библиотеки клонированных ПЦР-продуктов тотальной ДНК из описанных питательных сред показал многообразие выращенных на них микроорганизмов, в том числе архей.*

S.V. Rogatykh

**CONDITION OF CHEMICAL COMPOSITION OF
TRADITIONAL NUTRIENT ENVIRONMENTS FOR
CHEMOLITHOTROPHIC MICROORGANISMS OF
COPPER-NICKEL DEPOSIT SHANUCH (KAMCHATKA)***Keywords: nutrient medium, chemolithotrophic microorganisms, bioleaching, sources of oxidation.**The paper presents the results of studying nutrient media for growing chemolithotrophic microorganisms isolated from oxidized and unoxidized sulfide ore of the copper-nickel deposit Shanuch (Kamchatka Peninsula). Analysis of the library of cloned PCR products of total DNA from the described nutrient media showed a variety of microorganisms grown on them, including archaea.*

В.В. Семченко, Н.П. Шабельская, Е.В. Сулима

**ПРОБЛЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ДЕЛАФОССИТА В ОКСИДНОЙ
МЕДЬ-ХРОМОВОЙ СИСТЕМЕ***Ключевые слова: делафоссит, шпинель, оксиды меди и хрома.**В работе изучены условия формирования структуры образцов на основе хромитов меди (I) и меди (II). Показано, что наиболее существенным фактором, способствующим формированию делафоссита $CuCrO_2$ или шпинели $CuCr_2O_4$ в системе, содержащей Cu и Cr, является температурный режим термообработки. Обсуждены условия получения чистых фаз шпинели и делафоссита.*

V.V. Semchenko, N.P. Shabel'skaya, E.V. Sulima

**THE PROBLEM OF EDUCATION DELAFOSSITE OXIDE-
COPPER-TEMPLE SYSTEM***Keywords: delafossite, spinel, oxides of copper and chromium. The paper studies the conditions of sample structure formation based on copper (I) and copper (II) chromites. It is shown that the most significant factor contributing to the formation of delafossite $CuCrO_2$ or spinel $CuCr_2O_4$ in the system containing Cu and Cr is the temperature regime of heat treatment. Conditions for obtaining pure spinel and delafossite phases were discussed.*Н.А. Абышев, М.А. Васильев, А.В. Ключников, Н.Е. Пагокина
**ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЛИК И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СТЕНДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЦИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ***Ключевые слова: измерительный стенд, масса, центр масс, ось инерции, момент инерции, астатический маятник, период колебаний.**В работе рассмотрена конструкция стенда, реализующего метод качающейся платформы, обеспечивающего измерение координат центра масс и моментов инерции летательных аппаратов, обладающих значительной длиной и развитым оперением. Рассмотрена методика выполнения измерений. Приведены характеристики инструментальной точности, полученные при метрологической аттестации стенда.*N.A. Abyshev, M.A. Vassilyev, A.V. Klyuchnikov,
N.E. Patokina**DESIGN AND METHODOLOGY OF STAND INTENDED
FOR MEASURE THE FLYING VEHICLES' MASS-
INERTIA CHARACTERISTICS***Keywords: measuring stand, mass, centre of mass, axis of inertia, moment of inertia, nonstatical pendulum, period of oscillations.**Design of stand and method of measure the mass-inertia characteristics of long flying vehicles equipped with plumage, are considered in this paper. The stand realizes the method of swing platform. Parameters of instrumental accuracy of the stand are shown in the work. These parameters were received during metrological certification of the stand.*

С.Н. Антропов, А.П. Буйносов

**О КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ
ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ЛОКОМОТИВОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ***Ключевые слова: локомотив, поколение, новое, платформа, универсальная, концепция, развитие.*

S.N. Antropov, A.P. Buinosov

**ON THE DEVELOPMENT OF UNIVERSAL PLATFORMS
FOR NEW GENERATION LOCOMOTIVES***Keywords: locomotive, generation, new, platform, multi-purpose, concept, development.*

В статье приводится концепция развития базовой, универсальной платформы для локомотивов нового поколения, являющейся инновационным этапом развития железнодорожного машиностроения в России. Блочная конструкция принципиально новых локомотивов позволит значительно снизить затраты на производство и ремонт при существенном увеличении их надежности.

The article presents the concept of development of the basic, universal platform for locomotives of the new generation, which is an innovative stage of development of railway engineering in Russia. Block construction of fundamentally new locomotives will significantly reduce the cost of production and repair with a significant increase in their reliability.

А.П. Буйносов, С.И. Лаптев

АНАЛИЗ ИЗНОСА БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЭЛЕКТРОВЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА НП1

Ключевые слова: промышленность, транспорт, электровоз, НП1, колесная пара, бандаж, износ анализ.

В статье приводятся результаты выполненного анализа статистических данных о выходе из строя бандажных колесных пар. Рассматриваются способы снижения износа гребневой части колесных пар электровозов НП1 в ОАО «ЕВРАЗ КГОК» без значительных затрат.

A.P. Buiosov, S.I. Laptev

ANALYSIS OF WEAR OF TIRES OF WHEEL PAIRS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES OF INDUSTRIAL TRANSPORT NP1

Keywords: industry, transport, locomotive, NP1, wheelset, bandage, wear analysis.

The article presents the results of the analysis of statistical data on the failure of bandage wheel sets. The ways of reducing the wear of the crest of the wheel pairs of electric locomotives NP1 in PLC «EVRAZ KGOK» without significant costs are considered.

Е.В. Сорокин

ОТРАБОТКА ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ГЕНЕРАЦИИ ШУМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Ключевые слова: шум взаимодействия, измерения шума в дальнем поле, численное моделирование, модели турбулентности, акустические аналогии.

Представлена модель генерации шума при взаимодействии воздушной струи с цилиндрическим телом. Моделирование проводится в два этапа: газодинамический расчет с использованием гибридной RANS/LES модели турбулентности; акустический расчет с помощью интегрального метода Фокса-Вильямса - Хокингса. Для верификации акустического расчета проведен натурный эксперимент. Отмечено качественно близкое изменение расчетного спектра шума к экспериментальному. Описаны причины количественного расхождения результатов.

E.V. Sorokin

TESTING NUMERICAL MODEL OF GENERATION OF JET-BODY INTERACTION NOISE

Keywords: jet-body interaction noise, far field noise measurement, numerical simulation, turbulence model, acoustic analogy.

A model of noise generation in the interaction of air jet with cylindrical body is presented. Simulation is carried out in two stages: gas-dynamic calculation using the hybrid RANS / LES model of turbulence; acoustic calculation using the Ffowcs Williams - Hawkings integral method. To verify the acoustic calculation, a natural experiment was carried out. It is noted that calculated noise spectrum is qualitatively close to the experimental one. The reasons for the quantitative discrepancy of the results are described.

А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЕЩЕСТВ: ИДЕИ, РЕАЛИЗАЦИИ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Ключевые слова: термический анализ веществ (ТА), дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), анизотропный термоэлемент, микровключения, чувствительность, полиморфные модификации, α и β галлий, дифференциальный микроваттметр, фазовый переход, плавление, кристаллизация, патент.

Разработан термический анализ (ТА), основанный на авторской дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК), сочетающей высокую чувствительность порог обнаруживаемой мощности 10^{-7} Вт с уникальным быстродействием 10^{-2} с. В качестве теплового сенсора применена батарея из анизотропных термоэлементов (АТЭ) из висмута. При термическом анализе арсенида галлия $m=1$ мг, приготовленного в виде порошка, дисперсность которого 0,1 мг, зарегистрированы отклики при кристаллизации микровключений галлия на уровне 0,15 мкВт, что соответствует абсолютной и относительной чувствительности на уровне 10^{-10} г и 10^{-5} %, соответственно. Получен патент на изобретение.

A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov

THERMOANALYSIS OF SUBSTANCES: IDEAS, IMPLEMENTATION, RESULTS

Keywords: thermal substance analysis (TA), differential – scanning calorimetry (DSC), anisotropic thermoelements (ATE), microinclusions, sensitivity, polymorphs, α and β gallium, differential microwattmeter, phase transition, melting, crystallization, patent.

There has been developed a thermal analysis (TA) based on differentially – scanning calorimetry (DSC) combining high sensitivity of power detection threshold of 10^{-7} W with unique response speed 10^{-2} s. In the capacity of thermal sensors a battery from anisotropic thermal elements (ATE) of bismuth is used. While thermal analysis of gallium arsenide $m=1$ mg, prepared in powdered form the dispersivity of which is 0,1 mg there recorded feedbacks during solidification of gallium microinclusion on the level of 0,15 μ W that is corresponding to absolute and relative sensitivity on the level of 10^{-10} g and 10^{-5} % consequently. Received a patent for the invention.

Д.В. Бережной, М.Ф. Шамим, И.С. Балафендиева ПОСТРОЕНИЕ ЧИСЛЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ФРИКЦИОННЫХ РАЗЪЕМОВ

Ключевые слова: упругопластическое деформирование, фрикционный разъем, метод конечных элементов, контактное взаимодействие.

В рамках конечно-элементной методики реализован подход к решению задач создания фрикционных разъемов. В рамках геометрически нелинейного подхода к описанию

D.V. Berezhnoi, M.R. Shamim, I.S. Balafendieva CONSTRUCTION OF NUMERICAL METHODS FOR CALCULATING THE PROCESSES OF CREATION AND OPERATION OF FRICTION CONNECTORS

Keywords: elastoplastic deformation, friction connector, finite element method, contact interaction

Within the framework of the finite-element technique, an approach to solving the problems of creating friction connectors is realized. In the framework of a geometrically nonlinear approach to the description of deformation on the

деформирования на основе определяющих соотношений между приращениями истинных напряжений и деформаций дана статическая постановка упругопластических задач трехмерных конструкций сложной геометрии. Алгоритм решения построен на основе «модифицированного подхода Лагранжа» к описанию движения. На основе предложенной методики решена трехмерная задача деформирования фрикционного разъема при его создании и эксплуатации. Было исследовано влияние величины угла закручивания неподвижной части разъема при его создании и температурного режима при эксплуатации на максимальную величину вырывного усилия штыря при их разъединении, построены зависимости изменения вырывного усилия от величины смещения штыря при соединении и разъединении фрикционного разъема.

basis of determining relations between increments of true stresses and deformations, a static formulation of elastoplastic problems of three-dimensional structures of complex geometry is given. The algorithm of the solution is based on the "modified Lagrange approach" to the description of motion. On the basis of the proposed technique, the three-dimensional problem of deformation of the friction connector during its creation and operation is solved. The influence of the value of the twisting angle of the fixed part of the connector during its creation and the temperature regime during operation on the maximum value of the breakout force of the pin when they were disconnected was studied, the dependences of the change in the tear force on the displacement of the pin on connection and disconnection of the friction connector were made.

Н.Н. Бурзуева, Я.А. Мостовой
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА
ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ YOUTUBE API
SERVICES С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО
НАДЕЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Ключевые слова: Надежность вычислительных машин и их программного обеспечения, марковский случайный процесс, модель Джелинского-Моранды, метод наименьших квадратов. Предложены две дополняющие друг друга математические модели проявления ошибок (изменений) в программном обеспечении: дискретная и непрерывная, опирающиеся на параметры, вытекающие из гипотезы «Джелинского-Моранды», определенные по статистике проявления ошибок программного обеспечения во времени. Расчёт показателей надёжности программного обеспечения проводился применительно к интерфейсу прикладного программирования YouTube (YouTube Application Programming Interface Services). Проведены расчеты по собранным статистическим данным технической поддержки Google Issue Tracker по возникновению ошибок (изменений) за девять месяцев по YouTube Application Programming Interface Services и с заданной вероятностью определен интервал времени, через который в программном обеспечении будут отсутствовать ошибки (изменения).

N.N. Burzueva, J.A. Mostovoi
THEORETICAL ANALYSIS AND EXPERIMENTAL
INVESTIGATIONS OF INTERFACE OF YOUTUBE API
SERVICES FOR THE DETERMINATION OF ITS
RELIABILITY CHARACTERISTICS

Keywords: Reliability of computers and their software, Markov process, Jelinsky-Moranda model, least square method. Two complementary mathematical models for the manifestation of errors (changes) in software are proposed: a discrete model for determining the reliability of software and a continuous model of manifestation of errors, based on the parameters derived from the Jelinsky-Moranda hypothesis, determined from the statistics of the manifestation of software errors in time. The calculation of software reliability indicators was carried out with reference to YouTube Application Programming Interface Services. Calculations were carried out for the collected statistics of technical support for Google Issue Tracker for the occurrence of errors (changes) in the nine months of the YouTube Application Programming Interface Services and with a predetermined probability a time interval is defined through which the software will not have errors (change).

Т.В. Гаибова, М.С. Анкудинов
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМА
ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ
РЕСУРСОВ

Ключевые слова: проектные ресурсы, алгоритм оптимального планирования, уровень технологической мощности, экспериментальная апробация. В статье описана методика экспериментальной апробации алгоритма оптимального планирования ресурсов в рамках жизненного цикла проекта с учетом ресурсоемкости инвестиционной и эксплуатационной стадии. Представлены результаты проведения кластерного анализа проектов по уровню их технологической мощности. Описаны результаты экспериментальной апробации разработанного алгоритма для планирования ресурсов на эксплуатационной стадии проекта.

T.V. Gaibova, M.S. Ankudinov
EXPERIMENTAL APPROBATION OF ALGORITHM
OPTIMAL PLANNING OF PROJECT RESOURCES
Keywords: project resources, algorithm of optimal planning, level of technological capacity, experimental approbation. The article describes the technique of experimental approbation of the algorithm of optimal resource planning within the life cycle of the project, taking into account the resource intensity of the investment and operational stage. The results of cluster analysis of projects on the level of their technological capacity are presented. The results of experimental approbation of the developed algorithm for the planning of resources at the operational stage of the project are described.

Т.А. Деменкова, Г.С. Кожевников
МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОГРАММНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ОБУЧЕНИЯ

Ключевые слова: средства дистанционного обучения, программная модель, распределенные компоненты, параллельные процессы. Работа посвящена актуальной проблеме разработки систем дистанционного обучения с использованием современных информационных технологий. Описывается сервис-ориентированная архитектура программной модели такой системы и основные принципы функционирования, проводится ее исследование. Рассматривается представление этой модели в качестве дискретной системы с целью решения и

T.A. Demenkova, G.S. Kozhevnikov
METHODS OF CONSTRUCTION AND RESEARCH OF
PROGRAM MODEL OF DISTANCE LEARNING SYSTEM
Keywords: means of distance learning, software model, distributed components, parallel processes. The work is devoted to the actual problem of the development of distance learning systems using modern information technologies. The service-oriented architecture of the software model of such a system and the basic principles of its functioning are described, and its investigation is carried out. The representation of this model as a discrete system is considered with the aim of solving and investigating the problems of efficient functioning of parallel processes using distributed components.

исследования проблем эффективного функционирования параллельных процессов с использованием распределенных компонентов.

К.А. Панасюк, А.Д. Тарасов
ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ В ЗАДАЧЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Ключевые слова: информационная компьютерная сеть, аппаратные средства защиты, стандартный генетический алгоритм, многокритериальная оптимизация.

Рассматривается решение задачи проектирования оптимальной системы защиты информационной сети. Используется стандартный генетический алгоритм. Описывается процесс многокритериальной оптимизации.

А.Б. Сорокин, Д.В. Петкевич, В.И. Тихвинский
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА СИТУАЦИОННОГО
АНАЛИЗА И ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА

Ключевые слова: ситуационный анализ, деятельностный подход, имитационная динамическая модель.

Предложена оригинальная методика для разработки имитационных динамических моделей. Методика основана на синтезе ситуационного анализа и деятельностного подхода. В результате реализуется структура релевантная диаграмме потоков и уровней.

Б.А. Староверов, В.Н. Шведенко
МЕТОД СИНТЕЗА АНСАМБЛЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ключевые слова: прогнозирование, электропотребление, ансамбль нейронных сетей, метод синтеза, алгоритм программы.

Предложено повысить универсальность информационной системы прогнозирования электропотребления за счет применения ансамбля искусственных нейронных сетей. Разработан метод выбора нейронных сетей по минимуму средних и мгновенных показателей погрешностей прогнозирования и отбор их для ансамбля сетей по критерию взаимной компенсации погрешностей.

С.Л. Сьянов, С.Г. Лекомцев
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ JAVA
ДЛЯ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРНЕТ

Ключевые слова: Java, поиск, фильтрация, Microsoft Office.

В работе представлены результаты разработки приложения на языке программирования Java для поиска и сохранения информации с сайта Avito.ru. Приведены программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем на основе Интернет технологий и Microsoft Office.

С.Л. Сьянов, Р.А. Хасанов
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА JAVA ДЛЯ СОЗДАНИЯ
МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ANDROID

Ключевые слова: Java, Android, алгоритм, мультимедиа.

В работе представлены результаты разработки мультимедийного приложения на языке программирования Java под операционную систему Android. Приведены алгоритмы генерации и взаимодействия мультимедиа данных.

К.А. Panasyuk, A.D. Tarasov
GENETIC ALGORITHM USED IN PROBLEM OF
INFORMATION COMPUTER NETWORK PROTECTION
SYSTEM DESIGNING

Keywords: information computer network, hardware protection, Standard Genetic Algorithm, multi-criteria optimization.

Optimal information network protection system designing problem solving is considered. A Standard Genetic Algorithm is used. Multi-criteria optimization process is described.

A.B. Sorokin, D.V. Petkevich, V.I. Tihvinskij
DESIGN OF SIMULATION DYNAMIC MODELS BASED
ON SYNTHESIS OF SITUATIONAL ANALYSIS AND
ACTIVITY APPROACH

Keywords: situational analysis, activity approach, simulation dynamic model.

An original technique for the development of simulation dynamic models is proposed. The technique is based on the synthesis of situational analysis and activity approach. The outcome is the structure of the relevant flow and levels diagram.

B.A. Staroverov, V.N. Shvedenko
SYNTHESIS METHOD OF NEURAL NETWORKS
ENSEMBLE FOR ELECTRICAL ENERGY
CONSUMPTION FORECAST

Keywords: forecast, electrical energy consumption, neural networks ensemble, synthesis method, program algorithm.

Is suggested to increase information system for electrical energy consumption forecast universality due to artificial neural networks ensemble application. Method to choose neural networks according to minimum of average and instantaneous forecast errors and to select them for network ensemble by criterion of mutual error compensation is developed.

S.L. Syanov, S.G. Lekomtsev
THE USE OF THE JAVA PROGRAMMING LANGUAGE
FOR FINDING INFORMATION IN THE INTERNET

Keywords: Java, search, filtering, Microsoft Office.

The paper presents the results of developing applications on the Java programming language for searching and saving information from the website Avito.ru. Software tools for organization of interaction of programs and software systems on the basis of Internet technologies and Microsoft Office are given.

S.L. Syanov, R.A. Hasanov
THE USE OF THE JAVA LANGUAGE FOR CREATING
MULTIMEDIA APPLICATIONS ON ANDROID

Keywords: Java, Android, algorithm, multimedia.

The paper presents the results of developing a multimedia application in the Java programming language for the Android operating system. Algorithms of generation and interaction of multimedia data is considered.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья" ООО "Научно-технический вестник Поволжья" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№3 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

www.ntvp.ru

Свидетельство № ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Подписано в печать 20.03.2018 Формат 60 x 84 1/8. Печать цифровая.

4,3 усл.печ.л. 5,0 уч.изд.л. Тираж 900 экз. Заказ 1114.

Учредитель: ООО "Научно-технический вестник Поволжья"

420021, Республика Татарстан, Казань,

ул. З.Султана, д.17а, оф. 19

Адрес редакции, издателя и типографии совпадают с адресом учредителя

Цена свободная.

© Научно-технический вестник Поволжья

тел.(843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Научно-технический вестник Поволжья»