

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

Учёный

ежемесячный научный журнал



8

2013

Часть I

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 8 (55) / 2013

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Ответственный редактор: Кайнова Галина Анатольевна

Художник: Евгений Шишков

Верстка: Павел Бурьянов

На обложке изображен Николай Васильевич Склифосовский — выдающийся русский хирург и учёный.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»

127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Андрейчик М.Н., Коптенко Е.В., Орлова А.А.**
Интегральные операторы с ядрами типа Бергмана в пространствах аналитических функций с заданным модулем непрерывности.....1
- Егоров А.Г.**
Модель изменений в демографических показателях малого населенного пункта 5
- Фомичёва И.Б., Турусова Н.Г.**
Современные подходы к подготовке и проведению уроков математики с использованием информационных компьютерных технологий 10

ФИЗИКА

- Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Козлов А.М., Бесклеткин В.В., Бойко Д.Ю., Киряков Г.А., Чернов М.В., Королев О.А.**
Моделирование линейного асинхронного двигателя с укладкой обмотки индуктора ($Z_1 = 12$) через спинку ярма13
- Якушова Н.Д.**
Модифицирование селективных и газочувствительных свойств сенсоров путем легирования32

ХИМИЯ

- Алиева Р.А., Басаргин Н.Н., Гаджиева С.Р., Алиева Т.И., Чырагов Ф.М., Велиева З.Т.**
Фотометрическое определение скандия (III) с бис (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в присутствии третьего компонента35
- Пронин И.А.**
Анализ каталитических и адсорбционных свойств d-металлов-модификаторов диоксида олова... 40

- Шмаль И.И.**
Метод расчета нестационарных изменений концентрации в выпарных установках42
- Шмаль И.И.**
Проблемы моделирования кристаллизации44
- Якушова Н.Д.**
Получение оксидных материалов методом алкокситехнологии.....47

ИНФОРМАТИКА

- Дупленко А.Г.**
Сравнительный анализ алгоритмов сортировки данных в массивах 50
- Зыкова Ю.В.**
Разработка сложных распределённых информационных систем.....53
- Ляпунцова Е.В., Бессонов Д.В.**
Intelligent Evolutionary Studio — программное обеспечение для машинного обучения искусственных нейронных сетей55
- Селезнев С.В., Мамонтов Д.В.**
Обзор технологий виртуализации..... 60
- Четвериков М.А.**
Применение средств Wolfram Mathematica для создания интерактивных иллюстраций.....62

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Адаменко Н.И., Палант А.Ю.**
The Stochastic Model of Reliability for City Public Transport Operation..... 67
- Белорус А.О.**
Применение пористого кремния в биомедицине69

Биксаев А.Ш., Сенюшкин Н.С., Лоскутников А.А., Белобровина М.В., Салимова И.И., Жеребило В.Ю. Анализ методов защиты авиационных газотурбинных двигателей от вредных факторов среды эксплуатации	75
Бильфельд Н.В. Использование пассивного эксперимента при идентификации объектов управления с изменяющимися свойствами	77
Гора С.Ю., Лопин В.Н. К вопросу о применении и перспективах использования достижений теории хаотических систем в процессах обработки данных	82
Динь Лок Дык Разработка методики определения параметров упрочнения цементацией зубчатых колес при ремонте	85
Ерохин А.С., Ланцова М.В., Нерослов С.В. Разработка системы удаленного энергомониторинга индивидуального теплового пункта корпуса электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета на базе системы Му-JEVis	88
Зарипов О.О. Регулярные алгоритмы устойчивого оценивания состояния динамических систем	90
Крживка В. Диаграмма распределения дневной нагрузки ..	93
Мишурина О.А., Медяник Н.Л., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Комплексная переработка сточных вод с высоким содержанием меди, марганца и железа	102
Мустюков Н.А., Зубкова Т.М. Подбор технологических режимов работы экструдера марки ШТАК-80М 000 «Апрель»... ..	105
Науменко В.В. Разработка методики повышения выполнимости административных регламентов	109
Русин А.Ю., Теркин И.А. Метод улучшения оценок метода максимального правдоподобия в автоматизированной системе ремонта электрооборудования	114
Серова Е.А., Чумовицкая Е.А. Аудит в дистанционном обучении.....	117
Ставер Е.В. Анализ процедур генерации ключей криптографических алгоритмов. Программная реализация теста на оценку энтропии для равномерно распределенных последовательностей Draft SP 800–90b	119

Чабань А.Ю., Асхадуллин Р.Ш., Мартынов П.Н., Китаева Н.К. Выбор оптимального сорбента для очистки эвтектического сплава свинец (44,5%) — висмут (55,5%)	124
---	-----

БИОЛОГИЯ

Спиридонова М.Д. Особенности спектров мощности ЭЭГ при переживании чувства страха	130
---	-----

МЕДИЦИНА

Баянова Н.А., Смирнова С.А. Проблемы кадровой политики в оказании амбулаторно-поликлинической помощи	133
Борщук Е.Л., Тубольцев А.А. Особенности психических расстройств и расстройств поведения в структуре заболеваемости Оренбургской области	134
Гуртовая М.Н., Прокопьев Н.Я., Колунин Е.Т. Возрастные значения частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления мальчиков периода второго детства, страдающих аллергическим ринитом.....	138
Ханенова В.А., Руденко Н.Н. Опыт лечения транспозиции магистральных сосудов методикой предсердного переключения Сеннинга.....	140
Холамов А.И. Monoclonal Antibodies in Immunology and Medicine.....	143
Чуйко А.Н., Левандовский Р.А., Максымов О.О., Беликов А.Б. Об оценке эффективности фиксации полных съёмных протезов	145

ГЕОГРАФИЯ

Атаев З.В., Гаджимурадова З.М., Братков В.В. Длительновременные климатические изменения предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа	155
Боброва О.Ю. Современное состояние, проблемы и перспективы развития нефтяной и газовой промышленности Краснодарского края.....	158

ГЕОЛОГИЯ

Ганеев Д.А. Методический подход к созданию геологических моделей терригенных резервуаров.....	163
---	-----

ЭКОЛОГИЯ

Горячева А.А., Дяркин Р.А.

Экологическое моделирование утилизации
резинотехнических отходов 167

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Кондратюк Н.В.

Корпоративная стратегия предприятий закрытого
производственного цикла для производства
подсолнечника 170

МАТЕМАТИКА

Интегральные операторы с ядрами типа Бергмана в пространствах аналитических функций с заданным модулем непрерывности

Андрейчик Марина Николаевна, магистр;
Коптенок Елизавета Викторовна, магистр;
Орлова Анна Андреевна, магистр

Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского

Введение

Интегральные операторы с ядрами типа Бергмана интенсивно исследовались в последние несколько десятилетий. В течение этого периода по этим вопросам уже опубликованы четыре монографии ([1], [2], [3], [4]). Эти исследования в основном проводились в L_p весовых пространствах аналитических и гармонических функций.

В этой статье исследуется поведение этих операторов в пространствах ограниченных в единичном круге функций, для которых n -ная производная ($n \geq 1$) по одному направлению (либо по радиусу, либо по углу) удовлетворяет определенным оценкам при приближении к единичной окружности. В данной работе, в частности установили, что если непрерывная функция u которой n -ная производная по одному направлению (либо по радиусу, либо по углу) имеет степенной рост порядка α ($0 < \alpha < 1$), то после проектирования на пространство Бергмана, получим аналитическую функцию в единичном круге, удовлетворяющую условию Гельдера порядка $1 - \alpha$ в замкнутом круге. Это показывает, что оператор Бергмана улучшает поведение функции довольно существенно.

Для изложения основных результатов введем следующие обозначения.

Пусть $D = \{z : |z| < 1\}$ — единичный круг на комплексной плоскости \mathbb{C} , φ — некоторая монотонно растущая положительная функция на $\mathbb{R}_+ = [0, +\infty)$, n — неотрицательное целое число, то есть $n \in \mathbb{Z}_+$, $H(D)$ — множество голоморфных функций в D , введем также обозначение

$$A_n(\varphi, D) = \left\{ f \in H(D) : \left| f^{(n)}(z) \right| \leq C_f \varphi \left(\frac{1}{1-|z|} \right), z \in D \right\}, \quad (1)$$

где C_f — некоторое положительное число, зависящее только от f .

Определение. Пусть φ — некоторая монотонно возрастающая функция на \mathbb{R}_+ , причем $\varphi : \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$. Скажем,

что функция принадлежит классу Ω , если существует положительное число c_φ , такое что: $\left| \frac{\varphi'(x)x}{\varphi(x)} \right| \leq c_\varphi$ и $\int_1^x \frac{\varphi(u)}{u} du \leq c_\varphi \cdot \varphi(x), x \in \mathbb{R}_+$.

Через $D_s(\zeta, z)$ обозначим ядро типа Бергмана порядка s , K_s — интегральный оператор с ядром типа Бергмана

D_s . Таким образом, если f измерима в D , при этом $|f(z)| \leq \frac{c}{(1-|z|)^\gamma}, z \in D$ при некоторых $\gamma > 0$, то интегральный оператор $K_s(f)$, определяем следующим образом:

$$K_s(f)(z) = \frac{s+1}{\pi} \int_D \frac{f(\zeta) (1-|\zeta|^2)^s}{(1-\bar{\zeta}z)^{s+2}} d\xi d\eta, \text{ где } \zeta = \xi + i\eta, s > \gamma - 1,$$

который отображает множество таких функций в множество $H(D)$.

Поэтому если φ удовлетворяет оценке $\varphi(x) \leq C\varphi x^\gamma$, при некоторых γ и $x \in \mathbb{R}_+$, тогда интегральный оператор типа Бергмана отображает пространство $L^\infty_\varphi(D)$, то есть $L^\infty_\varphi(D) = \left\{ f \in L^0 : |f(\zeta)| \leq c\varphi\varphi\left(\frac{1}{1-|\zeta|}\right), \zeta \in D \right\}$, в пространство $H(D)$, где L^0 — пространство всех измеримых функций в D .

Формулировка и доказательство основных результатов статьи

Основными результатами статьи является доказательство следующих двух теорем.

Теорема 1. Пусть функция f интегрируема в D и такая, что f и $\frac{\partial^n f}{\partial \theta^n}(r\cos\theta, r\sin\theta)$ принадлежат $L^\infty_\varphi(D)$, при некотором $n \in \mathbb{Z}_+$. Тогда $K_s(f)$ принадлежит классу $A_n(\varphi, D)$.

Теорема 2. Пусть функция f интегрируема в D и такая, что f и $\frac{\partial^n f}{\partial r^n}(r\cos\theta, r\sin\theta)$ принадлежат $L^\infty_\varphi(D)$, при некотором $n \in \mathbb{Z}_+$. Тогда $K_s(f)$ принадлежит классу $A_n(\varphi, D)$.

Следующая лемма хорошо известна (см. [1]).

Лемма. Пусть $s > 1$, тогда
$$\int_{-\pi}^{\pi} \frac{dt}{|1 - re^{-it}z|^{s+2}} \leq \frac{c}{(1-r\rho)^{s+1}}, \quad |z| = \rho, 0 < r < 1. \quad (2)$$

Перейдем к доказательству основных результатов. Сначала докажем теорему 1. Будем предполагать, что $n = 1$, поскольку при $n > 1$ основные идеи доказательства сохраняются, возникают только технические трудности.

Итак, пусть $\frac{\partial f}{\partial \theta} \in L^\infty_\varphi$ и s — достаточно большое положительное число. Докажем, что $K_s(f)$ принадлежит пространству $A_1(\varphi, D)$.

Имеем

$$K_s(f)(z) = \frac{s+1}{\pi} \int_D \frac{f(\zeta) (1-|\zeta|^2)^s}{(1-\bar{\zeta}z)^{s+2}} d\xi d\eta, \text{ где } \zeta = \xi + i\eta, z \in D.$$

Найдем производную функции $K_s(f)(z)$, переходя к полярным координатам, получим:

$$K_s^{(1)}(f) = \frac{(s+1)(s+2)}{\pi} \int_0^1 \int_{-\pi}^{\pi} \frac{f(re^{it})(1-r^2)^s re^{-it} dr dt}{(1-re^{-it}z)^{s+3}}.$$

Рассмотрим внутренний интеграл $\int_{-\pi}^{\pi} \frac{f(re^{it})e^{-it} dt}{(1-re^{-it}z)^{s+3}}$, проинтегрируем его по частям, получим:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \frac{f(re^{it})e^{-it} dt}{(1-re^{-it}z)^{s+3}} = \frac{1}{i(s+2)} \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1}{z(1-re^{-it}z)^{s+2}} \frac{\partial f(re^{it})}{\partial t}$$

В последнем равенстве использовали 2π -периодичность подынтегральной функции.

Итак, $K'_S(\rho e^{i\theta}) = \frac{s+1}{i} \int_0^1 \int_{-\pi}^{\pi} \frac{(1-r^2)^s}{z(1-re^{-it}z)^{s+2}} \frac{\partial f}{\partial t}(re^{it}) r^2 dr dt$

Пусть $z = \rho e^{i\theta}$, $\xi = r \cos t$, $\eta = r \sin t$. Тогда применив оценку (1), получим:

$$|K'_S(f)(z)| \leq C_f (s+1) \int_0^1 \int_{-\pi}^{\pi} \frac{(1-r^2)^s}{|z| |1-re^{-i\varphi}z|^{s+2}} \cdot \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right) r^2 dr dt.$$

Следовательно, $|z \cdot K'_S(f)(z)| \leq c(s+1) \int_0^1 \int_{-\pi}^{\pi} \frac{(1-r^2)^s}{|1-re^{-it}z|^{s+2}} \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right) dr dt.$

Для оценки внутреннего интеграла применим Лемму:

$$|z \cdot K'_S(f)(z)| \leq c(s+1) \int_0^1 \frac{(1-r^2)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{(1-r\rho)^{s+1}} dr = c_f(s+1) \int_0^1 \frac{(1-r^2)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{((1-r)+r(1-\rho))^{s+1}} dr =$$

$$= c_f(s+1) \left(\int_0^{\rho} \frac{(1-r^2)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{((1-r)+r(1-\rho))^{s+1}} dr + \int_{\rho}^1 \frac{(1-r^2)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{\rho((1-r)+r(1-\rho))^{s+1}} dr \right) = c_f(s+1)(I_1 + I_2).$$

Оценим каждый интеграл по отдельности.

Так как I_1 интеграл по интервалу $(0, \rho)$, то на этом интервале $r(1-\rho) \leq (1-r)$, то $\frac{1}{(1-r)+r(1-\rho)} \leq \frac{1}{(1-r)}$, тогда:

$$I_1 = \int_0^{\rho} \frac{(1-r^2)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{((1-r)+r(1-\rho))^{s+1}} dr \leq \int_0^{\rho} \frac{(1-r^2)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{(1-r)^{s+1}} dr \leq \int_0^{\rho} \frac{(1+r)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{(1-r)} dr \leq 2^s \int_0^{\rho} \frac{\varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{(1-r)} dr := 2^s I_1^1$$

Перейдем к оценке интеграла I_1^1 , имеем: $I_1^1 = \int_0^{\rho} \frac{\varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{(1-r)} dr.$

Сделаем замену переменных: $u = \frac{1}{1-r}$, тогда: $I_1^1 = \int_1^{\frac{1}{1-\rho}} \frac{\varphi(u) du}{u} \leq c\varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right).$ В последней оценке мы восполь-

зовались условием на φ .

Так как I_2 — интеграл по интервалу $(\rho, 1)$, то $(1-r) \geq r(1-\rho)$, то есть $\frac{1}{(1-r)+r(1-\rho)} \leq \frac{1}{r(1-\rho)}$.
Поэтому:

$$I_2 = \int_{\rho}^1 \frac{(1+r)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{\rho((1-r)+r(1-\rho))^{s+1}} dr \leq \int_{\rho}^1 \frac{(1+r)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{\rho r^{s+1}(1-\rho)^{s+1}} dr \leq 2^{s+1} \int_{\rho}^1 \frac{(1+r)^s \varphi\left(\frac{1}{1-r}\right)}{\rho (1-\rho)^{s+1}} dr := \left(\frac{2}{1-\rho}\right)^{s+1} I_2^2$$

Перейдем к оценке последнего интеграла, для этого сделаем замену переменных: $u = \frac{1}{1-r}$, тогда:

$$I_2^2 = \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \frac{\varphi(u) du}{u^{s+2}}.$$

Будем предполагать, что s — достаточно большое число, $s > c_{\varphi}$. Интегрируя по частям получим:

$$I_2^2 = -\frac{1}{s+1} \left(\varphi(u) \frac{1}{u^{s+1}} \Big|_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} - \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi'(u) \frac{1}{u^{s+1}} du \right).$$

Поскольку $s > c_{\varphi}$, то $\frac{\varphi(u)}{cu^{s+1}} \rightarrow 0$ при $u \rightarrow \infty$, поэтому получим:

$$I_2^2 = \frac{1}{s+1} \varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right) (1-\rho)^{s+1} + \frac{1}{s+1} \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi'(u) \frac{1}{u^{s+1}} du.$$

Следовательно:

$$\int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi(u) \frac{1}{u^{s+1}} du = \frac{1}{s+1} \varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right) (1-\rho)^{s+1} + \frac{1}{s+1} \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi'(u) \frac{1}{u^{s+1}} du.$$

Отсюда имеем:

$$\int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi(u) \frac{1}{u^{s+1}} du - \frac{1}{s+1} \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi'(u) \frac{1}{u^{s+1}} du = \frac{1}{s+1} \varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right) (1-\rho)^{s+1}. (**)$$

$$\int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi(u) \frac{1}{u^{s+1}} \left(1 - \frac{1}{s+1} \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \frac{\varphi'(u)}{\varphi(u)} \frac{1}{u^{s+1}} du\right) du = \frac{1}{s+1} \varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right) (1-\rho)^{s+1}.$$

Пусть теперь s удовлетворяет условию $\frac{c_f}{s+1} < \frac{1}{2}$, тогда:

$$\int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi(u) \frac{1}{u^{s+1}} \left(1 - \frac{1}{s+1} \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \frac{\varphi'(u)}{\varphi(u)} \frac{1}{u^{s+1}} du\right) du \geq \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi(u) \frac{1}{u^{s+2}} \left(1 - \frac{c_f}{s+1}\right) du \geq \frac{1}{2} \int_{\frac{1}{1-\rho}}^{\infty} \varphi(u) \frac{1}{u^{s+2}} du.$$

Учитывая (**), получаем: $I_2^2 \leq 2 \frac{1}{s+1} \varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right) (1-\rho)^{s+1}$, следовательно:

$$I_2 \leq \frac{2^{s+1}}{(1-\rho)^{s+1}} \frac{2}{s+1} \varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right) (1-\rho)^{s+1} = c\varphi\left(\frac{1}{1-\rho}\right).$$

Объединяя оценки I_1 и I_2 , получаем доказательство теоремы: $|K'_S(f)(z)| \leq C\varphi\left(\frac{1}{1-|z|}\right)$.

Теорема доказана.

Доказательство теоремы 2 проводится аналогично доказательству теоремы 1, но при этом учитывается, что под интегралом стоит функция $\psi_S(r) = (1-r^2)^S$ с достаточно большим значением S . Аналогично как при доказательстве теоремы 1 мы получим утверждение теоремы 2.

Замечание.

В монографии [5] (стр. 252) установлено, что если функция принадлежит Гёльдеровскому классу непрерывных функций, то $K_S(f)(z)$ так же принадлежит этому классу. В отличие от этой работы теоремы 1,2 устанавливаются, что не только Гёльдеровские классы непрерывных функций отображаются в Гёльдеровские классы аналитических функций, но и более общие классы. То есть, если $\frac{\partial f}{\partial r}, \frac{\partial f}{\partial \varphi}$ принадлежат классу $L^\infty_\varphi(D)$, то $K_S(f)(z) \in A_1(\varphi, D)$.

Литература:

1. Djrbshian M. M., Shamoyan F. A. Topics in theory of A^p_α spaces, Teubner — Verlag, Leipzig, 1988, pp.200.
2. Н. Hedermalm, В. Korenblum, К. Zhu. Theory of Bergman spaces, Springer — Verlag New York, 2000.
3. P. L. Duren, A. S. Schuster, Bergman spaces, Amer. math. Soc. Providence, 2004, pp. 100.
4. К. Seip Interpolating and Sampling in spaces of analytic functions, Amer. math. Soc. Providence, 2004, pp. 180.
5. К. Zhu. Spaces of Holomorphic Functions in the Unit Ball, Springer — Verlag New York, 2005.

Модель изменений в демографических показателях малого населенного пункта

Егоров Александр Геннадьевич, аспирант
Ульяновский государственный университет

Введение

На современном этапе демографические модели используются в социально-экономических науках как инструмент анализа характеристик населения и построение демографических прогнозов. Анализ демографических моделей позволяет спрогнозировать различные варианты социально-экономических явлений, а так же целенаправленно воздействовать на их развитие, корректировать в необходимую для страны сторону.

«Сравнивая полученные в результате моделирования величины и те параметры демографических процессов, например, численности и возрастно-полового состава населения в том или ином регионе, которые желательны с социально-экономических позиций для общества в перспективе, можно выявить степень расхождения желаемых и возможных характеристик демографических процессов» [1]. Таким образом, актуальность данной работы состоит в важности вышеуказанных категорий для регулирования демографических процессов.

Приведенная в работе модель включает рождение, смертность внутри населенного пункта, прибытие людей извне (иммиграцию) и отъезд за пределы населенного пункта (эмиграцию). Под малым населенным пунктом подразумевается населенный пункт с численностью населения меньше 100 тыс. человек. Данная математическая модель не рассматри-

вайт большие притоки или потери населения, происходящие, например, при слиянии двух или более населенных пунктов, войнах или эпидемиях.

Целью данной работы является построение адекватной математической модели позволяющей анализировать возрастно-половой состав населения. Методом исследования является имитационное стохастическое моделирование.

Математическая модель

Построим формальную математическую модель численности населения малого населенного пункта в терминах семимартингалных точечных процессов с непрерывным временем (основные определения и термины для описания семимартингалов см в [2]). Обозначим $N_t(x)$ — число людей в населенном пункте в возрасте до x лет (включая x , $x \geq 0$) в момент времени $t \geq 0$. Примем следующие обозначения: процессы с индексом «m» относятся к мужчинам; «f» к женщинам, а без индекса — для представителей обоих полов. Таким образом,

$$N_t(x) = N_t^m(x) + N_t^f(x) \quad (1)$$

Тогда число людей в возрастном диапазоне $(a; b]$ ($0 \leq a < b < +\infty$) в момент времени t равно $N_t(b) - N_t(a)$. Обозначим A_t точечный процесс, считающий количество родившихся на территории населенного пункта людей, к моменту времени t . Пусть компенсаторы процессов A_t^m и A_t^f равны

$$\tilde{A}_t^m = \int_0^t b(s) \cdot w^m(s) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^f(y) \cdot \rho(y) dy ds \quad (2)$$

$$\tilde{A}_t^f = \int_0^t b(s) \cdot w^f(s) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^m(y) \cdot \rho(y) dy ds$$

где $\rho(x)$ — плотность распределения вероятности рождения ребенка, женщиной в возрасте x лет, $\int_0^{+\infty} N_t^f(x) \cdot \rho(x) dx$ — математическое ожидание числа детей, которое может родиться в населенном пункте в момент времени t . Другие способы подсчета математического ожидания числа детей в двуполовых моделях подробно рассматривается в работах [3, 4]. $b(t)$ — коэффициент рождаемости, зависящий от уровня благосостояния в населенном пункте, $b(t) \in [0,1]$; $w^m(t)$, $w^f(t)$ — весовые коэффициенты, отвечающие за рождение мальчиков и девочек,

$$w^m(t) + w^f(t) = 1, \forall t \geq 0 \quad (3)$$

Обозначим $B_t(x)$ число людей, родившихся на территории населенного пункта и в момент времени t ($t \geq 0$) имеющих возраст не более x лет ($x \geq 0$). Пусть процессы $B_t^m(x)$, $B_t^f(x)$ и $B_t(x)$ равны

$$\begin{aligned} B_t^m(x) &= A_t^m - A_{(t-x)^+}^m \\ B_t^f(x) &= A_t^f - A_{(t-x)^+}^f \end{aligned} \quad (4)$$

$$B_t(x) = B_t^m(x) + B_t^f(x)$$

где $(t-x)^+ = \max(0, t-x)$.

Помимо естественного прироста населения в результате рождения в населенном пункте имеет место поступление извне. Обозначим $I_t(x)$ точечный считающий процесс числа прибывших в населенный пункт. Пусть компенсаторы процессов $I_t^m(x)$, $I_t^f(x)$ и $I_t(x)$ равны

$$\begin{aligned} \tilde{I}_t^m(x) &= \int_{(t-x)^+}^t \int_0^{y(s,t,x)} \beta_s^m(z) dz ds \\ \tilde{I}_t^f(x) &= \int_{(t-x)^+}^t \int_0^{y(s,t,x)} \beta_s^f(z) dz ds \end{aligned} \quad (5)$$

$$\tilde{I}_t(x) = \tilde{I}_t^m(x) + \tilde{I}_t^f(x)$$

где $\beta_t^m(x)$, $\beta_t^f(x)$ — интенсивность въездов в населенный пункт мужчин и женщин в возрасте x лет в момент времени t , соответственно.

$$y(s, t, x) = (x - t)^+ + \frac{x - (x - t)^+}{t - (t - x)^+} \cdot (s - (t - x)^+) \tag{6}$$

$y(s, t, x)$ — максимальный возраст иммигрировавших в момент времени s , при котором, к моменту времени t их возраст будет не больше x лет, см рисунок 1 (на рисунке верхнее ребро трапеции описывается уравнением (6)).

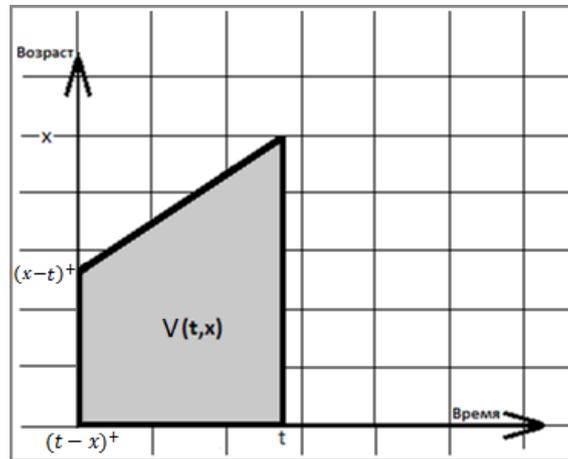


Рис. 1. Область определения $V(t, x)$ компенсаторов процессов иммиграции, эмиграции и смерти

Обозначим $D_t(x)$ считающий процесс числа умерших до достижения возраста x лет; компенсаторы для процессов $D_t^m(x)$, $D_t^f(x)$ и $D_t(x)$ зависят от численности населения, и равны

$$\begin{aligned} \tilde{D}_t^m(x) &= \int_{(t-x)^+}^t \int_0^{y(s,t,x)} \delta_s^m(y) N_s^m(y) dy ds \\ \tilde{D}_t^f(x) &= \int_{(t-x)^+}^t \int_0^{y(s,t,x)} \delta_s^f(y) N_s^f(y) dy ds \\ \tilde{D}_t(x) &= \tilde{D}_t^m(x) + \tilde{D}_t^f(x) \end{aligned} \tag{7}$$

где $\delta_t^m(x)$, $\delta_t^w(x)$ — плотность распределения вероятностей смерти мужчин и женщин в возрасте x лет в момент времени t , соответственно.

И эмиграции людей из населенного пункта $E_t(x)$, которая также зависит от численности населения

$$\begin{aligned} \tilde{E}_t^m(x) &= \int_{(t-x)^+}^t \int_0^{y(s,t,x)} \gamma_s^m(y) N_s^m(y) dy ds \\ \tilde{E}_t^w(x) &= \int_{(t-x)^+}^t \int_0^{y(s,t,x)} \gamma_s^w(y) N_s^w(y) dy ds \\ \tilde{E}_t(x) &= \tilde{E}_t^m(x) + \tilde{E}_t^w(x) \end{aligned} \tag{8}$$

где $\gamma_t^m(x)$, $\gamma_t^w(x)$ — плотность распределения вероятностей эмиграции мужчин и женщин в возрасте x лет в момент времени t , соответственно.

Таким образом, численность населения в момент времени t в возрасте не большем x лет, равна

$$N_t(x) = B_t(x) - D_t(x) + I_t(x) - E_t(x) \tag{9}$$

Исследование модели

Данная математическая модель позволяет оценивать некоторые социальные показатели, такие как коэффициент рождаемости в населенном пункте, отношение рождаемости мальчиков к девочкам и т. д. на основе имеющихся данных. Ниже приводятся оценки коэффициента рождаемости в населенном пункте.

Предложение. Пусть в каждый момент времени $0 \leq t < T$ известными являются величины $B_t(x), N_t^w(x), \rho(x)$ для $\forall x \geq 0$, а также известен вид функции $b(t)$ (10)

$$b(t) = \int_0^t \sum_{i=1}^{+\infty} \alpha_i \cdot I\{t_{i-1} \leq s < t_i\} ds \tag{10}$$

моменты времени $t_i, i = 1, \dots, n$ такие, что $t_i < T$ при $i = 1, \dots, n$ и $T < t_{n+1}$, а также известны $\alpha_i, i = 0, \dots, n$. Зафиксируем $x > 0$ и обозначим $\tau = (T - x)^+$. Тогда $b(T)$ равно

$$b(T) = \sum_{i=1}^n \alpha_i (t_i - t_{i-1}) + \frac{EB_T(x) - \int_\tau^T (\int_0^s \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot I\{t_{i-1} \leq u < t_i\} du) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds}{\int_z^T (s-z) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds} \cdot (T - t_n) \tag{11}$$

где $z = \max(t_n, \tau)$.

Доказательство.

Рассмотрим процесс $B_t^m(x)$

$$\begin{aligned} EB_t^m(x) &= \tilde{B}_t^m(x) = \tilde{A}_t^m - \tilde{A}_{t-(t-x)^+}^m \\ &= \int_0^t b(s) \cdot w^m(s) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds - \int_0^{(t-x)^+} b(s) \cdot w^m(s) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds = \\ &= \int_{(t-x)^+}^t b(s) \cdot w^m(s) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds \end{aligned}$$

Аналогично,

$$EB_t^w(x) = \int_{(t-x)^+}^t b(s) \cdot w^m(s) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds$$

С учетом условия (3), в момент времени T , получаем

$$EB_T(x) = EB_T^m(x) + EB_T^w(x) = \int_\tau^T b(s) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds \tag{12}$$

$$\begin{aligned} EB_T(x) &= \int_\tau^T (\int_0^s \sum_{i=1}^{+\infty} \alpha_i \cdot I\{t_{i-1} \leq u < t_i\} du) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds = \\ &= \int_\tau^T (\int_0^s \alpha_{n+1} \cdot I\{t_n \leq u < t_{n+1}\} du) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds + \\ &+ \int_\tau^T \left(\int_0^s \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot I\{t_{i-1} \leq u < t_i\} du \right) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds \end{aligned}$$

Откуда следует,

$$\alpha_{n+1} = \frac{EB_T(x) - \int_\tau^T (\int_0^s \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot I\{t_{i-1} \leq u < t_i\} du) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds}{\int_z^T (s-z) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds}$$

где $z = \max(t_n, \tau)$. И, окончательно

$$b(T) = \int_0^T \sum_{i=1}^{+\infty} \alpha_i \cdot I\{t_{i-1} \leq s < t_i\} ds = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot (t_i - t_{i-1}) +$$

$$+ \frac{EB_T(x) - \int_{\tau}^T \left(\int_0^s \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot I\{t_{i-1} \leq u < t_i\} du \right) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds}{\int_{\tau}^T (s - z) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds} \cdot (T - t_n)$$

Следствие. При $n = 1$

$$b(T) = \frac{EB_T(x)}{\int_{\tau}^T (s - z) \cdot \int_0^{+\infty} N_s^w(y) \cdot \rho(y) dy ds} \cdot T$$

Рассмотрим численные способы оценки $b(T)$ при известных дополнительных условиях на функцию $b(t)$. Пусть в каждый момент времени $0 \leq t < T$ известными являются величины $B_t(x)$, $N_t^w(x)$, $\rho(x)$ для $\forall x > 0$, а также известен вид функции $b(t)$ (10); моменты времени t_i , $i = 1, \dots, n$ такие, что $t_i < T$ при $i = 1, \dots, n$ и $T < t_{n+1}$, а также α_i , $i = 0, \dots, n$. И пусть дополнительно известно, что функция $b(t)$ монотонно возрастает и ограничена на $[0; T]$.

Зафиксируем некоторый $x > 0$ и обозначим $\tau = (T - x)^+$. Обозначим $v(t) = \int_0^{+\infty} N_t^w(x) \cdot \rho(x) dx$. Очевидно, что $v(t) \in L^1[0; T]$, а $b(t)$ — неотрицательная, монотонно возрастающая функция, ограниченная на $[0; T]$. Воспользуемся леммой для второй теоремы о среднем для определенного интеграла [3]

$$\int_{\tau}^T b(s) \cdot v(s) ds = b(T) \cdot \int_{\eta}^T v(s) ds = EB_T(x)$$

где $\eta \in [\tau; T]$. И

$$\begin{cases} b(T) = \frac{EB_T(x)}{\int_{\eta}^T v(s) ds}, \\ \eta \in [\tau; T] \end{cases} \quad (13)$$

Полученное уравнение (13) может иметь более одного корня, однако на практике зачастую бывают, известны некоторые ограничения на значение $b(T)$. К таким ограничениям могут относиться $b_1 \leq b(T) \leq b_2$, где b_1, b_2 — действительные числа. Либо, если известно значение $b(t_1)$ при $0 \leq t_1 < T$, тогда в силу монотонности $b(t_1) \leq b(T)$.

Заключение

Построена математическая модель численности населения небольшого населенного пункта в виде семимартингального точечного процесса с непрерывным временем. Приведены способы оценивания неизвестных параметров, на примере коэффициента рождаемости.

Прикладное значение работы состоит в использовании полученных результатов к исследованию сложившейся и прогнозирования будущей демографической ситуации, в небольших населенных пунктах, численностью до ста тысяч человек.

Литература:

1. Социогид. <http://www.socioguru.ru/sgurus-634-1.html> (Дата обращения: 23.07.2013)
2. Липцер Р. Ш. Статистика случайных процессов / Р. Ш. Липцер, А. Н. Ширяев. — М.: Наука, 1974. — 696 стр.
3. Kendall D. G., Stochastic process and population growth, J. Roy. Statist. Soc. (London) B10 (1948), 230–264.
4. Goodman L., Population growth of the sexes, Biometrics, 9 (1953), 212–225.
5. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления (том 2) / Г. М. Фихтенгольц. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. т. 2 — 810 с.

Современные подходы к подготовке и проведению уроков математики с использованием информационных компьютерных технологий

Фомичёва Ирина Борисовна, учитель математики;
Турусова Наталья Георгиевна, учитель математики
МБОУ «СОШ № 24» (г. Астрахань)

По новым образовательным стандартам РФ цель образования — подготовка всесторонне развитых личностей, способных ориентироваться в современном информационном обществе, самостоятельно мыслить, видеть возникающие проблемы, искать пути их решения, используя новые технологии, грамотно работать с информацией, быть коммуникабельными, самостоятельно развивать свой интеллект, культурный уровень. Традиционный подход к обучению не всегда в полной мере позволяет это реализовать. Для решения этих задач, необходимо в структуру урока включать компоненты, которые присущи активным методам обучения. Надо использовать методики, которые являются наиболее эффективными, дают высокий положительный результат в повышении качества образования. В современных условиях основные методические инновации связаны с применением интерактивных методик, в том числе и информационных технологий. Интерактивные методики используют приёмы, обеспечивающие включение в работу всех сфер личности ребёнка и поддерживающие его интерес и активность в течении всего урока. Одни из них создают мотивацию к учению, помогая пробудить у ребёнка интерес и желание участвовать в работе на уроке. Другие помогают ученику осмыслить происходящее на занятии, сделать выводы, выразить свои впечатления. Третьи помогают снять напряжение, переключать внимание. Огромное количество информации, которое приходится воспринимать и усваивать современным ученикам в процессе обучения не возможно без умения пользоваться компьютером, информационными технологиями. При использовании информационных и коммуникационных технологий происходят изменения не только в производственной сфере, но и сфере взаимоотношений человека — человека, человека и общества. А это влечёт изменения и в мышлении человека. Насколько мы сможем перестроить своё мышление, настолько мы сумеем адаптироваться к изменяющимся условиям жизни.

Применение новых информационных и телекоммуникационных технологий на уроках математики, это не дань моде, а реальность. В настоящее время происходит интенсивное внедрение современных компьютерных технологий в преподавание естественных учебных дисциплин, в том числе и в математике. Преподавание математики немыслимо без широкого использования различных методов и средств обучения. Информационные технологии дают то, что учебник дать не может. Информационные компьютерные технологии позволяют не только сократить время на освоение материала, но и повысить глубину

и прочность знаний, уровень развития учащихся, снять напряжение, повысить мотивацию приобретения новых знаний и умений.

Огромные возможности представления информации на компьютере позволяют изменять и неограниченно обогащать содержание уроков математики; выполнение любого задания, упражнения с помощью компьютера создаёт возможность для повышения интенсивности урока; использование вариативного материала и различных режимов работы способствует индивидуализации обучения.

Круг методических и педагогических задач, которые можно решить с помощью ИКТ, разнообразен. Можно выделить несколько основных направлений применения ИКТ урока математики:

- 1) Internet.
- 2) Интерактивная доска.
- 3) Компьютерное тестирование.
- 4) Применение презентаций, созданных в программе PowerPoint.

1) Internet создаёт реальную возможность быстрого и удобного доступа пользователя ко всей информации, накопленной человечеством за свою историю. Информационные компьютерные технологии дают ученикам возможность самостоятельного исследовательского поиска материалов, опубликованных в Internet для подготовки докладов и рефератов, предоставляют помощь в поисках ответов на проблемные вопросы.

2) Ещё недавно об интерактивной доске многие мечтали, а сейчас только в нашей школе 13 интерактивных комплексов. Такая доска позволяет управлять процессом презентации содержащих информационные материалы и тестовые задания разной степени сложности для базового и углублённого уровня обучения, вносить поправки и коррективы, делать пометки и комментарии, сохранять материалы урока для дальнейшего использования и редактирования.

3) Компьютерное тестирование является компонентом компьютерной учебной математической среды. В силу этого открываются большие методические возможности при работе с самой разнообразной информацией в процессе обучения. На сегодняшний день создано большое количество различных пакетов программ тестирования. Практически по любому разделу математики составлены тесты, которые входят в обучающие программы. Но эти готовые программы не учитывают индивидуальных особенностей учащихся и уровня обученности класса.

4) Применение презентаций, созданных в программе PowerPoint.

Использование презентаций на уроках математики имеют следующие цели:

— образовательные: познакомить с алгоритмами решения различных задач, построения и преобразования графиков, научить распознавать графики основных видов функций;

— развивающие: развивать математические способности учащихся, формировать логическое мышление и умение отыскивать математические закономерности, совершенствовать графическую культуру, развивать надпредметные умения и навыки;

— воспитательные: создавать положительную мотивацию; активизировать познавательную деятельность детей, воспитывать навыки работы в нестандартной ситуации, способствовать самоопределению или выбору дальнейшей профессиональной деятельности.

Этапы применения презентаций на уроках математики.

— С введением новых стандартов математическое образование в школе направлено на достижение планируемых результатов освоения учебного материала. Это возможно за счёт внедрения системы устных упражнений. Именно эта система поможет учащимся отработать технику вычислительных операций, выполнять правильно и быстро задания разного уровня сложности, развивать память, внимание, речь. При проведении устных упражнений презентация дает возможность оперативно предъявлять задания и корректировать результаты их выполнения. Устная работа проводится с использованием линейных компьютеров для просмотра презентации, а также с применением мультимедийного проектора для проекции слайдов на большой экран. Заинтересовать новой темой, вовлечь в совместную работу. Для этого достаточно создать ребус, кроссворд, который разгадывается в начале урока.

— Объяснение нового материала. На этапе приобретения новых знаний компьютер выступает в роли мощного демонстрационного средства, обеспечивая высокий уровень наглядности. Сочетание рассказа учителя с демонстрацией презентации позволяет акцентировать внимание учащихся на особо значимых моментах учебного материала. Если раньше применялось огромное количество различных технических средств обучения, то теперь всё это можно поместить на несколько слайдов. Визуальное представление определений, формул, теорем и их доказательств, качественных чертежей к геометрическим задачам, предъявление подвижных зрительных образов в качестве основы для осознанного овладения научными фактами обеспечивает эффективное усвоение учащимися новых знаний и умений. Образовательная деятельность направлена на повышение результативность, путём перевода учащихся из позиции объекта деятельности учителя в позицию субъекта учения, содействует развитию потенциала каждого ребёнка, раскрытию заложенных в нём возможностей.

— Урок-лекция. Выдержать долгий рассказ учителя может не каждый учащийся. В процессе урока внимание

рассеивается. Такие уроки лучше готовить в системе, для достижения оптимального результата. Урок-лекция обеспечивает работу всех каналов восприятия: познавательной учебной деятельностью обеспечены и аудиалы, и визуалы, и кинестетики. На слайдах можно расположить всю информацию так, чтобы ребёнок следил за ходом рассуждений на протяжении всего рассказа. Отличительной чертой применения информационных технологий в процессе обучения является разнообразие форм представления информации: тексты, таблицы, графики, диаграммы, аудио- и видеотрекеры, а также их сочетание. Такая мультимедийность создает психологические условия, способствующие лучшему восприятию и запоминанию учебного материала с включением подсознательных реакций обучающихся.

— Решение различных задач. В этом случае возможна демонстрация пошагового решения задачи: На уроках решения задач с помощью презентаций можно предложить большой спектр задач, выполненных на готовых чертежах. Можно продемонстрировать алгоритм решения, образец оформления задачи, правильность выполнения домашнего задания.

— Проверка пониманий и закрепление знаний с помощью тестирования, математических диктантов. Математические диктанты, помещённые в презентации помогают учителю в организации самостоятельной работы детей, проведении текущего и тематического контроля. Печатный вариант диктанта можно использовать и как тренировочный тест по теме. Тесты, диктанты предназначены для корректирования и контроля знаний учащихся по изучаемой теме. В мультимедийной презентации представлены диктанты, а также их решения, позволяющие сразу проанализировать результаты. Математические диктанты можно применять в форме устной или парной работы на обобщающем уроке.

Хочется отметить, что создание презентаций — это трудный, но увлекательный процесс. Презентации, созданные в PowerPoint, это своего рода мини-конспекты урока.

Кроме решения выше перечисленных задач обучения, важным достоинством информационных технологий является возможность накапливать и классифицировать допускаемые обучающимися ошибки, выявить причины их возникновения. Они же способствуют, при необходимости, корректировке содержания, организации и методики обучения учащихся. Использование информационных технологий не заменяет учителя, оно наполняет его деятельность новым содержанием, позволяя сосредоточиться на обучающих, воспитательных и развивающих функциях.

Положительные моменты использования информационных технологий на уроке: сокращение времени при выработке технических навыков учащихся; увеличение количества тренировочных заданий; достижение оптимального темпа работы ученика; диалог с компьютером приобретает характер учебной игры, и у боль-

шинства детей повышается мотивация учебной деятельности. Итак, нельзя отрицать очевидного: применение ИКТ — реальность современного урока! Главное достижение использования ИКТ на уроках — это горящие глаза учеников, их готовность к творчеству, потребность в получении новых знаний и ощущение самостоятельности. Компьютер позволяет делать уроки, не похожими друг на друга, способствует развитию интереса к учению. Преимуществом информационных технологий является использование различных моделей, знаковых

систем, помогающих определённым образом упорядочить и структурировать учебный материал. Они позволяют задействовать все способы мышления и основываются на самостоятельной работе с различными формами информации. Применение информационных технологий при обучении детей, позволяет учителю довольно просто распределить время и структуру урока. Так как использование различных технологий на уроках математики являются инструментом творчества педагога, каждый учитель вправе создавать свои личные вариации.

Литература:

1. Л. И. Горохова. Уроки математики с применением информационных технологий. 5–10 классы. М.: Издательство «Глобус», 2009.
2. Иоффе А. Н. Активная методика — залог успеха. СПб. Гражданское образование. 2000.
3. Лысенко Ф. Ф. Математика. Устные вычисления и быстрый счёт. Тренировочные упражнения за курс 7–11 классов. Ростов-на-Дону: Легион-М, 2010.
4. Фестиваль педагогических идей «Открытый урок». Сборник тезисов. М.: ИД «Первое сентября»; ООО «Чистые пруды», 2009.

ФИЗИКА

Моделирование линейного асинхронного двигателя с укладкой обмотки индуктора ($Z_1 = 12$) через спинку ярма

Емельянов Александр Александрович, старший преподаватель;
 Медведев Алексей Владимирович, аспирант;
 Кобзев Антон Валерьевич, студент;
 Козлов Алексей Максимович, студент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, студент;
 Бойко Дмитрий Юрьевич, студент;
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;
 Чернов Михаил Владимирович, студент;
 Королев Олег Александрович, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В работах [1] ... [3] рассмотрено математическое моделирование линейных асинхронных двигателей при помощи магнитных схем замещения с классическим типом обмотки. В данной работе представлена математическая модель линейного асинхронного двигателя с намоткой обмотки через спинку ярма индуктора. Такой тип укладки обмотки позволит управлять напряжением в проводниках каждого паза и, кроме того, приводит к существенному изменению конфигурации заполнения элементов матриц [4], [5]. Работа адресована студентам, поэтому дана без сокращений.

На рис. 1,а показан линейный асинхронный двигатель с одной парой полюсов ($2p = 2, Z_1 = 12$) с укладкой обмотки через спинку ярма статора. На рис. 1,б дана его магнитная схема замещения.

Запишем основные уравнения для « n »-ого участка схемы замещения.

Баланс магнитных напряжений магнитной цепи

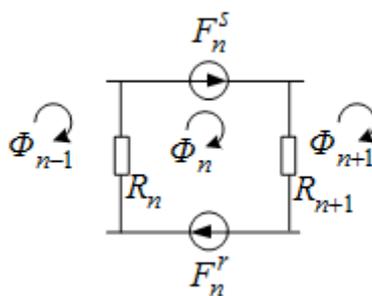


Рис. 2. Магнитная схема замещения

$\Phi_{n-1}, \Phi_n, \Phi_{n+1}$, — контурные магнитные потоки;

R_n, R_{n+1} — магнитные сопротивления воздушных участков;

$F_n^S = \omega_n^S \cdot i_n^S$ — магнитодвижущая сила, созданная статорным током i_n^S , протекающим по всем проводникам паза (ω_n^S);

$F_n^R = \omega_n^R \cdot i_n^R$ — М.Д. С. тока ротора в стержне ($\omega_n^R = 1$);

$F_n^S = 0$ — в шунтирующих зонах.

Баланс М.Д. С. для « n »-го участка имеет следующий вид:

$$F_n^S + F_n^R = \Phi_n \cdot (R_{n+1} + R_n) - \Phi_{n+1} \cdot R_{n+1} - \Phi_{n-1} \cdot R_n.$$

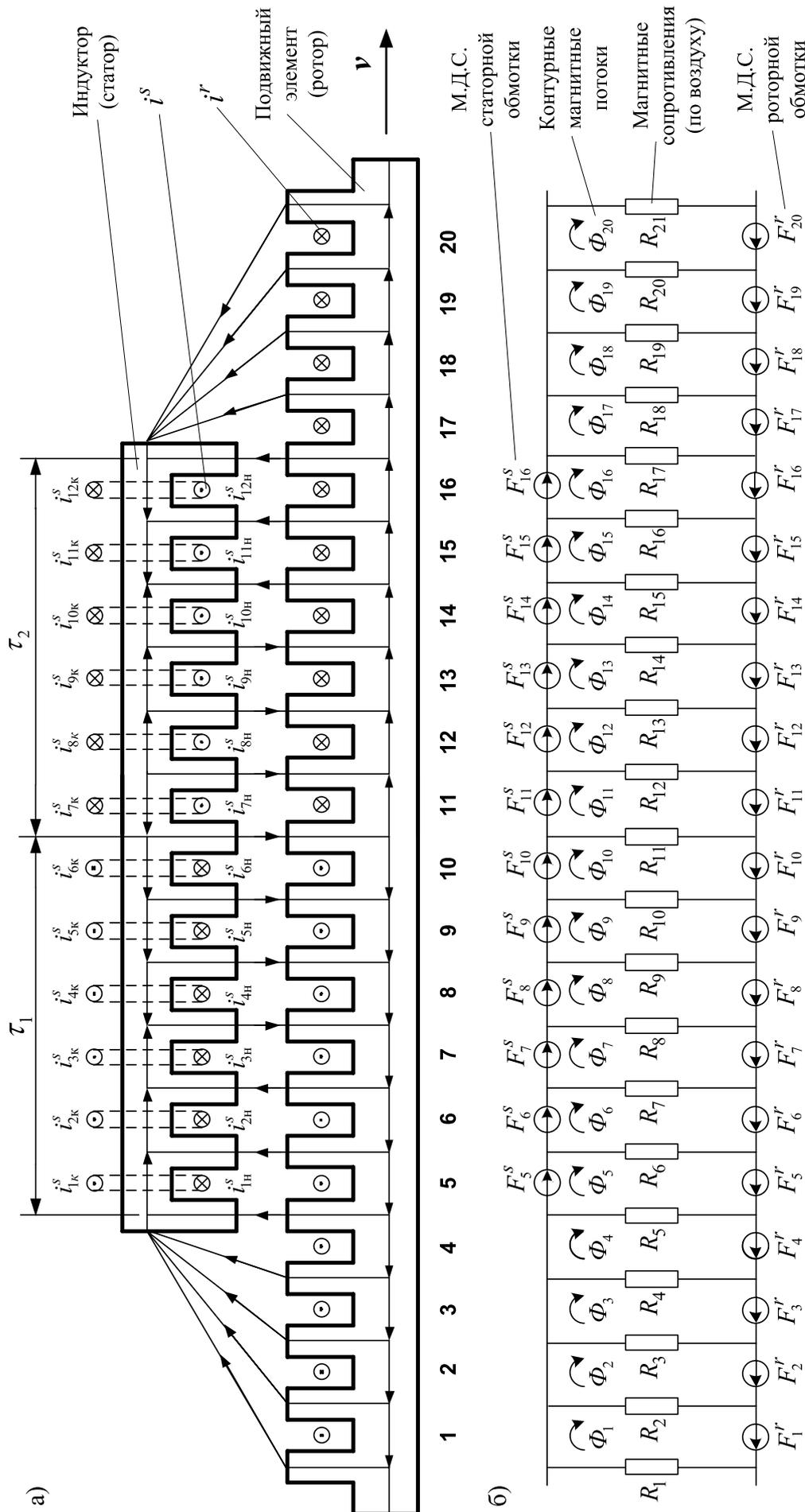


Рис. 1. а) Линейный асинхронный двигатель ($2p = 2, Z1 = 12$); б) магнитная схема замещения

Отсюда ток в стержне ротора определится по следующему выражению:

$$i_n^r = -\omega_n^s \cdot i_n^s - \Phi_{n-1} \cdot R_n + \Phi_n \cdot (R_{n+1} + R_n) - \Phi_{n+1} \cdot R_{n+1}. \quad (1)$$

Уравнение баланса напряжений электрической цепи ротора

$$r^r \cdot i_n^r + L^r \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial t} + L^r \cdot v \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial x} = -\frac{\partial \Phi_n}{\partial t} - v \cdot \frac{\partial \Phi_n}{\partial x}. \quad (2)$$

Выразим производные во времени через конечные разности:

$$\frac{\partial i_n^r}{\partial t} = \frac{i_{n,k}^r - i_{n,k-1}^r}{\Delta t}; \quad \frac{\partial \Phi_n}{\partial t} = \frac{\Phi_{n,k} - \Phi_{n,k-1}}{\Delta t},$$

где n — номер зубцового деления;

k — номер шага разбиения по времени.

В формуле (2) скорость подвижного элемента принимаем равным $v = v_{k-1}$ и в пределах « k » интервала считается постоянным.

Производные по пространственной координате « x » выразим через центральные конечные разности:

$$\frac{\partial i_{n,k}^r}{\partial x} = \frac{i_{n+1,k}^r - i_{n-1,k}^r}{2 \cdot t_z}; \quad \frac{\partial \Phi_{n,k}}{\partial x} = \frac{\Phi_{n+1,k} - \Phi_{n-1,k}}{2 \cdot t_z}.$$

С учетом вышеприведенных замечаний уравнение (2) примет следующий вид:

$$r^r \cdot i_{n,k}^r + L^r \cdot \frac{i_{n,k}^r - i_{n,k-1}^r}{\Delta t} + L^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{i_{n+1,k}^r - i_{n-1,k}^r}{2 \cdot t_z} = -\frac{\Phi_{n,k} - \Phi_{n,k-1}}{\Delta t} - v \cdot \frac{\Phi_{n+1,k} - \Phi_n}{2 \cdot t_z}. \quad (3)$$

Исключим из уравнения (3) токи в роторе. Для этого подставим выражение (1) в уравнение (3) и получим:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{\omega_n^s \cdot L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot i_{n-1,k}^s + \left[-\omega_n^s \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) \right] \cdot i_{n,k}^s + \left[-\omega_n^s \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot i_{n+1,k}^s + \left[\frac{R_{n-1} \cdot L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n-2,k} + \\ & + \left[-R_n \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) - ((R_n + R_{n-1}) \cdot L^r + 1) \cdot \frac{v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n-1,k} + \\ & + \left[(R_{n+1} + R_n) \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) + (R_n - R_{n+1}) \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} + \frac{1}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n,k} + \\ & + \left[-R_{n+1} \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right) + ((R_{n+2} + R_{n+1}) \cdot L^r + 1) \cdot \frac{v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n+1,k} + \left[-R_{n+2} \cdot \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{2t_z} \right] \cdot \Phi_{n+2,k} = \\ & = \left[-\omega_n^s \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot i_{n,k-1}^s + \left[-R_n \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n-1,k-1} + \left[\frac{(R_{n+1} + R_n) \cdot L^r + 1}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n,k-1} + \left[-R_{n+1} \cdot \frac{L^r}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{n+1,k-1}. \end{aligned} \quad (4)$$

Это уравнение может быть реализовано при произведении матрицы \mathbf{A} , элементы которой записаны в квадратных скобках, на матрицу-столбец \mathbf{X} , состоящей из потоков (Φ) и токов статорной обмотки. Правая часть уравнения (4) формирует первые двадцать элементов матрицы-столбца свободных членов \mathbf{S} в $(k-1)$ момент времени. Остальные двенадцать будут сформированы из баланса напряжений статорной обмотки. Матрица-столбец \mathbf{X} сформирована из первых двадцати элементов, которые соответствуют потокам $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_{20}$, а с 21 по 32 — токам i_1^s, \dots, i_{12}^s . Общий вид матриц при числе полюсов $2p = 2$ и общем числе пазов индуктора (статора) $Z_1 = 12$ приведен на рис.3.

Введем следующие обозначения:

– Магнитные сопротивления в шунтирующих зонах:

$$R_1 = R_2 = R_{20} = R_{21} = 500 \cdot R_\delta;$$

$$R_3 = R_{19} = 50 \cdot R_\delta;$$

$$R_4 = R_{18} = 5 \cdot R_\delta.$$

– Магнитные сопротивления в индукторной зоне:

$$R_5 = R_6 = \dots = R_{16} = R_{17} = R_\delta.$$

– Элементы матрицы \mathbf{A} , перемножаемые на потоки матрицы-столбца \mathbf{X} :

$$B = 2R_\delta \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + 1 / \Delta t;$$

$$B_1 = (5R_{\sigma} + R_{\sigma}) \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (R_{\sigma} - 5R_{\sigma}) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t =$$

$$= 6R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (-4R_{\sigma}) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_2 = 55R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (-45R_{\sigma}) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_3 = 550R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (-450R_{\sigma}) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_4 = 1000R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + 1 / \Delta t;$$

$$B_5 = 550R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + 450R_{\sigma} \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_6 = 55R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + 45R_{\sigma} \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_7 = 6R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + 4R_{\sigma} \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$C = -R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (2R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_1 = -R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (6R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_2 = -5R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (55R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_3 = -50R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (550R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_4 = -500R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (1000R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_5 = -500R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (550R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_6 = -50R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (55R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_7 = -5R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (6R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E = -R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (2R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_1 = -5R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (6R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_2 = -50R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (55R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_3 = -500R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (550R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_4 = -500R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (1000R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_5 = -50R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (550R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_6 = -5R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (55R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_7 = -R_{\sigma} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) - (6R_{\sigma} \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$D = -R_{\sigma} \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z; \quad D_1 = 5 \cdot D; \quad D_2 = 50 \cdot D; \quad D_3 = 500 \cdot D.$$

– Элементы матрицы **A**, перемножаемые на токи i_1, \dots, i_{12} матрицы **X**:

$$T = -\omega_n^S \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$Y = -\omega_n^S \cdot (r^r + L^r / \Delta t).$$

– Элементы матрицы-столбца свободных членов \mathbf{S} :

$$W1 = -\omega_n^s \cdot L^r / \Delta t;$$

$$P = -R_\sigma \cdot L^r / \Delta t;$$

$$Q = (2R_\sigma \cdot L^r + 1) / \Delta t;$$

$$Q_1 = \frac{6R_\sigma \cdot L^r + 1}{\Delta t}; \quad Q_2 = \frac{55 \cdot R_\sigma \cdot L^r + 1}{\Delta t}; \quad Q_3 = \frac{550 \cdot R_\sigma \cdot L^r + 1}{\Delta t}; \quad Q_4 = \frac{1000 \cdot R_\sigma \cdot L^r + 1}{\Delta t}.$$

Уравнение (4) позволит определить для первых двадцати строк элементы матрицы \mathbf{A} и с первый по двадцатый элементы матрицы-столбца \mathbf{S} , для этого последовательно зададимся n :

$$n = 1.$$

$$\underbrace{[B_4]}_{a_{1,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{[C_5]}_{a_{1,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[D_2]}_{a_{1,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} = \underbrace{Q_4 \cdot \Phi_{1,k-1} + 500 \cdot P \cdot \Phi_{2,k-1}}_{S_1}.$$

Запишем элементы матрицы \mathbf{A} :

$$a_{1,1} = B_4; \quad a_{1,2} = C_5; \quad a_{1,3} = D_2.$$

В правой части сформирован элемент S_1 матрицы-столбца \mathbf{S} :

$$S_1 = Q_4 \cdot x_{1,k-1} + 500 \cdot P \cdot x_{2,k-1}.$$

Примечание: Вначале матрица \mathbf{A} предстанет «пустой» и после каждой операции $n = \dots$ определятся постепенно элементы для каждой строки и только в конце всех операций матрица \mathbf{A} предстанет перед читателем в том виде как она дана на рис. 3. Но эта «пустая» матрица \mathbf{A} уже должна быть подготовлена. Эта «пустая» форма направляет, выступает «организующим началом» по поиску элементов в каждой строке.

В этом случае при $n = 1$ определились элементы первой строки. Найденные коэффициенты вписываем в матрицу \mathbf{A} . В дальнейшем становится понятным алгоритм заполнения матрицы.

$$n = 2.$$

$$\underbrace{[E_4]}_{a_{2,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{[B_5]}_{a_{2,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[C_6]}_{a_{2,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[D_1]}_{a_{2,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} = \underbrace{500 \cdot P \cdot \Phi_{1,k-1} + Q_3 \cdot \Phi_{2,k-1} + 50 \cdot P \cdot \Phi_{3,k-1}}_{S_2}.$$

$$a_{2,1} = E_4; \quad a_{2,2} = B_5; \quad a_{2,3} = C_6; \quad a_{2,4} = D_1.$$

$$S_2 = 500 \cdot P \cdot x_{1,k-1} + Q_3 \cdot x_{2,k-1} + 50 \cdot P \cdot x_{3,k-1}.$$

$$n = 3.$$

$$\underbrace{[-D_3]}_{a_{3,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{[E_5]}_{a_{3,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[B_6]}_{a_{3,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[C_7]}_{a_{3,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[D]}_{a_{3,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} =$$

$$= \underbrace{50 \cdot P \cdot \Phi_{2,k-1} + Q_2 \cdot \Phi_{3,k-1} + 5 \cdot P \cdot \Phi_{4,k-1}}_{S_3}.$$

$$a_{3,1} = -D_3; \quad a_{3,2} = E_5; \quad a_{3,3} = B_6; \quad a_{3,4} = C_7; \quad a_{3,5} = D.$$

$$S_3 = 50 \cdot [P] \cdot x_{2,k-1} + [Q_2] \cdot x_{3,k-1} + 5 \cdot [P] \cdot x_{4,k-1}.$$

$$n = 4.$$

$$\underbrace{[T]}_{a_{4,21}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{21}} + \underbrace{[-D_2]}_{a_{4,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[E_6]}_{a_{4,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[B_7]}_{a_{4,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[C]}_{a_{4,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[D]}_{a_{4,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} =$$

$$= \underbrace{5 \cdot P \cdot \Phi_{3,k-1} + Q_1 \cdot \Phi_{4,k-1} + P \cdot \Phi_{5,k-1}}_{S_4}.$$

$$a_{4,2} = -D_2; \quad a_{4,3} = E_6; \quad a_{4,4} = B_7; \quad a_{4,5} = C; \quad a_{4,6} = D; \quad a_{4,21} = T.$$

$$S_4 = 5 \cdot P \cdot x_{3,k-1} + Q_1 \cdot x_{4,k-1} + P \cdot x_{5,k-1}.$$

$n = 5.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[Y] \cdot i_{1,k}^s}_{a_{5,21} x_{21}} + \underbrace{[T] \cdot i_{2,k}^s}_{a_{5,22} x_{22}} + \underbrace{[-D_1] \cdot \Phi_{3,k}}_{a_{5,3} x_3} + \underbrace{[E_7] \cdot \Phi_{4,k}}_{a_{5,4} x_4} + \underbrace{[B] \cdot \Phi_{5,k}}_{a_{5,5} x_5} + \underbrace{[C] \cdot \Phi_{6,k}}_{a_{5,6} x_6} + \underbrace{[D] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{5,7} x_7} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{1,k-1}^s + P \cdot \Phi_{4,k-1} + Q \cdot \Phi_{5,k-1} + P \cdot \Phi_{6,k-1}}_{s_5}. \end{aligned}$$

$$a_{5,3} = -D_1; a_{5,4} = E_7; a_{5,5} = B; a_{5,6} = C; a_{5,7} = D; a_{5,21} = Y; a_{5,22} = T.$$

$$s_5 = W1 \cdot x_{21,k-1} + P \cdot x_{4,k-1} + Q \cdot x_{5,k-1} + P \cdot x_{6,k-1}.$$

$n = 6.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{1,k}^s}_{a_{6,21} x_{21}} + \underbrace{[Y] \cdot i_{2,k}^s}_{a_{6,22} x_{22}} + \underbrace{[T] \cdot i_{3,k}^s}_{a_{6,23} x_{23}} + \underbrace{[-D] \cdot \Phi_{4,k}}_{a_{6,4} x_4} + \underbrace{[E] \cdot \Phi_{5,k}}_{a_{6,5} x_5} + \underbrace{[B] \cdot \Phi_{6,k}}_{a_{6,6} x_6} + \underbrace{[C] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{6,7} x_7} + \underbrace{[D] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{6,8} x_8} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{2,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{6,k-1} + P \cdot (\Phi_{5,k-1} + \Phi_{7,k-1})}_{s_6}. \end{aligned}$$

$$a_{6,4} = -D; a_{6,5} = E; a_{6,6} = B; a_{6,7} = C; a_{6,8} = D; a_{6,21} = -T; a_{6,22} = Y; a_{6,23} = T.$$

$$s_6 = W1 \cdot x_{22,k-1} + Q \cdot x_{6,k-1} + P \cdot (x_{5,k-1} + x_{7,k-1}).$$

$n = 7.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{2,k}^s}_{a_{7,22} x_{22}} + \underbrace{[Y] \cdot i_{3,k}^s}_{a_{7,23} x_{23}} + \underbrace{[T] \cdot i_{4,k}^s}_{a_{7,24} x_{24}} + \underbrace{[-D] \cdot \Phi_{5,k}}_{a_{7,5} x_5} + \underbrace{[E] \cdot \Phi_{6,k}}_{a_{7,6} x_6} + \underbrace{[B] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{7,7} x_7} + \underbrace{[C] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{7,8} x_8} + \underbrace{[D] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{7,9} x_9} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{3,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{7,k-1} + P \cdot (\Phi_{6,k-1} + \Phi_{8,k-1})}_{s_7}. \end{aligned}$$

$$a_{7,5} = -D; a_{7,6} = E; a_{7,7} = B; a_{7,8} = C; a_{7,9} = D; a_{7,22} = -T; a_{7,23} = Y; a_{7,24} = T.$$

$$s_7 = W1 \cdot x_{23,k-1} + Q \cdot x_{7,k-1} + P \cdot (x_{6,k-1} + x_{8,k-1}).$$

$n = 8.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{3,k}^s}_{a_{8,23} x_{23}} + \underbrace{[Y] \cdot i_{4,k}^s}_{a_{8,24} x_{24}} + \underbrace{[T] \cdot i_{5,k}^s}_{a_{8,25} x_{25}} + \underbrace{[-D] \cdot \Phi_{6,k}}_{a_{8,6} x_6} + \underbrace{[E] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{8,7} x_7} + \underbrace{[B] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{8,8} x_8} + \underbrace{[C] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{8,9} x_9} + \underbrace{[D] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{8,10} x_{10}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{4,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{8,k-1} + P \cdot (\Phi_{7,k-1} + \Phi_{9,k-1})}_{s_8}. \end{aligned}$$

$$a_{8,6} = -D; a_{8,7} = E; a_{8,8} = B; a_{8,9} = C; a_{8,10} = D; a_{8,23} = -T; a_{8,24} = Y; a_{8,25} = T.$$

$$s_8 = W1 \cdot x_{24,k-1} + Q \cdot x_{8,k-1} + P \cdot (x_{7,k-1} + x_{9,k-1}).$$

$n = 9.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{4,k}^s}_{a_{9,24} x_{24}} + \underbrace{[Y] \cdot i_{5,k}^s}_{a_{9,25} x_{25}} + \underbrace{[T] \cdot i_{6,k}^s}_{a_{9,26} x_{26}} + \underbrace{[-D] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{9,7} x_7} + \underbrace{[E] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{9,8} x_8} + \underbrace{[B] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{9,9} x_9} + \underbrace{[C] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{9,10} x_{10}} + \underbrace{[D] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{9,11} x_{11}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{5,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{9,k-1} + P \cdot (\Phi_{8,k-1} + \Phi_{10,k-1})}_{s_9}. \end{aligned}$$

$$a_{9,7} = -D; a_{9,8} = E; a_{9,9} = B; a_{9,10} = C; a_{9,11} = D; a_{9,24} = -T; a_{9,25} = Y; a_{9,26} = T.$$

$$s_9 = W1 \cdot x_{25,k-1} + Q \cdot x_{9,k-1} + P \cdot (x_{8,k-1} + x_{10,k-1}).$$

$n = 10$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{10,25}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{25}} + \underbrace{[Y]}_{a_{10,26}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{26}} + \underbrace{[T]}_{a_{10,27}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{27}} + \underbrace{[-D]}_{a_{10,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[E]}_{a_{10,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[B]}_{a_{10,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[C]}_{a_{10,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \\ & + \underbrace{[D]}_{a_{10,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} = \underbrace{W1 \cdot i_{6,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{10,k-1} + P \cdot (\Phi_{9,k-1} + \Phi_{11,k-1})}_{S_{10}}. \\ & a_{10,8} = -D; a_{10,9} = E; a_{10,10} = B; a_{10,11} = C; a_{10,12} = D; a_{10,25} = -T; a_{10,26} = Y; a_{10,27} = T. \\ & S_{10} = W1 \cdot x_{26,k-1} + Q \cdot x_{10,k-1} + P \cdot (x_{9,k-1} + x_{11,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 11.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{11,26}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{26}} + \underbrace{[Y]}_{a_{11,27}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{27}} + \underbrace{[T]}_{a_{11,28}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{28}} + \underbrace{[-D]}_{a_{11,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[E]}_{a_{11,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[B]}_{a_{11,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[C]}_{a_{11,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \\ & + \underbrace{[D]}_{a_{11,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} = \underbrace{W1 \cdot i_{7,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{11,k-1} + P \cdot (\Phi_{10,k-1} + \Phi_{12,k-1})}_{S_{11}}. \\ & a_{11,9} = -D; a_{11,10} = E; a_{11,11} = B; a_{11,12} = C; a_{11,13} = D; a_{11,26} = -T; a_{11,27} = Y; a_{11,28} = T. \\ & S_{11} = W1 \cdot x_{27,k-1} + Q \cdot x_{11,k-1} + P \cdot (x_{10,k-1} + x_{12,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 12.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{12,27}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{27}} + \underbrace{[Y]}_{a_{12,28}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{28}} + \underbrace{[T]}_{a_{12,29}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{29}} + \underbrace{[-D]}_{a_{12,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[E]}_{a_{12,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[B]}_{a_{12,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[C]}_{a_{12,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \\ & + \underbrace{[D]}_{a_{12,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} = \underbrace{W1 \cdot i_{8,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{12,k-1} + P \cdot (\Phi_{11,k-1} + \Phi_{13,k-1})}_{S_{12}}. \\ & a_{12,10} = -D; a_{12,11} = E; a_{12,12} = B; a_{12,13} = C; a_{12,14} = D; a_{12,27} = -T; a_{12,28} = Y; a_{12,29} = T. \\ & S_{12} = W1 \cdot x_{28,k-1} + Q \cdot x_{12,k-1} + P \cdot (x_{11,k-1} + x_{13,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 13.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{13,28}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{28}} + \underbrace{[Y]}_{a_{13,29}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{29}} + \underbrace{[T]}_{a_{13,30}} \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{30}} + \underbrace{[-D]}_{a_{13,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[E]}_{a_{13,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[B]}_{a_{13,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[C]}_{a_{13,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \\ & + \underbrace{[D]}_{a_{13,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} = \underbrace{W1 \cdot i_{9,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{13,k-1} + P \cdot (\Phi_{12,k-1} + \Phi_{14,k-1})}_{S_{13}}. \\ & a_{13,11} = -D; a_{13,12} = E; a_{13,13} = B; a_{13,14} = C; a_{13,15} = D; a_{13,28} = -T; a_{13,29} = Y; a_{13,30} = T. \\ & S_{13} = W1 \cdot x_{29,k-1} + Q \cdot x_{13,k-1} + P \cdot (x_{12,k-1} + x_{14,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 14.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{14,29}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{29}} + \underbrace{[Y]}_{a_{14,30}} \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{30}} + \underbrace{[T]}_{a_{14,31}} \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{31}} + \underbrace{[-D]}_{a_{14,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[E]}_{a_{14,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[B]}_{a_{14,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{[C]}_{a_{14,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \\ & + \underbrace{[D]}_{a_{14,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} = \underbrace{W1 \cdot i_{10,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{14,k-1} + P \cdot (\Phi_{13,k-1} + \Phi_{15,k-1})}_{S_{14}}. \\ & a_{14,12} = -D; a_{14,13} = E; a_{14,14} = B; a_{14,15} = C; a_{14,16} = D; a_{14,29} = -T; a_{14,30} = Y; a_{14,31} = T. \\ & S_{14} = [W1] \cdot x_{30,k-1} + [Q] \cdot x_{14,k-1} + [P] \cdot (x_{13,k-1} + x_{15,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 15.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{15,30}} \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{30}} + \underbrace{[Y]}_{a_{15,31}} \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{31}} + \underbrace{[T]}_{a_{15,32}} \cdot \underbrace{i_{12,k}^s}_{x_{32}} + \underbrace{[-D]}_{a_{15,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[E]}_{a_{15,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{[B]}_{a_{15,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \underbrace{[C]}_{a_{15,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} + \\ & + \underbrace{[D]}_{a_{15,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} = \underbrace{W1 \cdot i_{11,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{15,k-1} + P \cdot (\Phi_{14,k-1} + \Phi_{16,k-1})}_{s_{15}}. \\ & a_{15,13} = -D; a_{15,14} = E; a_{15,15} = B; a_{15,16} = C; a_{15,17} = D; a_{15,30} = -T; a_{15,31} = Y; a_{15,32} = T. \\ & s_{15} = W1 \cdot x_{31,k-1} + Q \cdot x_{15,k-1} + P \cdot (x_{14,k-1} + x_{16,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 16.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{16,31}} \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{31}} + \underbrace{[Y]}_{a_{16,32}} \cdot \underbrace{i_{12,k}^s}_{x_{32}} + \underbrace{[-D]}_{a_{16,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{[E]}_{a_{16,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \underbrace{[B]}_{a_{16,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} + \underbrace{[C_1]}_{a_{16,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} + \underbrace{[D_1]}_{a_{16,18}} \cdot \underbrace{\Phi_{18,k}}_{x_{18}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{12,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{16,k-1} + P \cdot (\Phi_{15,k-1} + \Phi_{17,k-1})}_{s_{16}}. \\ & a_{16,14} = -D; a_{16,15} = E; a_{16,16} = B; a_{16,17} = C_1; a_{16,18} = D_1; a_{16,31} = -T; a_{16,32} = Y. \\ & s_{16} = W1 \cdot x_{32,k-1} + Q \cdot x_{16,k-1} + P \cdot (x_{15,k-1} + x_{17,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 17.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{17,32}} \cdot \underbrace{i_{12,k}^s}_{x_{32}} + \underbrace{[-D]}_{a_{17,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \underbrace{[E]}_{a_{17,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} + \underbrace{[B_1]}_{a_{17,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} + \underbrace{[C_2]}_{a_{17,18}} \cdot \underbrace{\Phi_{18,k}}_{x_{18}} + \underbrace{[D_2]}_{a_{17,19}} \cdot \underbrace{\Phi_{19,k}}_{x_{19}} = \\ & = \underbrace{P \cdot \Phi_{16,k-1} + Q_1 \cdot \Phi_{17,k-1} + 5 \cdot P \cdot \Phi_{18,k-1}}_{s_{17}}. \\ & a_{17,15} = -D; a_{17,16} = E; a_{17,17} = B_1; a_{17,18} = C_2; a_{17,19} = D_2; a_{17,32} = -T. \\ & s_{17} = Q_1 \cdot x_{17,k-1} + P \cdot (x_{16,k-1} + 5 \cdot x_{18,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 18.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-D]}_{a_{18,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} + \underbrace{[E_1]}_{a_{18,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} + \underbrace{[B_2]}_{a_{18,18}} \cdot \underbrace{\Phi_{18,k}}_{x_{18}} + \underbrace{[C_3]}_{a_{18,19}} \cdot \underbrace{\Phi_{19,k}}_{x_{19}} + \underbrace{[D_3]}_{a_{18,20}} \cdot \underbrace{\Phi_{20,k}}_{x_{20}} = \\ & = \underbrace{Q_2 \cdot \Phi_{18,k-1} + P \cdot (5 \cdot \Phi_{17,k-1} + 50 \cdot \Phi_{19,k-1})}_{s_{18}}. \\ & a_{18,16} = -D; a_{18,17} = E_1; a_{18,18} = B_2; a_{18,19} = C_3; a_{18,20} = D_3. \\ & s_{18} = Q_2 \cdot x_{18,k-1} + P \cdot (5 \cdot x_{17,k-1} + 50 \cdot x_{19,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 19.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-D_1]}_{a_{19,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} + \underbrace{[E_2]}_{a_{19,18}} \cdot \underbrace{\Phi_{18,k}}_{x_{18}} + \underbrace{[B_3]}_{a_{19,19}} \cdot \underbrace{\Phi_{19,k}}_{x_{19}} + \underbrace{[C_4]}_{a_{19,20}} \cdot \underbrace{\Phi_{20,k}}_{x_{20}} = \\ & = \underbrace{Q_3 \cdot \Phi_{19,k-1} + P \cdot (50 \cdot \Phi_{18,k-1} + 500 \cdot \Phi_{20,k-1})}_{s_{19}}. \\ & a_{19,17} = -D_1; a_{19,18} = E_2; a_{19,19} = B_3; a_{19,20} = C_4. \\ & s_{19} = Q_3 \cdot x_{19,k-1} + P \cdot (50 \cdot x_{18,k-1} + 500 \cdot x_{20,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 20$.

$$\underbrace{[-D_2]}_{a_{20,18}} \cdot \underbrace{\Phi_{18,k}}_{x_{18}} + \underbrace{[E_3]}_{a_{20,19}} \cdot \underbrace{\Phi_{19,k}}_{x_{19}} + \underbrace{[B_4]}_{a_{20,20}} \cdot \underbrace{\Phi_{20,k}}_{x_{20}} = \underbrace{Q_4 \cdot \Phi_{20,k-1} + 500 \cdot P \cdot \Phi_{19,k-1}}_{s_{20}}$$

$$a_{20,18} = -D_2; a_{20,19} = E_3; a_{20,20} = B_4.$$

$$s_{20} = Q_4 \cdot x_{20,k-1} + 500 \cdot P \cdot x_{19,k-1}.$$

Остальные элементы матрицы **A** ($n = 21, \dots, 32$) и соответствующие элементы матрицы-столбца **S** определяются из **баланса электрических напряжений обмоток статора** [2].

В данной работе принято управление напряжением обмотки каждого паза ($Z_1 = 12$), следовательно, необходимо задать двенадцать напряжений. В качестве одного из вариантов примем синусоидальные напряжения со сдвигом на $\pi/6$:

$$\begin{aligned} u_1 &= U_m \cdot \cos(\omega t); & u_2 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right); & u_3 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right); \\ u_4 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right); & u_5 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right); & u_6 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{5\pi}{6}\right); \\ u_7 &= U_m \cdot \cos(\omega t - \pi); & u_8 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{7\pi}{6}\right); & u_9 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right); \\ u_{10} &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{3\pi}{2}\right); & u_{11} &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{5\pi}{3}\right); & u_{12} &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{11\pi}{6}\right). \end{aligned}$$

Рассмотрим баланс напряжений для первой обмотки.

$$u_1 = \omega_n^s \cdot \frac{d\Phi_5}{dt} + r^s \cdot i_1^s + L^s \cdot \frac{di_1^s}{dt},$$

где ω_n^s — число витков паза (обмотки);

r^s — сопротивление обмотки, проходящей через спинку ярма;

L^s — индуктивность обмотки первого паза.

Выразим производные через конечные разности:

$$\frac{di_1^s}{dt} = \frac{i_{1,k}^s - i_{1,k-1}^s}{\Delta t}; \quad \frac{d\Phi_5}{dt} = \frac{\Phi_{5,k} - \Phi_{5,k-1}}{\Delta t}.$$

Тогда после подстановки получим:

$$u_{1,k} = \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot \Phi_{5,k} - \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot \Phi_{5,k-1} + r^s \cdot i_{1,k}^s + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k}^s - \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s.$$

Преобразуем выражение к виду:

$$\left[\frac{\omega_n^s}{\Delta t} \right] \cdot \Phi_{5,k} + \left[r^s + \frac{L^s}{\Delta t} \right] \cdot i_{1,k}^s = \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot \Phi_{5,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s + u_{1,k}.$$

Обозначим:

$$UA = \frac{\omega_n^s}{\Delta t}; \quad KS = r^s + \frac{L^s}{\Delta t}.$$

Тогда для элементов двадцать первой строки матрицы **A** и двадцать первого элемента матрицы-столбца **S** ($n = 21$):

$$\underbrace{[UA]}_{a_{21,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[KS]}_{a_{21,21}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{21}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{5,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s}_{s_{21}} + u_{1,k}.$$

Отсюда элементы матрицы **A**: $a_{21,5} = UA$; $a_{21,21} = KS$.

Двадцать первый элемент s_{21} матрицы-столбца **S**:

$$s_{21} = UA \cdot x_{5,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{21,k-1} + u_{1,k}.$$

Аналогично для $n = 22, \dots, 32$ запишем:

$$n = 22. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{22,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[KS]}_{a_{22,22}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{22}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{6,k-1}}^{x_6} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{2,k-1}^s}^{x_{22}} + u_{2,k}}_{s_{22}}.$$

$$a_{22,6} = UA; \quad a_{22,22} = KS; \quad s_{22} = UA \cdot x_{6,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{22,k-1} + u_{2,k}.$$

$$n = 23. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{23,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[KS]}_{a_{23,23}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{23}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{7,k-1}}^{x_7} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{3,k-1}^s}^{x_{23}} + u_{3,k}}_{s_{23}}.$$

$$a_{23,7} = UA; \quad a_{23,23} = KS; \quad s_{23} = UA \cdot x_{7,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{23,k-1} + u_{3,k}.$$

$$n = 24. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{24,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[KS]}_{a_{24,24}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{24}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{8,k-1}}^{x_8} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{4,k-1}^s}^{x_{24}} + u_{4,k}}_{s_{24}}.$$

$$a_{24,8} = UA; \quad a_{24,24} = KS; \quad s_{24} = UA \cdot x_{8,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{24,k-1} + u_{4,k}.$$

$$n = 25. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{25,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[KS]}_{a_{25,25}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{25}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{9,k-1}}^{x_9} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{5,k-1}^s}^{x_{25}} + u_{5,k}}_{s_{25}}.$$

$$a_{25,9} = UA; \quad a_{25,25} = KS; \quad s_{25} = UA \cdot x_{9,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{25,k-1} + u_{5,k}.$$

$$n = 26. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{26,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[KS]}_{a_{26,26}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{26}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{10,k-1}}^{x_{10}} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{6,k-1}^s}^{x_{26}} + u_{6,k}}_{s_{26}}.$$

$$a_{26,10} = UA; \quad a_{26,26} = KS; \quad s_{26} = UA \cdot x_{10,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{26,k-1} + u_{6,k}.$$

$$n = 27. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{27,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[KS]}_{a_{27,27}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{27}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{11,k-1}}^{x_{11}} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{7,k-1}^s}^{x_{27}} + u_{7,k}}_{s_{27}}.$$

$$a_{27,11} = UA; \quad a_{27,27} = KS; \quad s_{27} = UA \cdot x_{11,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{27,k-1} + u_{7,k}.$$

$$n = 28. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{28,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[KS]}_{a_{28,28}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{28}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{12,k-1}}^{x_{12}} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{8,k-1}^s}^{x_{28}} + u_{8,k}}_{s_{28}}.$$

$$a_{28,12} = UA; \quad a_{28,28} = KS; \quad s_{28} = UA \cdot x_{12,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{28,k-1} + u_{8,k}.$$

$$n = 29. \quad \underbrace{[UA]}_{a_{29,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[KS]}_{a_{29,29}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{29}} = \underbrace{UA \cdot \overbrace{\Phi_{13,k-1}}^{x_{13}} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \overbrace{i_{9,k-1}^s}^{x_{29}} + u_{9,k}}_{s_{29}}.$$

$$a_{29,13} = UA; \quad a_{29,29} = KS; \quad s_{29} = UA \cdot x_{13,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{29,k-1} + u_{9,k}.$$

Далее, подставляя в уравнение (1) $n = 1...20$, определяем токи в роторе:

$$\begin{aligned}
 i_1^r &= \underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot \underbrace{(500 \cdot R_\delta + 500 \cdot R_\delta)}_{1000 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (500 \cdot R_\delta); \\
 i_2^r &= -\underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot (500 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (50 \cdot R_\delta + 500 \cdot R_\delta) - \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot (50 \cdot R_\delta); \\
 i_3^r &= -\underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (50 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot \underbrace{(5 \cdot R_\delta + 50 \cdot R_\delta)}_{55 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot (5 \cdot R_\delta); \\
 i_4^r &= -\underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot (5 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot \underbrace{(R_\delta + 5 \cdot R_\delta)}_{6 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_5}_{x_5} \cdot R_\delta; \\
 i_5^r &= -\omega_n^s \cdot \underbrace{i_1^s}_{x_{21}} - \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot R_\delta + \underbrace{\Phi_5}_{x_5} \cdot (R_\delta + R_\delta) - \underbrace{\Phi_6}_{x_6} \cdot R_\delta = -\omega_n^s \cdot x_{21} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_5 - R_\delta \cdot (x_4 + x_6); \\
 i_6^r &= -\omega_n^s \cdot x_{22} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_6 - R_\delta \cdot (x_5 + x_7); \\
 i_7^r &= -\omega_n^s \cdot x_{23} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_7 - R_\delta \cdot (x_6 + x_8); \\
 i_8^r &= -\omega_n^s \cdot x_{24} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_8 - R_\delta \cdot (x_7 + x_9); \\
 i_9^r &= -\omega_n^s \cdot x_{25} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_9 - R_\delta \cdot (x_8 + x_{10}); \\
 i_{10}^r &= -\omega_n^s \cdot x_{26} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{10} - R_\delta \cdot (x_9 + x_{11}); \\
 i_{11}^r &= -\omega_n^s \cdot x_{27} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{11} - R_\delta \cdot (x_{10} + x_{12}); \\
 i_{12}^r &= -\omega_n^s \cdot x_{28} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{12} - R_\delta \cdot (x_{11} + x_{13}); \\
 i_{13}^r &= -\omega_n^s \cdot x_{29} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{13} - R_\delta \cdot (x_{12} + x_{14}); \\
 i_{14}^r &= -\omega_n^s \cdot x_{30} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{14} - R_\delta \cdot (x_{13} + x_{15}); \\
 i_{15}^r &= -\omega_n^s \cdot x_{31} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{15} - R_\delta \cdot (x_{14} + x_{16}); \\
 i_{16}^r &= -\omega_n^s \cdot x_{32} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{16} - R_\delta \cdot (x_{15} + x_{17}); \\
 i_{17}^r &= -\underbrace{\Phi_{16}}_{x_{16}} \cdot R_\delta + \underbrace{\Phi_{17}}_{x_{17}} \cdot \underbrace{(5 \cdot R_\delta + R_\delta)}_{6 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_{18}}_{x_{18}} \cdot (5 \cdot R_\delta); \\
 i_{18}^r &= -\underbrace{\Phi_{17}}_{x_{17}} \cdot (5 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_{18}}_{x_{18}} \cdot \underbrace{(50 \cdot R_\delta + 5 \cdot R_\delta)}_{55 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_{19}}_{x_{19}} \cdot (50 \cdot R_\delta); \\
 i_{19}^r &= -\underbrace{\Phi_{18}}_{x_{18}} \cdot (50 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_{19}}_{x_{19}} \cdot \underbrace{(500 \cdot R_\delta + 50 \cdot R_\delta)}_{550 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_{20}}_{x_{20}} \cdot (500 \cdot R_\delta); \\
 i_{20}^r &= -\underbrace{\Phi_{19}}_{x_{19}} \cdot (500 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_{20}}_{x_{20}} \cdot \underbrace{(500 \cdot R_\delta + 500 \cdot R_\delta)}_{1000 \cdot R_\delta}.
 \end{aligned}$$

Электромагнитные усилия на зубцовом делении определяются по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{x_2}{2t_z} \cdot i_1^r; & F_2 &= \frac{x_3 - x_1}{2t_z} \cdot i_2^r; & F_3 &= \frac{x_4 - x_2}{2t_z} \cdot i_3^r; & F_4 &= \frac{x_5 - x_3}{2t_z} \cdot i_4^r; \\
 F_5 &= \frac{x_6 - x_4}{2t_z} \cdot i_5^r; & F_6 &= \frac{x_7 - x_5}{2t_z} \cdot i_6^r; & F_7 &= \frac{x_8 - x_6}{2t_z} \cdot i_7^r; & F_8 &= \frac{x_9 - x_7}{2t_z} \cdot i_8^r; \\
 F_9 &= \frac{x_{10} - x_8}{2t_z} \cdot i_9^r; & F_{10} &= \frac{x_{11} - x_9}{2t_z} \cdot i_{10}^r; & F_{11} &= \frac{x_{12} - x_{10}}{2t_z} \cdot i_{11}^r; & F_{12} &= \frac{x_{13} - x_{11}}{2t_z} \cdot i_{12}^r; \\
 F_{13} &= \frac{x_{14} - x_{12}}{2t_z} \cdot i_{13}^r; & F_{14} &= \frac{x_{15} - x_{13}}{2t_z} \cdot i_{14}^r; & F_{15} &= \frac{x_{16} - x_{14}}{2t_z} \cdot i_{15}^r; & F_{16} &= \frac{x_{17} - x_{15}}{2t_z} \cdot i_{16}^r; \\
 F_{17} &= \frac{x_{18} - x_{16}}{2t_z} \cdot i_{17}^r; & F_{18} &= \frac{x_{19} - x_{17}}{2t_z} \cdot i_{18}^r; & F_{19} &= \frac{x_{20} - x_{18}}{2t_z} \cdot i_{19}^r; & F_{20} &= \frac{-x_{19}}{2t_z} \cdot i_{20}^r.
 \end{aligned}$$

Суммарное усилие: $F_{\Sigma} = \sum_{n=1}^{20} F_n$.

Скорость в k -й момент времени: $v_k = v_{k-1} + \frac{F_{\Sigma}}{m} \cdot \Delta t$.

Произведем построение математической модели асинхронного двигателя методом Гаусса-Жордана с использованием языка программирования MatLab. Ниже приведен пример кода:

```
function LAD_z1_12_spin
    % Исходные данные асинхронного двигателя
    Rb=0.1003*10^7;
    rs=9.5;
    Ls=0.037;
    rr=4.6345*10^-5;
    Lr=0.0372*10^-5;
    dt=0.001;
    tz=9.769*10^-3;
    m=1.9;
    v0=0;
    wn=200;
    f=50;
    w=2*pi*f;
    UA=wn/dt;
    Um=310/(2*1.73);
    X=zeros(32,1);
    F=0;
    k=input('длительность цикла k=');
    for k=1:(k+1)
        v(1,k)=v0;           % создание вектора-строки для графика скорости
        f(1,k)=sum(F);       % создание вектора-строки для графика усилия

        U(1)=Um*cos(w*(k-1)*dt);
        U(2)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi/6);
        U(3)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi/3);
        U(4)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi/2);
        U(5)=Um*cos(w*(k-1)*dt-2*pi/3);
        U(6)=Um*cos(w*(k-1)*dt-5*pi/6);
        U(7)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi);
        U(8)=Um*cos(w*(k-1)*dt-7*pi/6);
        U(9)=Um*cos(w*(k-1)*dt-4*pi/3);
        U(10)=Um*cos(w*(k-1)*dt-3*pi/2);
        U(11)=Um*cos(w*(k-1)*dt-5*pi/3);
        U(12)=Um*cos(w*(k-1)*dt-11*pi/6);

        % Формирование матрицы A
        A=zeros(32);

        B=2*Rb*(rr+Lr/dt)+1/dt;
        B1=6*Rb*(rr+Lr/dt)+(-4*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;
```

$$B2=55*Rb*(rr+Lr/dt)+(-45*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;$$

$$B3=550*Rb*(rr+Lr/dt)+(-450*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;$$

$$B4=1000*Rb*(rr+Lr/dt)+1/dt;$$

$$B5=550*Rb*(rr+Lr/dt)+450*Rb*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;$$

$$B6=55*Rb*(rr+Lr/dt)+(45*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;$$

$$B7=6*Rb*(rr+Lr/dt)+(4*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;$$

$$C=-Rb*(rr+Lr/dt)+(2*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$C1=-Rb*(rr+Lr/dt)+(6*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$C2=-5*Rb*(rr+Lr/dt)+(55*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$C3=-50*Rb*(rr+Lr/dt)+(550*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$C4=-500*Rb*(rr+Lr/dt)+(1000*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$C5=-500*Rb*(rr+Lr/dt)+(550*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$C6=-50*Rb*(rr+Lr/dt)+(55*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$C7=-5*Rb*(rr+Lr/dt)+(6*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$D=-Rb*Lr*v0/(2*tz);$$

$$D1=5*D;$$

$$D2=50*D;$$

$$D3=500*D;$$

$$E=-Rb*(rr+Lr/dt)-(2*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$E1=-5*Rb*(rr+Lr/dt)-(6*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$E2=-50*Rb*(rr+Lr/dt)-(55*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$E3=-500*Rb*(rr+Lr/dt)-(550*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$E4=-500*Rb*(rr+Lr/dt)-(1000*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$E5=-50*Rb*(rr+Lr/dt)-(550*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$E6=-5*Rb*(rr+Lr/dt)-(55*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$E7=-Rb*(rr+Lr/dt)-(6*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);$$

$$T=-wn*Lr*v0/(2*tz);$$

$$Y=-wn*(rr+Lr/dt);$$

$$w1=-wn*Lr/dt;$$

$$P=-Rb*Lr/dt;$$

$$Q=(2*Rb*Lr+1)/dt;$$

$$KS=rS+Ls/dt;$$

$$Q1=(6*Rb*Lr+1)/dt;$$

$$Q2=(55*Rb*Lr+1)/dt;$$

$$Q3=(550*Rb*Lr+1)/dt;$$

$$Q4=(1000*Rb*Lr+1)/dt;$$

for n=1:12

$$A(n+4,n+4)=B;$$

$$A(n+5,n+4)=E;$$

$$A(n+3,n+4)=C;$$

```

A(n+3,n+20)=T;
A(n+4,n+20)=Y;
A(n+5,n+20)=-T;
A(n+20,n+4)=UA;
A(n+20,n+20)=KS;
end;
for n=1:13
    A(n+2,n+4)=D;
    A(n+5,n+3)=-D;
end;

A(1,1)=B4;
A(1,2)=C5;
A(1,3)=D2;
A(2,1)=E4;
A(2,2)=B5;
A(2,3)=C6;
A(3,1)=-D3;
A(3,2)=E5;
A(3,3)=B6;
A(3,4)=C7;
A(4,2)=-D2;
A(4,3)=E6;
A(4,4)=B7;
A(5,3)=-D1;
A(5,4)=E7;
A(16,17)=C1;
A(16,18)=D1;
A(17,17)=B1;
A(17,18)=C2;
A(17,19)=D2;
A(18,17)=E1;
A(18,18)=B2;
A(18,19)=C3;
A(18,20)=D3;

A(19,17)=-D1;
A(19,18)=E2;
A(19,19)=B3;
A(19,20)=C4;
A(20,18)=-D2;
A(20,19)=E3;
A(20,20)=B4;

% Матрица свободных членов
S=[    Q4*X(1)+P*(    500*X(2));
      Q3*X(2)+P*(500*X(1)+50*X(3));
      Q2*X(3)+P*(50*X(2)+5*X(4));

```

```

        Q1*X(4)+P*(5*X(3)+X(5));
w1*X(21)+Q*X(5) +P*(X(4)+X(6));
w1*X(22)+Q*X(6) +P*(X(5)+X(7));
w1*X(23)+Q*X(7) +P*(X(6)+X(8));
w1*X(24)+Q*X(8) +P*(X(7)+X(9));
w1*X(25)+Q*X(9) +P*(X(8)+X(10));
w1*X(26)+Q*X(10)+P*(X(9)+X(11));

w1*X(27)+Q*X(11)+P*(X(10)+X(12));
w1*X(28)+Q*X(12)+P*(X(11)+X(13));
w1*X(29)+Q*X(13)+P*(X(12)+X(14));
w1*X(30)+Q*X(14)+P*(X(13)+X(15));
w1*X(31)+Q*X(15)+P*(X(14)+X(16));
w1*X(32)+Q*X(16)+P*(X(15)+X(17));
        Q1*X(17)+P*(X(16)+5*X(18));
        Q2*X(18)+P*(5*X(17)+50*X(19));
        Q3*X(19)+P*(50*X(18)+500*X(20));
        Q4*X(20)+P*500*X(19);

```

```

UA*X(5)+Ls/dt*X(21)+U(1);
UA*X(6)+Ls/dt*X(22)+U(2);
UA*X(7)+Ls/dt*X(23)+U(3);
UA*X(8)+Ls/dt*X(24)+U(4);
UA*X(9)+Ls/dt*X(25)+U(5);
UA*X(10)+Ls/dt*X(26)+U(6);
UA*X(11)+Ls/dt*X(27)+U(7);
UA*X(12)+Ls/dt*X(28)+U(8);
UA*X(13)+Ls/dt*X(29)+U(9);
UA*X(14)+Ls/dt*X(30)+U(10);
UA*X(15)+Ls/dt*X(31)+U(11);
UA*X(16)+Ls/dt*X(32)+U(12)];

```

% Решение методом Гаусса-Жордана

```

Z=rref([A S]);           % приведение расширенной матрицы к треугольному виду
X=Z(1:32,33:33);       % выделение последнего столбца из матрицы

```

% Ток в роторе

```

Ir=[    1000*Rb*X(1)- Rb*(    500*X(2));
      550*Rb*X(2)- Rb*(500*X(1)+50*X(3));
      55*Rb*X(3)- Rb*(50*X(2)+5*X(4));
      6*Rb*X(4)- Rb*(5*X(3)+X(5));
      -wn*X(21)+2*Rb*X(5)- Rb*(X(4)+X(6));
      -wn*X(22)+2*Rb*X(6)- Rb*(X(5)+X(7));
      -wn*X(23)+2*Rb*X(7)- Rb*(X(6)+X(8));
      -wn*X(24)+2*Rb*X(8)- Rb*(X(7)+X(9));
      -wn*X(25)+2*Rb*X(9)- Rb*(X(8)+X(10));

```

```

-wп*x(26)+2*Rb*x(10)-Rb*(x(9)+x(11));
-wп*x(27)+2*Rb*x(11)-Rb*(x(10)+x(12));
-wп*x(28)+2*Rb*x(12)-Rb*(x(11)+x(13));
-wп*x(29)+2*Rb*x(13)-Rb*(x(12)+x(14));
-wп*x(30)+2*Rb*x(14)-Rb*(x(13)+x(15));
-wп*x(31)+2*Rb*x(15)-Rb*(x(14)+x(16));
-wп*x(32)+2*Rb*x(16)-Rb*(x(15)+x(17));
      6*Rb*x(17)-Rb*(x(16)+x(18));
      55*Rb*x(18)-Rb*(5*x(17)+50*x(19));

      500*Rb*x(19)-Rb*(50*x(18)+500*x(20));
      1000*Rb*x(20)-Rb*(500*x(19))];

      % Электромагнитное усилие
F(1)=x(2)*Ir(1)/(2*tz);
for n=1:18
    F(n+1)=(x(n+2)-x(n))*Ir(n+1)/(2*tz);
end;
F(20)=-x(19)*Ir(20)/(2*tz);

      % Скорость
v0=v0+(sum(F)/m)*dt;
end;

      % построение графиков
k=0:k;
subplot(2,1,1);
plot(k*dt,v);
title('скорость');
xlabel('t,c');
ylabel('v,м/с');
grid on;
subplot(2,1,2);
plot(k*dt,f);
title('Электромагнитное усилие');
xlabel('t,c');
ylabel('F,Н');
grid on;
end

```

Результаты моделирования представлены на рис. 4.

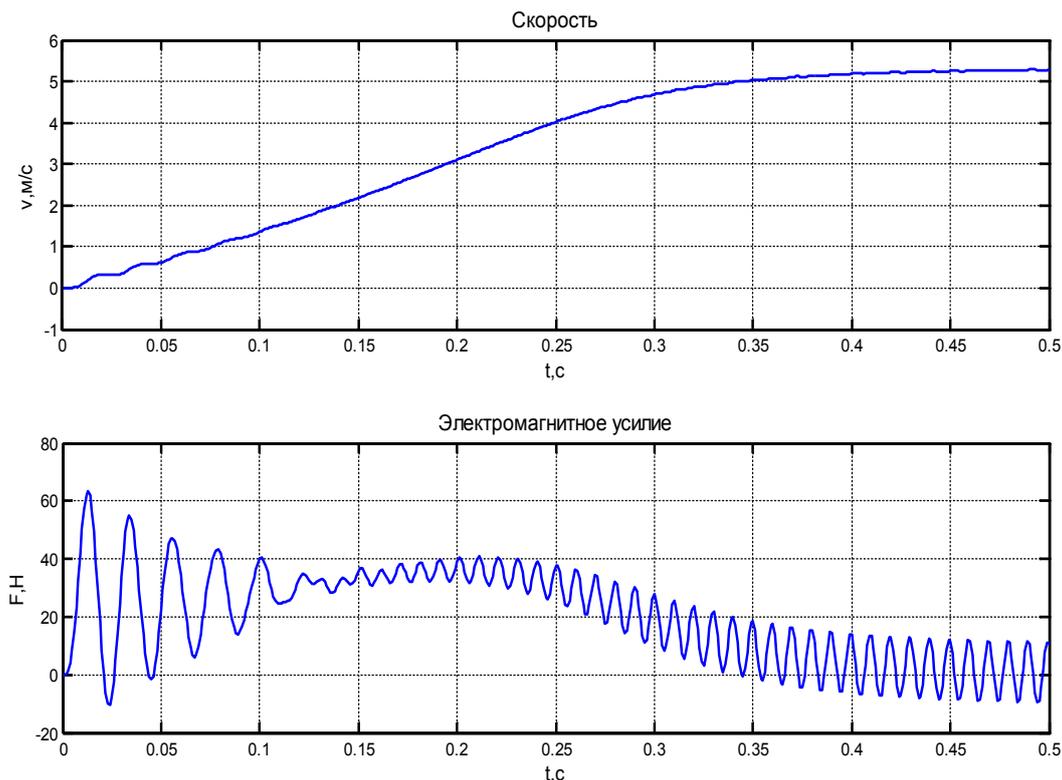


Рис. 4. Результат моделирования асинхронного двигателя в режиме прямого пуска

Литература:

1. Сарапулов Ф.Н., Емельянов А.А., Иваницкий С.В., Резин М.Г. Исследование электромеханических переходных процессов линейного асинхронного короткозамкнутого двигателя // *Электричество*. — 1982. — № 10. — С. 54–57.
2. Емельянов А.А., Богатов Е.А., Клишин А.В., Медведев А.В., Симонович В.Г. Математическая модель линейного асинхронного двигателя на основе магнитных схем замещения // *Молодой ученый*. — 2010. — № 5. — с. 14–22.
3. Емельянов А.А., Медведев А.В., Богатов Е.А., Кобзев А.В., Бочкарев Ю.П. Программирование линейного асинхронного двигателя в MATLAB // *Молодой ученый*. — 2013. — № 3. — С. 129–143.
4. Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Бесклеткин В.В., Козлов А.М. Моделирование асинхронного двигателя с укладкой обмотки статора ($Z_1 = 12$) через спинку ярма // *Молодой ученый*. — 2013. — № 7. — С. 12–27.
5. Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Евдокимов О.В., Габзалилов Э.Ф., Авдеев А.С. Моделирование асинхронного двигателя с укладкой обмотки статора ($Z_1 = 6$) через спинку ярма // *Молодой ученый*. — 2013. — № 6. — С. 1–11.
6. Ануфриев И.Е. и др. MATLAB 7 / Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н.. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 1104 с.

Модифицирование селективных и газочувствительных свойств сенсоров путем легирования

Якушова Надежда Дмитриевна, студент
Пензенский государственный университет

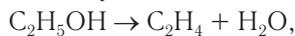
Разработка газовых мультисенсорных систем нового поколения является актуальной задачей современных наук о материалах. Для того, чтобы все элементы системы имели примерно одно время деградации, они должны быть сделаны из одного материала, но отличаться по селективности и газочувствительности [1–8]. Эта актуальная проблема может быть наиболее качественно решена путем направленного легирования. В настоящее время модельные представления развиты недостаточно. Настоящая работа направлена на нахождение физико-химических закономерностей об изменении энергетики адсорбционных центров и о влиянии на газочувствительные свойства при целенаправленном легировании резистивных полупроводниковых датчиков. На примере этанола рассмотрим механизм сенсорной чувствительности полупроводниковых оксидов [9–15].

Многие полупроводниковые оксиды чувствительны к газам-восстановителям, в частности к этанолу. На поверхности композитов на их основе выявлены два основных типа адсорбционных центров — слабые и сильные [16]. Слабые адсорбционные центры соответствуют центрам брэнстедовской кислотности (протоноподобные центры), главные представители которых — гидроксильные группы. Они образуются двумя основными путями:

- адсорбция и диссоциация молекулярной воды из воздуха;
- термическая обработка композитов с последующим удалением воды.

Сильные адсорбционные центры представлены катионами металлов с льюисовской кислотностью (координационно ненасыщенные центры поверхности, обладающие незаполненной электронной оболочкой).

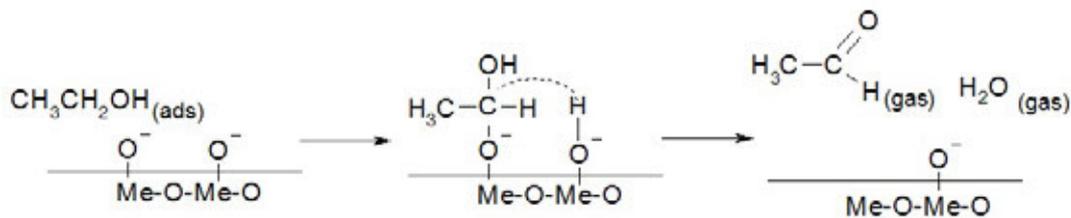
Авторами [17] показано, что при преобладании брэнстедовских центров на поверхности композитов, этанол разлагается с образованием этилена и воды:



а если на поверхности преобладают сильные центры типа Льюиса, конверсия происходит до альдегида:



По нашему мнению, последняя реакция происходит по следующему механизму:



Таким образом, для повышения чувствительности к этанолу необходимо уменьшить число поверхностных центров типа Брэнстеда, чтобы конверсия этанола проходила в сторону альдегида.

Рассмотрим корреляцию между кислотностью поверхности композитов и величиной $\frac{q^2}{r}$ введённого катиона металла, где q — его заряд, r — радиус. В таблице представлены значения величины $\frac{q^2}{r}$ для ряда ионов [18, 19].

Предположим, основой газочувствительного слоя является SnO_2 . Введение в диоксид олова модификатора с более низким $\frac{q^2}{r}$ приводит к уменьшению числа брэнстедовских центров и росту вклада центров типа Льюиса. Наоборот, при введении в диоксид олова таких элементов, как ванадий и молибден наблюдается рост общего количества кислотных центров на поверхности. В этом случае наибольший вклад в поверхностную кислотность вносят брэнстедовские центры.

Таким образом, для роста чувствительности к этанолу необходимо модифицировать газочувствительный полупроводник допантантами с более низким параметром $\frac{q^2}{r}$. На рисунке представлены экспериментальные характеристики, подтверждающие этот факт.

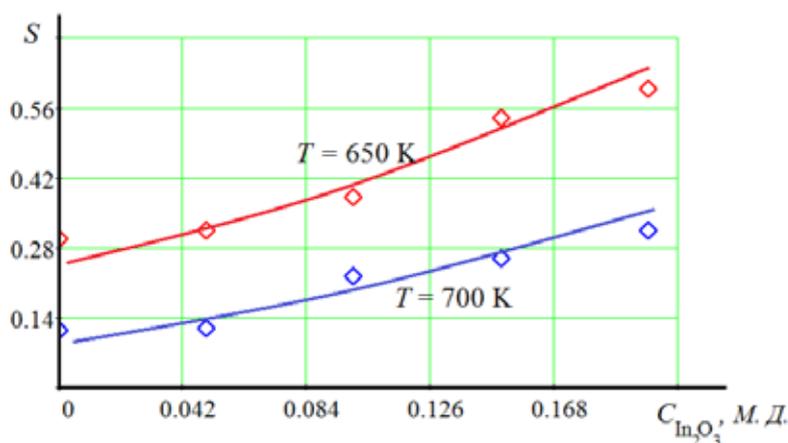


Рис. 1. Зависимость чувствительности композита $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$ к этанолу в зависимости от концентрации In_2O_3

Таким образом, приведены модели конверсии этанола на поверхностных адсорбционных центрах типа Льюиса и типа Бренстеда. Показано, что при преобладании бренстедовских центров этанол разлагается до этилена и воды, что не приводит к росту концентрации электронов в зоне проводимости полупроводника. Отмечено, что рост чувствительности происходит при доминировании на поверхности льюисовских центров.

Литература:

1. Аверин И. А., Александрова О. А., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Типы фазового распада растворов полимеров // Нано- и микросистемная техника, № 7, 2012 год, с. 12–14;
2. Аверин И. А., Никулин А. С., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Чувствительный элемент газового сенсора с наноструктурированным поверхностным рельефом // Датчики и системы. — 2011. — № 2. — с. 24–27;
3. Аверин И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Особенности созревания и спинодального распада самоорганизующихся фрактальных систем // Нано- и микросистемная техника, № 5, 2012 год, с. 29–33;
4. Аверин И. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Особенности низкотемпературной самоорганизации зольей на основе двухкомпонентных систем на основе $\text{SiO}_2 - \text{SnO}_2$ // Нано- и микросистемная техника, № 11, 2011 год, с. 27–30;
5. Пронин И. А. Управляемый синтез газочувствительных пленок диоксида олова, полученных методом золь-гель-технологии // Молодой ученый. — 2012. — № 5. — С. 57–60;
6. Мошников В. А., Грачёва И. Е., Пронин И. А. Исследование материалов на основе диоксида кремния в условиях кинетики самосборки и спинодального распада двух видов // Нанотехника. — 2011. — № 2 (9). — с. 46–54;
7. Аверин И. А., Карпова С. С., Мошников В. А., Никулин А. С., Печерская Р. М., Пронин И. А. Управляемый синтез тонких стекловидных пленок // Нано- и микросистемная техника. — 2011. — № 1. — с. 23–25;
8. Пронин И. А. Анализ концентрации собственных дефектов при создании газочувствительных структур на основе диоксида олова // Молодой ученый. — 2012. — № 8. — С. 7–8;
9. Якушова Н. Д. Методы синтеза пленок модифицированного диоксида олова и их сенсорные свойства // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 9–14;
10. Аверин И. А. Пронин И. А. Особенности фазового состояния неравновесных термодинамических систем полимер-растворитель // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — № 2. — С. 163–170;
11. Печерская Е. А., Рябов Д. В., Якушова Н. Д. Метрологические аспекты модели активного диэлектрика // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. — 2012. — № 1. — С. 208–213;
12. Аверин И. А., Карманов А. А., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Особенности синтеза и исследования нанокompозитных плёнок, полученных методом золь-гель-технологии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — № 2. — С. 155–163;
13. Аверин И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Влияние типа и концентрации собственных дефектов на структуру и свойства диоксида олова // Нано- и микросистемная техника. 2013. — № 1. — С. 27–29;
14. Якушова Н. Д., Димитров Д. Ц. // Чувствительность переходов $\text{ZnO}/\text{ZnO}:\text{Fe}$ к этанолу // Молодой ученый. 2013. № 5. С. 26–28;

15. Пронин И. А., Аверин И. А., Димитров Д. Ц., Мошников В. А. Чувствительность переходов ZnO-ZnO:Fe к парам этанола // Датчики и системы. — 2013. — № 6. — С. 60–63;
16. Аверин И. А., Пронин И. А., Карманов А. А. Исследование газочувствительности сенсоров на основе наноструктурированных композиционных материалов SiO₂-SnO₂ // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — № 5. — С. 23–26;
17. Пронин И. А., Аверин И. А., Димитров Д. Ц., Крастева Л. К., Папазова К. И., Чаначев А. С. Исследование чувствительности к этанолу переходов ZnO — ZnO:Fe на основе тонких наноструктурированных пленок, полученных с помощью золь-гель-технологии // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — № 3 — С. 6–10;
18. Пронин И. А., Аверин И. А., Александрова О. А., Мошников В. А. Модифицирование селективных и газочувствительных свойств резистивных адсорбционных сенсоров путем целенаправленного легирования // Датчики и системы. — 2013. — № 3. — С. 13–16;
19. Moshnikov V. A., Gracheva I., Lenshin A. S., Spivak Y. M., Anchkov M. G., Kuznetsov V. V., Olchowik J. M. Porous silicon with embedded metal oxides for gas sensing applications // Journal of Non-Crystalline Solids. 2012. Т. 358. № 3. С. 590–595.

ХИМИЯ

Фотометрическое определение скандия (III) с бис (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в присутствии третьего компонента

Алиева Рафига Алирза кызы, доктор химических наук, профессор;
Басаргин Николай Николаевич, доктор химических наук, профессор;
Гаджиева Севиндж Рафик кызы, доктор химических наук, профессор;
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук;
Чырагов Фамиль Муса оглы, доктор химических наук, профессор;
Велиева Зарифа Талыб кызы, кандидат химических наук
Бакинский государственный университет

Изучено комплексобразование скандия (III) с бис (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в отсутствие и присутствии семикарбазида, 8-гидроксихинолина и α, α' -дипиридила. Установлены оптимальные условия их образования, рассчитаны спектрофотометрические характеристики. Вычислены константы устойчивости комплексов. Определены их составы различными методами. Изучение влияния посторонних ионов на комплексобразование показало, что определение скандия (III) с этим реактивом в присутствии третьего компонента обладает высокой избирательностью.

Из литературы известны методики фотометрического определения скандия, например, стильбазо, 4-(2-пиридилазо)резорцин, бромпиригаллоловый красный, стильбазохром, резорциальдегид-формил-гидразон, эриохромцианин, о-оксифенилфлуорон. Но контрастность, чувствительность, избирательность определения для большинства реагентов не вполне удовлетворительны. Определению скандия в указанных, а также в других методиках в той или иной степени мешают почти все элементы, сопутствующие ему в промышленных и природных объектах. [1].

Однако поиск новых реакций и разработка на их основе новых фотометрических методов определения скандия расширяет аналитическую химию скандия и облегчает выбор наилучшего из них в каждом конкретном случае. Поэтому разработка высокоизбирательных методик определения скандия (III) считается весьма актуальной.

Азосоединения составляют одну из наиболее многочисленных групп органических реагентов, которые дают цветные реакции со скандием и успешно используются в аналитической химии этого элемента. Исходя из этого, целью настоящей работы было изучение взаимодействия ионов скандия с бис- (2,3,4-тригидроксифенилазо)бензидином.

Бис (2,3,4-тригидроксифенилазо)бензидин относится к классу азосоединений на основе пиригаллола которые считаются ценными аналитическими реагентами для фотометрического определения ряда металлов [2].

Представляло интерес исследование этой новой реакции, а также установление аналитической ценности бензидаина как реагента на скандий.

Реакции с использованием третьих компонентов успешно применяются для определения многих элементов. В ряде случаев по чувствительности и избирательности реакции с участием третьих компонентов отличаются от реакций с участием двух компонентов. А также наши исследования показали, что скандий с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)бензидином в присутствии третьего компонента образуют соединения, аналитически более интересные, то есть более чувствительные и избирательные, чем двухкомпонентные комплексы [3–9].

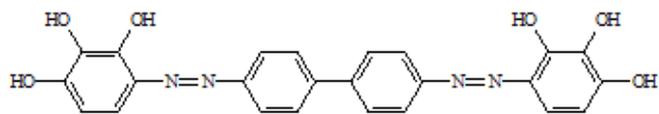
Цель настоящей работы — спектрофотометрическое исследование разнолигандных комплексов скандия с этим реагентом в присутствии и отсутствии семикарбазида, 8-гидроксихинолина и α, α' -дипиридила и разработка высокоселективной методики фотометрического определения его в алюмосиликатных рыхлых отложениях (СГХМ-2).

Экспериментальная часть

Аппаратура. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре «Lambda-40» с компьютерным обеспечением (фирмы «Perkin Elmer») и на фотоэлектродиметре КФК-2 в кювете с толщиной слоя $l=1$ см.

Значение pH анализируемых растворов контролировали pH-метром марки pH-121 со стеклянным электродом. Удельную электропроводность растворов измеряли на кондуктометре КЭЛ-1М2.

Реагенты и растворы. Реагент синтезирован по методике [2], его состав и строение установлены методами элементного анализа и ИК-спектроскопии.



ИК-спектр (cm^{-1}): 1578 (-N=N-); 1042, 1046, 1050, 1054 (Ar-OH)

Вычислено, % С 38,81; Н 2,43; N 11,32; S 8,63.

Найдено, % С 38,79; Н 2,39; N 11,30; S 8,60.

Реагент хорошо растворим в воде. В работе использовали $1 \cdot 10^{-3}\text{M}$ раствор скандия (III) приготовленный из металлического скандия [10], $1 \cdot 10^{-3}\text{M}$ водный раствор реагента (R), $1 \cdot 10^{-2}\text{M}$ водно-этанольные растворы семикарбазида, 8-гидроксихинолина и α, α' -дипиридила. Для создания необходимых значений pH использовали фиксанал HCl (pH1–2) и аммиачно-ацетатные буферные растворы (3–11).

Результаты и их обсуждение

Изучение зависимости комплексобразования от pH показало, что выход комплекса ScR максимален при

pH 3, $\lambda_{\text{max}}=466$ нм, а реагент имеет максимальное поглощение при $\lambda=353$ нм. В присутствии семикарбазида, 8-гидроксихинолина и α, α' -дипиридила образуются трехкомпонентные соединения ScR-Sem, ScR-OX, ScR-Dip оптимальные при pH 2, $\lambda_{\text{max}}=482, 470, 488$ нм. (Рис. 1).

Изучение спектров поглощения разнолигандных комплексов в зависимости от pH среды показало, что при их образовании наблюдается bathochromic shift по сравнению со спектром бинарного комплекса. (Рис. 2).

Соотношение реагирующих компонентов в составе образующихся окрашенных комплексов установлено методами относительного выхода Старика-Барбанеля, сдвига равновесия и изомолярных серий [11]. Результаты всех методов показали, что соотношение компонентов в однороднолигандном комплексе Sc-R равно 1:2, в разнолигандных комплексах равно 1:2:2.

Градуировочный график линеен в диапазоне концентраций Sc-R 0,1–3,24 мкг/мл, Sc-R-Sem 0,05–0,05–2,52 мкг/мл, Sc-R-Ox 0,05–2,88 мкг/мл, Sc-R-a, a'-Dip 0,05–2,88 мкг/мл. Молярные коэффициенты светопоглощения при $l_{\text{опт}}$ комплексов равны $e_{\text{Sc-R}} = (2,1 \pm 0,2) \cdot 10^4$, ($n=4; p=0,95$), $e_{\text{Sc-R-SEM}} = (2,4 \pm 0,2) \cdot 10^4$, ($n=4; p=0,95$), $e_{\text{Sc-R-ox}} = (2,7 \pm 0,2) \cdot 10^4$ ($n=4; p=0,95$), $e_{\text{Sc-R-a, a'-Dip}} = (2,6 \pm 0,2) \cdot 10^4$, ($n=4; p=0,95$),.

Установлено, что в присутствии третьего компонента значительно увеличивается избирательность реакции. Сравнительные данные избирательности фотометрического определения скандия с известными методиками приведены в таблице 2.

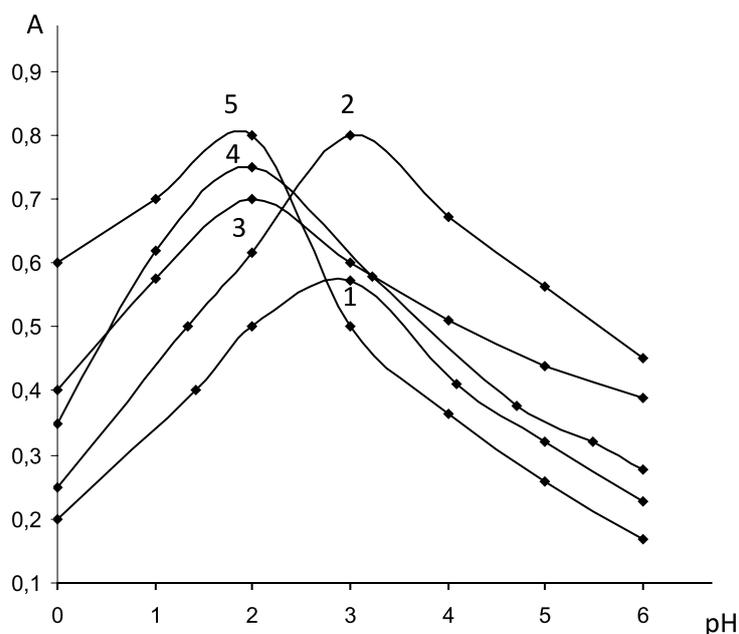


Рис. 1. Спектры поглощения раствора реагента и его комплексов с скандием (III) в присутствии (кривые 3–5) и в отсутствие (кривые 1–2) третьих компонентов при оптимальном значении pH соответствующих систем. 1. — Бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидин (R). 2. — Sc-R 3. — Sc-R-OX-; 4. — Sc-R-DIP; 5. — Sc-R-SEM

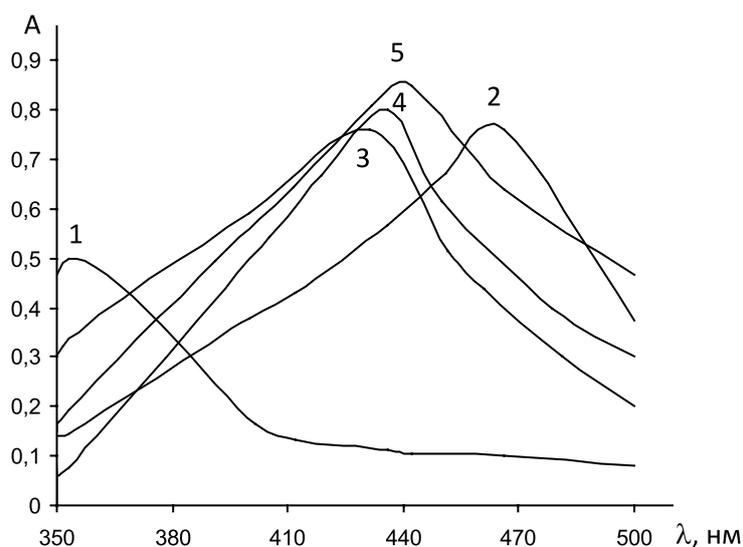


Рис. 2. Зависимость оптической плотности растворов комплекса скандия (Ш) от pH в присутствии и отсутствие тетьих компонентов при $\lambda_{\text{опт}}$ на фоне холостого опыта. 1. — бис- (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидин 2. — Sc-R 3. — Sc-R-OX-; 4. — Sc-R-DIP; 5. — Sc-R-SEM

Таблица 1. Основные спектрофотометрические характеристики реакций скандия (III) с органическими реактивами

Реагент	λ , нм	Sc:R	pH	$e \cdot 10^{-4}$	Интервал подчинения закону Бера, мкг/мл
ХлорфосфозаоIII [12]	640	1:2	2-4	1,47	0,21-1,8
Карбоксиарсеназо I [1]	600	1:1	4	1,61	0,45-2,62
Бис- (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидин	466	1:2	3	2,1	0,1-3,24
Бис- (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидин +SEM	482	1:2:2	2	2,4	0,05-2,52
Бис- (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидин +DIP	488	1:2:2	2	2,6	0,05-2,88
Бис- (2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидин +OX	470	1:2:2	2	2,7	0,05-2,88

Таблица 2. Допустимые соотношения посторонних и маскирующих веществ к скандию при ее определении в виде бинарного и разнолигандных комплексов (массовые соотношения с погрешностью 5%)

Ион или вещество	Sc-R	Sc-R-a, a -Dip	Sc-R- SEM	Sc-R-Ox	Хлорциан формазан [13]	Хлорфосфозао [12]
Na (I)	1:153	1:614	1:460	1:460	1:90	
K (I)	1:235	1:4333	1:8666	1:5341		
Mg (II)	1:300	1:900	1:600	1:600		
Ca (II)	1:273	1:819	1:753	1:546		
Ba (II)	1:304	1:1522	1:1216	1:912		
Zn (II)	1:70	1:700	1:700	1:630	1:130	
Cd (II)	1:249	1:1245	1:996	1:747		
Mn (II)	1:122	1:489	1:611	1:366		
Ni (II)	1:131	1:655	1:524	1:393		
Co (II)	1:131	1:524	1:524	1:393		
Sn (II)	1:142	1:426	1:568	1:284		
Cu (II)	1:46	1:230	1:184	1:184		
La (III)	1:75	1:35	1:97	1:70	1:60	
Sm (III)	1:17	1:34	1:34	1:68		
Hf (III)	1:213	1:395	1:128	1:139		

Ион или вещество	Sc-R	Sc-R-a, a'-Dip	Sc-R- SEM	Sc-R-Ox	Хлорциан формазан [13]	Хлорфосфоназо [12]
Pb (II)	1:100	1:400	1:300	1:200	1:18	Мешает
Al (III)	1:60	1:180	1:180	1:120	1:3	
UO ₂ ²⁺	1:20	1:6	1:25	1:50		
Ga (III)	1:60	1:240	1:240	1:180		
In (III)	1:30	1:150	1:120	1:90		
Nd (III)	1:78	1:234	1:312	1:156		
Bi (III)	1:75	1:150	1:150	1:150		
Cr (III)	1:17	1:85	1:68	1:85		
Zr (IV)	1:92	1:185	1:276	1:185		Мешает
V (V)	1:175	1:350	1:247	1:231		
Mo (VI)	1:107	1:321	1:215	1:215	1:30	
W (VI)	1:126	1:1011	1:1011	1:504		
UO ₂ ²⁺	1:20	1:6	1:25	1:50		Мешает
C ₂ O ₄ ²⁻	1:60	1:240	1:180	1:120		Мешает
Мочевина	1:80	1:160	1:160	1:160		
Тиомочевина	1:50	1:200	1:250	1:150		
Трилон Б	1:20	1:250	1:200	1:180	1:1	Мешает
Лимонная к-та	1:667	1:1334	1:2001	1:1334	1:1	
HPO ₄ ²⁻	1:20	1:14	1:24	1:48	1:1	Мешает
C ₂ O ₄ ²⁻	1:20	1:13	1:20	1:16	1:1	
Сульфосалиц. к-та	1:38	1:17	1:34	1:17	1:5	
F-	1:12	1:4	1:18	1:4	1:1	Мешает

Таблица 3. Удельная электропроводность однородно (при pH 3) и смешанолигандных (при pH 2) комплексов скандия ($m \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$)

V _R , мл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sc-R	7,41	7,41	7,4	7,39	7,38	7,38	7,37	7,36	7,35	7,34
Sc-R-Sem	7,59	7,52	7,48	7,45	7,43	7,41	7,38	7,33	7,29	7,21
ScR-Dip	7,69	7,65	7,62	7,58	7,54	7,51	7,48	7,43	7,39	7,32
Sc-R-OX	7,73	7,70	7,68	7,65	7,60	7,53	7,48	7,43	7,39	7,34

Полученные комплексы исследованы также методом кондуктометрического титрования [14]. Сравнение удельной электропроводности однородно и смешанолигандных комплексов скандия при pH 2 и pH 3 показывает, что электропроводность Sc-R-Sem и ScR-Dip, Sc-R-OX ниже, чем Sc-R (табл.3).

Определение скандия в алюмосиликатных рыхлых отложениях (СГХМ 2)

Ход анализа. Для анализа взято 2,5 г образца алюмосиликатного рыхлого отложения (СГХМ2). Растворяют образец в смеси 10 мл HF + 5 мл HNO₃ + 15 мл HCl нагревают в графитовом тигле при 50⁰-60⁰ С. Для полной

отгонки избытка HF в осадок прибавляют 3 раза 5 мл HNO₃. Полученный раствор растворяют в дистиллированной воде, переводят в колбу емкостью 25 мл и разбавляют дистиллированной водой до метки. Аликвоту полученного раствора помещают в 3 колбы вместимостью 25 мл. В первую колбу добавляют 2 мл $1 \cdot 10^{-3}$ М реагента (R) + 1 мл $1 \cdot 10^{-2}$ М семикарбазида, во вторую колбу 2 мл $1 \cdot 10^{-3}$ М реагента + 1 мл $1 \cdot 10^{-2}$ М 8-гидроксихинолина, в третью колбу 2 мл $1 \cdot 10^{-3}$ М реагента + 1 мл $1 \cdot 10^{-2}$ М -а,а'-дипиридила и разбавляют до метки с pH 2. Оптическую плотность растворов измеряют при $\lambda = 490$ нм в кювете $l = 1$ см на КФК-2 относительно раствора фона. По калибровочной кривой определяют содержание скандия в пробе. Полученные данные показаны в таб. 4.

Таблица 4. Результаты определения скандия в алюмосиликатных рыхлых отложениях (СГХМ-2)

Образец (СГХМ-2)	$\frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$ Найдено, $\bar{x} \pm \sqrt{n}$ %	По паспорту
Sc-R	$(1,5 \pm 0,0005) \cdot 10^{-3}$	0,0015
Sc-R-SEM	$(1,45 \pm 0,0009) \cdot 10^{-3}$	0,0015
Sc-R-0x	$(1,45 \pm 0,0007) \cdot 10^{-3}$	0,0015
Sc-R- α, α' -Dip	$(1,45 \pm 0,0006) \cdot 10^{-3}$	0,0015

Литература:

1. Комиссарова Л. Н. Неорганическая и аналитическая химия скандия. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 510 с.
2. Гамбаров Д. Г. // Новый класс фотометрических реагентов-соединений на основе пирогаллола. Дис. док. хим. наук. М.: МГУ, 1984, 383 с.
3. Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М. Спектрофотометрическое определение скандия (III) с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином и дифенилгуанидином // Азербайджанский химический журнал, № 1, 2006, с. 116–120
4. Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М. Новая методика фотометрического определения скандия (III) в прикаспийской светло-каштановой почве с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в присутствии диантипирилметана и его гомологов // Известия вузов. Химия и химическая технология, 2008, т. 51, № 10, с. 67–70
5. Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М., Ибадов И. Г. Новая методика фотометрического определения скандия (III) с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в присутствии фенантролина // Молодой ученый, 2010, № 3, с. 59–61
6. Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М. Спектрофотометрическое определение скандия (III) с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином и трифенилгуанидином в виде разнолигандного комплекса // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов, № 2, 2010, с. 197–200
7. Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М. Исследование разнолигандных комплексов скандия (III) с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином // «Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем» V Региональная конференция молодых ученых, Иваново, 2010, с. 48
8. Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М. Комплексообразование скандия с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в присутствии папаверина, дибазола и уротропина. // Всероссийская научная конференция (с международным участием) «Успехи синтеза и комплексообразования», Москва, 2011, с. 273–274
9. Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Чырагов Ф. М. Комплексообразование скандия с бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо) бензидином в присутствии а,а'-дипиридила «Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем» VI Региональная конференция молодых ученых, Иваново, 2011, с. 8
10. Лазарев А. И., Харламов И. П., Яковлев П. Я., Яковлева Е. Ф. Справочник химика-аналитика. М.: Металлургия, 1976, 184 с.
11. Булатов М. М., Калинин Н. П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986, с. 432
12. Zhou Z., Xu Y., Tian W. Rapid spectrophotometric determination of scandium with chlorophosphonazo-m-NO₂ // Zhejiang Congxueyan Xuebao, 1998, v. 41, p. 40–49
13. Курбатова Л. Д., Курбатов Д. И. Спектрофотометрическое определение скандия с хлорцианформазаном // Заводская лаборатория, 2006, № 9, с. 18
14. Худякова Т. А., Крешков А. П. Теория и практика кондуктометрического и хронокондуктометрического анализа. М.: Химия, 1976. 304 с.

Анализ каталитических и адсорбционных свойств *d*-металлов-модификаторов диоксида олова

Пронин Игорь Александрович, аспирант
Пензенский государственный университет

Разработка газочувствительных материалов на основе полупроводниковых оксидов металлов — одно из перспективных направлений нанотехнологий [1–5]. В настоящее время в основе подавляющего числа хеморезистивных газовых сенсоров лежит полупроводниковый диоксид олова SnO_2 [6–12]. Существует большое число методов его синтеза для нужд производства датчиков. Однако основным недостатком SnO_2 — большое число различных типов адсорбционных центров на его поверхности, что приводит к низкой селективности распознавания отдельных газов в анализируемых смесях [13]. Поэтому модификация диоксида олова, позволяющая улучшить его селективные свойства, является актуальной задачей. Особое место в модификации поверхности занимают катионы *d*-металлов, отличающиеся специфическими свойствами углового и радиального распределения *d*-орбиталей, определяющего его химические и адсорбционные свойства.

Целью работы является установление соотношения между каталитической и адсорбционной активностью *d*-модификатора и его *d*-электронной конфигурации в рамках приближения теории кристаллического поля. Автор отмечает, что данное приближение является достаточно грубым и не учитывает ряд факторов. Однако из него вытекают простые соотношения между адсорбционными свойствами и строением модификаторов, что актуально перед разработчиками газовых сенсоров и мультисенсорных систем. Несмотря на достаточно простое приближение, эти соотношения подтверждаются большинством окислительно-восстановительных реакций.

Диоксид олова кристаллизуется в решетке типа рутил, пространственная группа — $P4_2/mnm$. На подложке сенсоров SnO_2 находится в поликристаллическом состоянии с размерами кристаллитов, меняющихся от единиц до сотен нанометров. По данным авторов [14, 15], энергия образования поверхности для SnO_2 уменьшается в ряду $(110) < (100) < (011) < (001)$. Это приводит к тому что основной вклад в поверхность композитов вносит семейство плоскостей $\langle 110 \rangle$. По-видимому, данный вывод распространяется на все методы получения газочувствительных структур на основе SnO_2 в большей или меньшей степени. Следует также отметить, что разрыв структуры бесконечного кристалла должен проходить таким образом, чтобы на поверхности не оставалось некомпенсированных дипольных моментов, перпендикулярных ей [16].

На поверхности будут существовать два сорта катионов олова: один с координационным числом 6, находящимся в центре правильного кислородного октаэдра; другой, с координационным числом 5, находящийся в квадратной

пирамиде из ионов кислорода. Некоторые авторы отмечают релаксацию приповерхностной области, которая не изменят трансляционную симметрию. Также следует отметить, что на поверхности обязательно будут присутствовать вакансии кислорода, которые понижают координационное число катионов олова до 4 или даже 3.

При введении модификаторов *d*-металлов в матрицу диоксида олова при малой концентрации будет образовываться твердый раствор замещения [17–22]. В этом случае, ион переходного металла будет иметь ту же координацию, что и замещаемый ион Sn^{4+} . Если взглянуть на форму *d*-орбиталей — рисунок 1, то их можно разделить на две условные группы: орбитали $d_{x^2-y^2}$ и d_z^2 направлены вдоль осей (они носят название e_g -орбиталей); орбитали d_{xy} , d_{zx} , d_{yz} локализованы между осями (t_{2g} -орбитали). В случае расположения *d*-катиона в сферически симметричном поле никакого расщепления орбиталей происходить не будет.

Занимая позицию Sn^{4+} , ион переходного металла находится в октаэдрическом поле анионов кислорода. Из рисунка 1 (верхний ряд) видно, что в этом случае орбитали $d_{x^2-y^2}$ и d_z^2 будут сильнее отталкиваться от O^{2-} , чем все остальные. В этом случае происходит расщепление *d*-уровня на два подуровня. Величину этого расщепления обозначим Δ . Катионы модификатора, которые занимают поверхностное положение иона олова с координационным числом 5, находятся в поле пониженной симметрии — квадратной пирамиде — рисунок 1, нижний ряд. При этом происходит дальнейшее расщепление энергетических подуровней. Так уровни e_g и t_{2g} распадаются на два подуровня.

Применим данную теорию расщепления уровней для процессов адсорбции и катализа на поверхности модифицированного диоксида олова. Для этого учтем, что процесс адсорбции увеличивает координационное число катиона модификатора, а процесс десорбции — уменьшает.

Для количественной оценки выигрыша энергии различных конфигураций окружающих анионов по сравнению со сферической конфигурацией, используем параметр энергии стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП). Например, очевидно, что для октаэдрической конфигурации $(t_{2g})^m (e_g)^n$ (где *m* и *n* — числа электронов на t_{2g} и e_g орбиталях соответственно):

$$\text{ЭСКП} = \frac{\Delta}{10} (4m - 6n). \quad (1)$$

Установлено [23], что для большинства оксидов реализуется случай слабого поля лигандов, т.е. суммарный спин всех *d*-электронов будет максимальным.

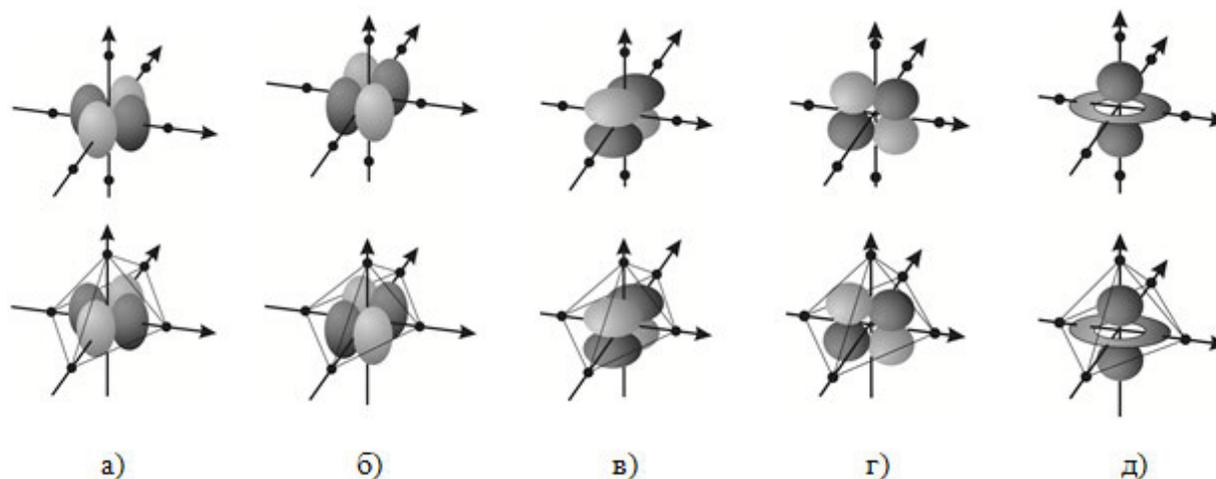


Рис. 1. *d*-орбитали в октаэдрическом поле и поле квадратной пирамиды:
 а) — $d_{x^2-y^2}$; б) — d_{xy} ; в) — d_{zx} ; г) — d_{yz} ; д) — d_z^2

Анализ расчетов показывает, что при переходе «тетраэдр — квадратная пирамида» (хемосорбция молекулы газа на катион, находящийся рядом с вакансией кислорода) во всех случаях, кроме d^0 , d^5 и d^{10} будет наблюдаться выигрыш в энергии, т.е. адсорбция будет происходить в первую очередь на этих активных центрах. При переходе «квадратная пирамида — октаэдр» выигрыш в энергии будет наблюдаться не всегда, а только в случаях d^3 и d^8 . В этом случае, адсорбция таких электроотрицательных молекул, как NH_3 и H_2S будет энерге-

тически выгодна и сопровождается экзотермическим эффектом.

Таким образом, приближение кристаллического поля позволяет прогнозировать каталитические и адсорбционные свойства катионов-модификаторов газочувствительного диоксида олова. Хотя данная модель не учитывает реальные заряды на поверхности, возможности *s*- и *p*-связывания и др., из нее вытекают простые и достаточно достоверные корреляции между адсорбционной и каталитической активностью и структурой *d*-модификатора.

Литература:

1. Пронин И. А., Аверин И. А., Александрова О. А., Мошников В. А. Модифицирование селективных и газочувствительных свойств резистивных адсорбционных сенсоров путем целенаправленного легирования // Датчики и системы. — 2013. — № 3. — С. 13–16;
2. Пронин И. А., Аверин И. А., Димитров Д. Ц., Крастева Л. К., Папазова К. И., Чаначев А. С. Исследование чувствительности к этанолу переходов $\text{ZnO} - \text{ZnO}:\text{Fe}$ на основе тонких наноструктурированных пленок, полученных с помощью золь-гель-технологии // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — № 3 — С. 6–10;
3. Аверин И. А., Пронин И. А., Карманов А. А. Исследование газочувствительности сенсоров на основе наноструктурированных композиционных материалов $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$ // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — № 5. — С. 23–26;
4. Пронин И. А., Аверин И. А., Димитров Д. Ц., Мошников В. А. Чувствительность переходов $\text{ZnO-ZnO}:\text{Fe}$ к парам этанола // Датчики и системы. — 2013. — № 6. — С. 60–63;
5. Якушова Н. Д., Димитров Д. Ц. // Чувствительность переходов $\text{ZnO}/\text{ZnO}:\text{Fe}$ к этанолу // Молодой ученый. 2013. № 5. С. 26–28;
6. Печерская Е. А., Рябов Д. В., Якушова Н. Д. Метрологические аспекты модели активного диэлектрика // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. — 2012. — № 1. — С. 208–213;
7. Якушова Н. Д. Методы синтеза пленок модифицированного диоксида олова и их сенсорные свойства // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 9–14;
8. Moshnikov V. A., Gracheva I., Lenshin A. S., Spivak Y. M., Anchkov M. G., Kuznetsov V. V., Olchowik J. M. Porous silicon with embedded metal oxides for gas sensing applications // Journal of Non-Crystalline Solids. 2012. Т. 358. № 3. С. 590–595;
9. Калинина М. В., Мошников В. А., Тихонов П. А., Томаев В. В., Дроздова И. А. Электронно-микроскопические исследования структуры газочувствительных наноконкомпозитов, полученных гидротермическим методом // Физика и химия стекла. 2003. Т. 29. № 3. С. 450;

10. Грачева И. Е., Максимов А. И., Мошников В. А. Анализ особенностей строения фрактальных наноконпозитов на основе диоксида олова методами атомно-силовой микроскопии и рентгеновского фазового анализа // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2009. № 10. С. 16–23;
11. Томаев В. В., Гарькин Л. Н., Мирошкин В. П., Мошников В. А. Исследование газочувствительности в наноструктурированных пленках на основе диоксида олова методом импедансной спектроскопии // Физика и химия стекла. 2005. Т. 31. № 2. С. 331–339;
12. Мошников В. А., Грачева И. Е. Сетчатые газочувствительные наноконпозиты на основе диоксидов олова и кремния // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2009. № S30. С. 92–98;
13. Аверин И. А., Карпова С. С., Мошников В. А., Никулин А. С., Печерская Р. М., Пронин И. А. Управляемый синтез тонких стекловидных пленок // Нано- и микросистемная техника. — 2011. — № 1. — с. 23–25;
14. Аверин И. А., Никулин А. С., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Чувствительный элемент газового сенсора с наноструктурированным поверхностным рельефом // Датчики и системы. — 2011. — № 2. — 24–27;
15. Аверин И. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Особенности низкотемпературной самоорганизации зольей на основе двухкомпонентных систем на основе SiO_2 — SnO_2 // Нано- и микросистемная техника, № 11, 2011 год, с. 27–30;
16. Мошников В. А., Грачёва И. Е., Пронин И. А. Исследование материалов на основе диоксида кремния в условиях кинетики самосборки и спинодального распада двух видов // Нанотехника. — 2011. — № 2 (9). — с. 46–54;
17. Пронин И. А. Управляемый синтез газочувствительных пленок диоксида олова, полученных методом золь-гель-технологии // Молодой учёный. — 2012. — № 5. — С. 57–60;
18. Аверин И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Особенности созревания и спинодального распада самоорганизующихся фрактальных систем // Нано- и микросистемная техника, № 5, 2012 год, с. 29–33;
19. Аверин И. А., Александрова О. А., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Типы фазового распада растворов полимеров // Нано- и микросистемная техника, № 7, 2012 год, с. 12–14;
20. Пронин И. А. Анализ концентрации собственных дефектов при создании газочувствительных структур на основе диоксида олова // Молодой учёный. — 2012. — № 8. — С. 7–8;
21. Аверин И. А. Пронин И. А. Особенности фазового состояния неравновесных термодинамических систем полимер-растворитель // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — № 2. — С. 163–170;
22. Аверин И. А., Карманов А. А., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Особенности синтеза и исследования наноконпозитных плёнок, полученных методом золь-гель-технологии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — № 2. — С. 155–163;
23. Аверин И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Влияние типа и концентрации собственных дефектов на структуру и свойства диоксида олова // Нано- и микросистемная техника. 2013. — № 1. — С. 27–29.

Метод расчета нестационарных изменений концентрации в выпарных установках

Шмаль Игорь Иванович, кандидат физико-математических наук

В статье изложена методика расчета изменения концентрации раствора в выпарных установках. Рассматриваются ненасыщенные растворы. Расчетная область представляет собой U-образный сосуд, в нисходящей ветви которого поддерживается постоянный уровень и параметры раствора, а в восходящей ветви производится подвод тепла. В восходящей ветви происходит испарение и рост концентрации раствора. Учтено положение уровня в восходящей ветви, оказывающее влияние на массу раствора и его концентрацию. Методика расчета пригодна для описания, как роста, так и снижения концентрации раствора; учтено положение уровня в сосудах.

Ключевые слова: *раствор, концентрация, расчет, баланс, динамика, перепад уровней.*

При процессе изменения концентрации раствора в выпарных установках требуются оценки динамического состояния системы. Данный физический процесс предшествует появлению твердой фазы, т.к. рассматриваются концентрации растворов, не достигших насыщения. Все

перечисленное особенно актуально для химических технологий [1, 2].

В ряде случаев для повышения концентрация растворов и последующего получения твердой фазы используются U-образные сообщающиеся сосуды, в одну из по-

ловин которых производится подача раствора с малой концентрацией растворенного вещества, а во второй половине происходит подвод тепла, отток пара, увеличение концентрации и возможно образование твердой фазы (после достижения параметров насыщения раствора). Обычно в динамическом расчете используются тепловой и массовый баланс, на основе которого определяется состояние системы [1, 2].

Граничные и начальные условия: известна зависимость объема раствора в восходящей ветви от уровня — $V_u(h_u)$; параметры в нисходящей ветви (плотность ρ_d , концентрация раствора c_d , уровень h_d) остаются неизменными; задано значение теплоподвода в восходящей ветви установки — $N_{\text{под}}(t)$; известна связь между плотностью раствора и концентрацией — $\rho(c)$.

Так как в восходящей ветви подводится тепло для испарения растворителя и известна его зависимость от времени $N_{\text{под}}(t)$, то можно получить простые соотношения для описания системы.

Определяем расход образующегося пара — $G_{\text{пар}}(t) = \frac{N_{\text{под}}(t)}{c_p \cdot \Delta T + r}$, где c_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении, ΔT — перепад температур между температурой насыщения и температурой раствора в опускном участке, r — удельная теплота парообразования. Для вычисления уровня раствора в восходящей ветви используется связь между весовыми столбами в нисходящей (индекс d) и восходящей (индекс u) ветви установки:

$$\rho_d \cdot h_d \cdot g = \rho_u \cdot h_u \cdot g, h_u = \rho_d \cdot h_d / \rho_u, \Delta h = h_d - h_u.$$

Зная связь между уровнем раствора в восходящей ветви и объемом раствора, можно определить объем раствора $V_u(h_u)$ и массу $M_u^{\text{sum}} = V_u(h_u) \cdot \rho_u(c)$.

Для описания изменения массы раствора в восходящей ветви устройства, которое возникает из-за разницы в оттоке пара и притока раствора, используется соотношение:

$$d(\rho(c) \cdot V_u(h_u))/dt = G_d(t) - G_{\text{пар}}(t).$$

Автором была разработан, апробирован и использован следующий алгоритм поиска нестационарного решения для описания динамики выпарного аппарата. Суть его состоит в следующем.

Пусть известно некоторое «начальное» состояние аппарата — все определяющие параметры для его описания в некоторый момент времени $t=0$. Допустим, что есть возможность рассчитать «новое» значение массы растворенного вещества в восходящей ветви, которое остается неизменным в ходе итерационного процесса — $M_u^{\text{sol}}(t)$, $t>0$. Это «новое» значение массы растворенного вещества можно получить, принимая одинаковыми расходы пара, покидающего восходящую ветвь, с притоком из нисходящей ветви $G_d \approx G_{\text{пар}}$:

$$M_u^{\text{sol}}(t) = M_u^{\text{sol}}(t=0) + \int_0^t G_d \cdot c' dt.$$

Алгоритм решения предлагается следующий:

1. принимаем суммарную массу раствора в восходящей ветви, равной начальному значению — $M_u^{\text{sum}*} = M_u^{\text{sum}}(t=0)$;
2. значение массы растворителя получаем, вычитая из суммарной массы раствора массу растворителя — $M_u^{\text{solvent}} = M_u^{\text{sum}*} - M_u^{\text{sol}}$;
3. значения для концентраций вычисляются следующим образом — $c' = M_u^{\text{sol}} / M_u^{\text{sum}*}$, $c = M_u^{\text{sol}} / M_u^{\text{solvent}}$. Найденные величины следует сравнивать с предельными концентрациями, в случае превышения последних — следует использовать концентрации для насыщенного раствора. В общем же случае, когда процесс соответствует появлению твердой фазы — кристаллизации, — следует использовать другой метод. Этот метод изложен в работе [3];
4. плотность раствора определяется по известной нам зависимости $\rho = \rho(c)$;
5. находим уровень жидкости в восходящей ветви через связь уровней в сообщающихся сосудах — $h_u = \rho_d \cdot h_d / \rho_u$;
6. определяем объем, занятый раствором в восходящей ветви, и соответствующую массу раствора — $V = V(h_u)$, $M_u^{\text{sum**}} = \rho(c) \cdot V_u(h_u)$;
7. сравниваем найденное значение ($M_u^{\text{sum**}}$) с заданным в начале расчета (пункт 1, $M_u^{\text{sum}*}$). Если разница между ними превышает необходимую точность расчета, то повторяем оценку. Для этого необходимо использовать «последнее», полученное в расчете значение массы смеси, и повторить весь алгоритм с первого пункта ($M_u^{\text{sum}*} = M_u^{\text{sum**}}$).

Из вычислений, многократно проведенных автором, решение с точностью до 4–7 значащих цифр $M_u^{\text{sum}}(t)$ можно построить менее чем за 5–6 итераций.

Алгоритм может быть реализован с помощью простейших программных средств, например, с привлечением MS Excel и т. п.

Для процессов разбавления-очистки выпарных установок, когда в восходящей ветви могут существовать дополнительные расходы/стоки растворов, методика также пригодна. В приведенных уравнениях появятся некоторые поправки в виде дополнительных источников/стоков раствора.

Новизна в этой методике — простота методики определения динамических параметров растворов с учетом разности уровней в сообщающихся сосудах и зависимости плотности раствора от концентрации. При описании процессов изменения температуры в химических аппаратах, которые приводят к изменению плотности растворов, а также изменению составляющих компонентов массы, уровня раствора и концентрации растворенных веществ, использование методики не требует существенной переработки. Следует еще раз подчеркнуть, что предложена методика расчета динамических характеристик растворов с помощью простейших аналитических оценок и минимального объема алгебраических вычислений.

В ряде технологий возникают близкие проблемы, например, в ядерной энергетике [4]. Речь идет о концентрации и возможности кристаллизации борной кислоты

при длительном кипении теплоносителя в активной зоне реакторной установки в аварийных процессах. Предложенная методика может быть полезной и в этом случае.

Литература:

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: «Химия», 1970, 784 с.
2. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. М.: «Химия», 1981, 812 с.
3. Шмаль И. И. Аналитические оценки для процесса кристаллизации // Молодой ученый, 2013 — № 7. — С. 30–31.
4. Логвинов С. А., Безруков Ю. А., Драгунов Ю. Г. Экспериментальное обоснование теплогидравлической надежности реакторов ВВЭР. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004, 255 с.

Проблемы моделирования кристаллизации

Шмаль Игорь Иванович, кандидат физико-математических наук

В статье предложена методика для описания двухфазных смесей — суспензий, взвеси кристаллических частиц в насыщенном растворе. Расчетная область рассматривается в виде U-образного сосуда, в нисходящей ветви которой поддерживается постоянный уровень, а в восходящей ветви производится подвод тепла, испарение и кристаллизация. Проведено сравнение с другим случаем процесса кристаллизации, когда образование твердой фазы происходит на стенках аппарата либо формируется слой отложений на дне.

Ключевые слова: раствор, твердая фаза, кристаллизация, суспензия.

При расчете процессов кристаллизации в выпарных аппаратах-кристаллизаторах возникает задача определения состава двухфазной смеси — твердой фазы и насыщенного раствора. Этот вопрос особенно актуален в химических технологиях [1, 2].

В ряде случаев для получения твердой фазы из раствора используются U-образные сообщающиеся сосуды, в одну из частей которых производится подача раствора с малой концентрацией растворенного вещества, а во второй половине в результате подвода тепла происходит увеличение концентрации и образование твердой фазы. В обычном расчете выполняются тепловой и массовый балансы, с помощью которых определяют количество образующейся твердой фазы.

Ранее [3] были получены соотношения для описания двухфазной смеси в выпарном аппарате-кристаллизаторе для случая, когда кристаллизация происходит на поверхностях нагрева и стенках восходящей ветви (для краткости — «модель осаждения») либо осаждается на дне.

Свойства веществ могут значительно различаться, а поэтому на описание процесса образования двухфазной смеси — суспензии, — следует обратить внимание. Далее именуем эту модель — «суспензия».

Пусть поперечное сечение восходящей ветви кристаллизатора постоянно. Это условие позволяет получить простые соотношения для восходящей ветви, где происходит процесс кристаллизации и образуется суспензия.

Пусть будут известны в нисходящей ветви следующие фиксированные величины: плотность раствора ρ_d и фиксированное значение уровня h_d . Допустим, что в некоторый момент времени в восходящей ветви известны: суммарная масса растворенного вещества в суспензии (как в растворе, так и во взвеси) M_{up}^{sum} , концентрация насыщенного раствора c' (на единицу массы раствора), плотность раствора $\rho^{liq}(c')$ при c' , плотность твердой фазы ρ^{cry} , площадь поперечного сечения F_{up} . Находим суммарную массу суспензии для восходящей ветви:

$$h_d \cdot \rho_d = h_{up} \cdot \rho_{up}^{mixture}, \quad M_{up}^{mixture} = F_{up} \cdot h_{up} \cdot \rho_{up}^{mixture}.$$

Масса растворителя в восходящей ветви теперь может быть определена:

$$M_{up}^{solvent} = M_{up}^{mixture} - M_{up}^{sum}.$$

Массу раствора для восходящей ветви получаем из соотношения:

$$M_{up}^{liquid\ phase} = \frac{c' \cdot M_{up}^{solvent}}{1000} / \left(1 - \frac{c'}{1000}\right).$$

Вычисляем массу твердой фазы в восходящей ветви аппарата:

$$M_{up}^{solid\ phase} = M_{up}^{mixture} - M_{up}^{liquid\ phase}.$$

Объемы для компонентов в восходящей ветви вычисляем следующим образом:

$$V_{up}^{solid\ phase} = \frac{M_{up}^{solid\ phase}}{\rho_{cry}},$$

$$V_{up}^{liquid\ phase} = \frac{M_{up}^{liquid\ phase}}{\rho_{liq}(c')},$$

$$V_{up}^{sum} = V_{up}^{solid\ phase} + V_{up}^{liquid\ phase}.$$

Определяем высоту уровня суспензии в подъемной ветви, объемное и массовое содержание твердой фазы в смеси:

$$h_{up} = V_{up}^{sum} / F_{up}, \alpha = \frac{V_{up}^{solid\ phase}}{V_{up}^{sum}}, x = \frac{M_{up}^{solid\ phase}}{M_{up}^{sum}}.$$

Новизна — возможность отслеживания динамики свойств суспензии в условиях кристаллизации с привлечением минимума данных. Особенно важно для аварийных, «нерасчетных» режимов эксплуатации кристаллизатора. Для процессов снижения/наброса температуры в химических аппаратах, которые приводят к изменению фазового состава смеси, данные оценки также пригодны.

Теперь следует обратить внимание на сравнение изложенной модели двухфазной смеси «суспензии» с «моделью осаждения» [3], когда рассматривается модель двухфазной смеси — насыщенный раствор/отложения на стенках либо на дне аппарата. В общем случае выбор модели определяется физико-химическими свойствами компонентов смеси. Также обязательным является учет особенностей физического процесса. Например, длительность рассматриваемого процесса должна верно со-

относиться со скоростью осаждения частиц в суспензии, подводимая тепловая мощность должна учитывать соотношения между высотными отметками поверхности нагрева и уровнем смеси, толщина отложений на поверхности нагрева влияет на подводимое количество тепла и т. п.

Тем не менее, произведем сравнение результатов двух методик на одной из солей — для «суспензии» и «модели осаждения». Еще раз следует напомнить, что при этом игнорировались многие физико-химические свойства соли, влияющие на конкретные физические процессы при образовании твердой фазы. Учитывались исключительно следующие свойства: плотность твердой и жидкой фаз, параметры насыщенного раствора.

На рисунках 1–4 в сравнении представлены основные результаты расчета для обеих моделей. Завышенные, редко встречающиеся в химических технологиях, параметры на оси абсцисс могут соответствовать исключительно аварийным режимам работы аппарата. Кроме того, они позволяют наглядно продемонстрировать отличие моделей. Различие в результатах обусловлено разницей в плотности двухфазной смеси, заполняющей восходящую ветвь устройства. Для «модели осаждения» плотность раствора неизменна, соответствует параметрам насыщения, изменяется лишь объем, занятый жидкой фазой из-за выпадения кристаллов. Для «суспензии» плотность смеси определяется как плотностью насыщенного раствора, плотностью твердой фазы, а также ее массовым содержанием.

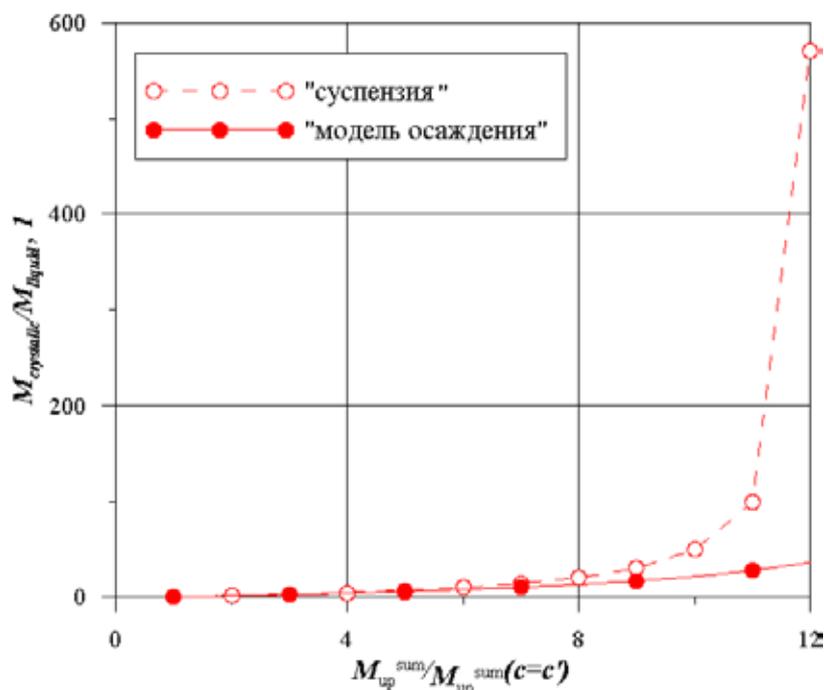


Рис. 1. Относительная масса твердой фазы

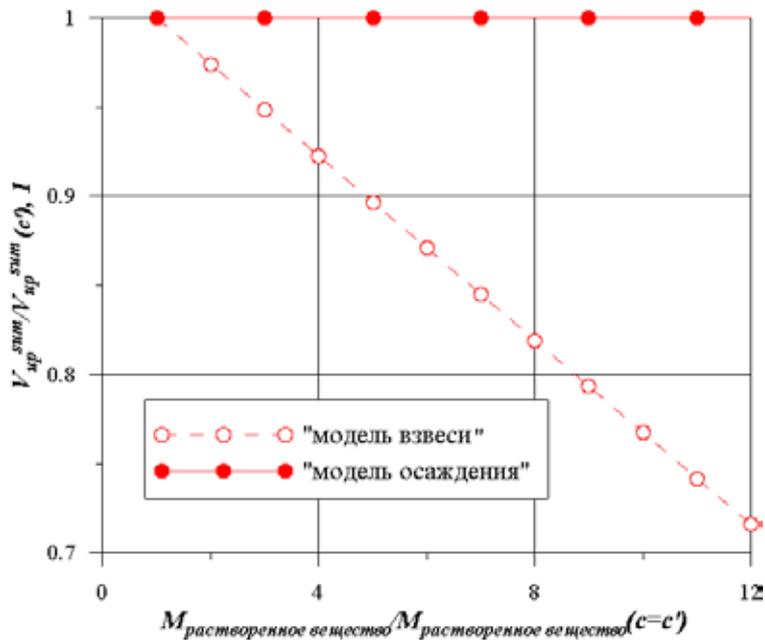


Рис. 2. Объем смеси в подъемной ветви

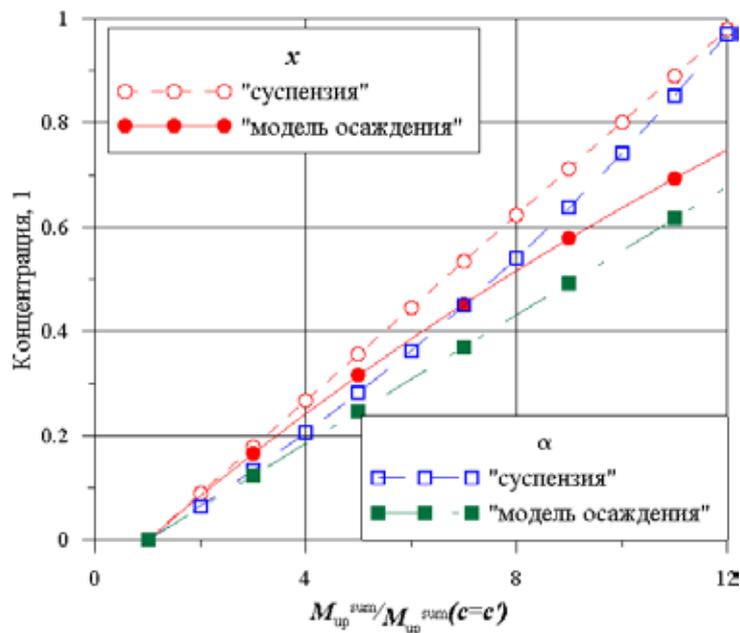


Рис. 3. Концентрация твердой фазы

Существенное различие результатов, с точки зрения работоспособности аппарата, для перечисленных моделей — изменение объема и уровня смеси, которыми нельзя пренебрегать при описании аварийных режимов с отклонениями от номинальных параметров. В этом случае важными становятся высотные отметки поверхности нагрева, уровня суспензии в устройстве, количество жидкой фазы.

В ряде промышленных технологий возникают очень близкие проблемы, например, в ядерной энергетике [3], где затрагивался вопрос о возможности повышения концентрации и образования твердой фазы из насыщенного раствора при длительном кипении теплоносителя в активной зоне. Все изложенное может найти применение в этом случае.

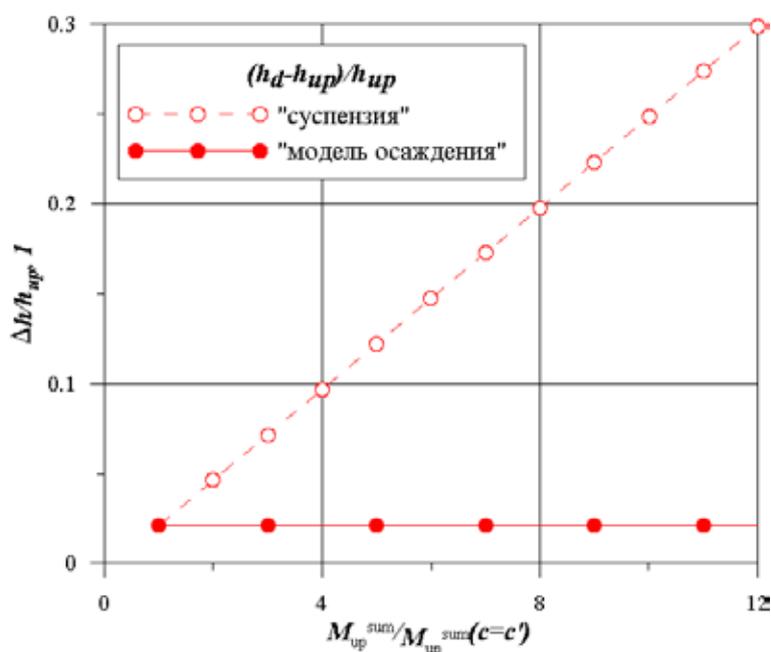


Рис. 4. Положение уровня в восходящей ветви

Литература:

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Госхимиздат, 1961, 830 с.
2. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: «Химия», 1981, 812 с.
3. Шмаль И. И. Аналитические оценки для процесса кристаллизации // Молодой ученый. — 2013. — № 7. — С. 30–31.
4. Логвинов С. А., Безруков Ю. А., Драгунов Ю. Г. Экспериментальное обоснование теплогидравлической надежности реакторов ВВЭР. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004, 255 с.

Получение оксидных материалов методом алкоксотехнологии

Якушова Надежда Дмитриевна, студент
Пензенский государственный университет

Получение неорганических оксидных материалов — актуальная задача для микро- и нанoeлектронной, оптоэлектронной, аэрокосмической и других областей науки и техники. Преобладающие на сегодняшний день традиционные технологии их синтеза, подразумевающие использование в качестве прекурсоров неорганических солей металлов, оксидов и гидроксидов, в значительной мере исчерпали себя [1–5]. Альтернативой традиционным методам, лишенной их недостатков, является использование в качестве прекурсоров алкоксидов различных химических элементов. Данный метод получил название алкоксотехнологии. За рубежом алкоксотехнология достаточно давно позволила начать выпуск ряда материалов для микроэлектроники, космических технологий [6, 7].

На сегодняшний день можно выделить ряд преимуществ алкоксотехнологии перед традиционными методами [8–10]:

- высокая чистота конечных продуктов;
- химическая и структурная однородность многокомпонентных систем;
- простота создания покрытий;
- низкие температуры синтеза;
- высокая экологичность;
- возможность синтеза новых неорганических соединений;
- простота управления структурой.

В работах авторов [11–19] установлено, что при варьировании условиями синтеза покрытий, полученных с помощью алкоксотехнологии, возможно гибкое управление структурой полученных композитов. На рисунке показана структура покрытий состава $\text{SnO}_2 - \text{SiO}_2$, при различных условиях синтеза. Он отражает получение нуклеофильных сферических зародышей, перколяционный стягивающий кластер и спинодальный распад золя.

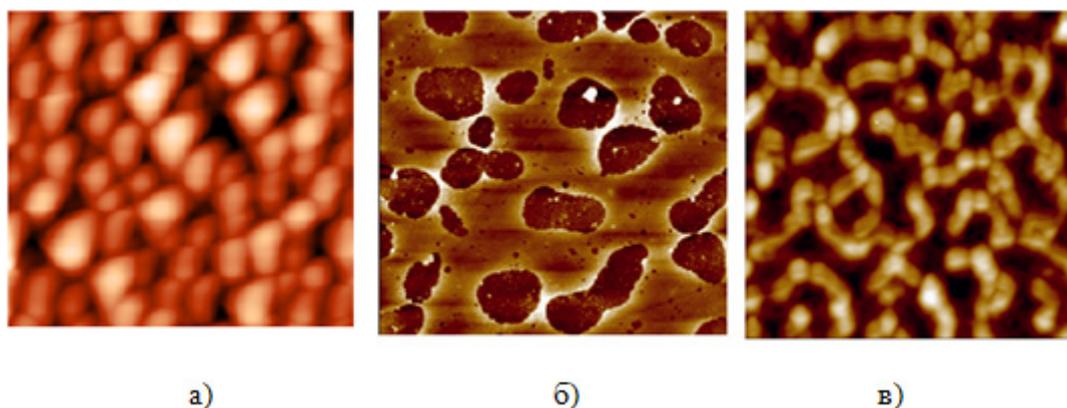


Рис. 1. Структура покрытий, полученных алкоксотехнологией: а) — нуклеофильный рост кластеров; б) — перколяционный стягивающий кластер; в) — спиновальный распад золя

Несмотря на то, что количество публикаций на эту тему в мире исчисляется тысячами, в отечественной литературе они единичны и часто носят академический характер. В связи с этим появляется недооценка алкоксотехнологии как метода синтеза нанопокровтий для нужд промышленности. Таким образом, перспективным является развитие научных представлений процессов алкоксотехнологии, а также управляемый синтез продуктов, полученных с ее помощью.

В работе развиты физико-химические основы алкоксотехнологии. Автором изучены процессы образования золей, предложены методы управления их структурой за

счет варьирования технологических режимов. Предложен фрактальный подход к механизмам синтеза золей, что качественно повысит управляемость структуры и свойств кластеров в золях. Экспериментальные исследования включают в себя всестороннее изучение свойств и структуры самих золей, так и покрытий, получаемых на их основе [20–23].

Совокупность предложенных методов и подходов позволит развить научные основы метода алкоксотехнологии применительно к созданию керамических материалов авиа- и космической промышленности.

Литература:

1. Аверин И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Влияние типа и концентрации собственных дефектов на структуру и свойства диоксида олова // Нано- и микросистемная техника. 2013. — № 1. — С. 27–29;
2. Аверин И. А., Карманов А. А., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Особенности синтеза и исследования нанокompозитных плёнок, полученных методом золь-гель-технологии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — № 2. — С. 155–163;
3. Аверин И. А., Пронин И. А. Особенности фазового состояния неравновесных термодинамических систем полимер-растворитель // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — № 2. — С. 163–170;
4. Пронин И. А. Анализ концентрации собственных дефектов при создании газочувствительных структур на основе диоксида олова // Молодой учёный. — 2012. — № 8. — С. 7–8;
5. Аверин И. А., Александрова О. А., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Типы фазового распада растворов полимеров // Нано- и микросистемная техника, № 7, 2012 год, с. 12–14;
6. Аверин И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Особенности созревания и спиновального распада самоорганизующихся фрактальных систем // Нано- и микросистемная техника, № 5, 2012 год, с. 29–33;
7. Пронин И. А. Управляемый синтез газочувствительных пленок диоксида олова, полученных методом золь-гель-технологии // Молодой учёный. — 2012. — № 5. — С. 57–60;
8. Мошников В. А., Грачёва И. Е., Пронин И. А. Исследование материалов на основе диоксида кремния в условиях кинетики самосборки и спиновального распада двух видов // Нанотехника. — 2011. — № 2 (9). — с. 46–54;
9. Аверин И. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Особенности низкотемпературной самоорганизации золей на основе двухкомпонентных систем на основе SiO_2 — SnO_2 // Нано- и микросистемная техника, № 11, 2011 год, с. 27–30;
10. Аверин И. А., Никулин А. С., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Чувствительный элемент газового сенсора с наноструктурированным поверхностным рельефом // Датчики и системы. — 2011. — № 2. — с. 24–27;

11. Аверин И.А., Карпова С.С., Мошников В.А., Никулин А.С., Печерская Р.М., Пронин И.А. Управляемый синтез тонких стекловидных пленок // Нано- и микросистемная техника. — 2011. — № 1. — с. 23–25;
12. Якушова Н.Д. Методы синтеза пленок модифицированного диоксида олова и их сенсорные свойства // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 9–14;
13. Печерская Е.А., Рябов Д.В., Якушова Н.Д. Метрологические аспекты модели активного диэлектрика // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. — 2012. — № 1. — С. 208–213;
14. Якушова Н.Д., Димитров Д.Ц. // Чувствительность переходов $ZnO/ZnO:Fe$ к этанолу // Молодой ученый. 2013. № 5. С. 26–28;
15. Томаев В.В., Гарькин Л.Н., Мирошкин В.П., Мошников В.А. Исследование газочувствительности в наноструктурированных пленках на основе диоксида олова методом импедансной спектроскопии // Физика и химия стекла. 2005. Т. 31. № 2. С. 331–339;
16. Мошников В.А., Грачева И.Е. Сетчатые газочувствительные нанокompозиты на основе диоксидов олова и кремния // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2009. № S30. С. 92–98;
17. Грачева И.Е., Максимов А.И., Мошников В.А. Анализ особенностей строения фрактальных нанокompозитов на основе диоксида олова методами атомно-силовой микроскопии и рентгеновского фазового анализа // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2009. № 10. С. 16–23;
18. Пронин И.А., Аверин И.А., Димитров Д.Ц., Мошников В.А. Чувствительность переходов $ZnO-ZnO:Fe$ к парам этанола // Датчики и системы. — 2013. — № 6. — С. 60–63;
19. Аверин И.А., Пронин И.А., Карманов А.А. Исследование газочувствительности сенсоров на основе наноструктурированных композиционных материалов SiO_2-SnO_2 // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — № 5. — С. 23–26;
20. Пронин И.А., Аверин И.А., Димитров Д.Ц., Крастева Л.К., Папазова К.И., Чаначев А.С. Исследование чувствительности к этанолу переходов $ZnO - ZnO:Fe$ на основе тонких наноструктурированных пленок, полученных с помощью золь-гель-технологии // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — № 3 — С. 6–10;
21. Пронин И.А., Аверин И.А., Александрова О.А., Мошников В.А. Модифицирование селективных и газочувствительных свойств резистивных адсорбционных сенсоров путем целенаправленного легирования // Датчики и системы. — 2013. — № 3. — С. 13–16;
22. Калинина М.В., Мошников В.А., Тихонов П.А., Томаев В.В., Дроздова И.А. Электронно-микроскопические исследования структуры газочувствительных нанокompозитов, полученных гидропиролитическим методом // Физика и химия стекла. 2003. Т. 29. № 3. С. 450;
23. Moshnikov V. A., Gracheva I., Lenshin A. S., Spivak Y. M., Anchkov M. G., Kuznetsov V. V., Olchowik J. M. Porous silicon with embedded metal oxides for gas sensing applications // Journal of Non-Crystalline Solids. 2012. Т. 358. № 3. С. 590–595.

ИНФОРМАТИКА

Сравнительный анализ алгоритмов сортировки данных в массивах

Дупленко Александр Геннадьевич, программист
НОУ «Учебный центр Олега Видякина» МАОУ Гимназия № 1 (г. Калининград)

Статья посвящена проблеме выбора оптимального алгоритма сортировки данных в массивах, что предполагает сравнительный анализ алгоритмов. Рассмотрены алгоритмы устойчивой и неустойчивой сортировки; непрактичные алгоритмы; алгоритмы, не основанные на сравнениях; алгоритмы топологической сортировки. Представлены результаты сравнительного анализа достоинств и недостатков данных видов сортировки, а также сравнения отдельных алгоритмов по параметрам «устойчивость» и «скорость» с помощью матричного метода.

Ключевые слова: алгоритм сортировки, сравнение алгоритмов сортировки.

Используемые в настоящее время объемы массивов данных достигают размеров, которые еще десятилетие назад казались почти невероятными. Чем большими становятся объемы перерабатываемых данных, тем актуальнее становится задача оптимизации используемых алгоритмов, в том числе и сортировки. В то же время по-прежнему важными остаются задачи, не требующие повышения скорости алгоритмов. Например, для образовательных целей часто более важной является их простота.

Рост требований к скорости алгоритмов сортировки и расширение круга задач, для которых они используются, приводит к тому, что по-прежнему важной и актуальной остается задача сравнительного анализа алгоритмов сортировки.

Целью проведенного исследования было сопоставление преимуществ и недостатков наиболее распространенных алгоритмов сортировки данных в массивах.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Определить наиболее распространенные алгоритмы сортировки данных;
2. Выявить достоинства и недостатки данных алгоритмов;
3. Сопоставить достоинства и недостатки алгоритмов сортировки.

При определении наиболее распространенных алгоритмов мы пользовались следующей классификацией: алгоритмы устойчивой сортировки; алгоритмы неустойчивой сортировки; непрактичные алгоритмы сортировки; алгоритмы, не основанные на сравнениях и алгоритмы топологической сортировки.

При использовании алгоритмов устойчивой (стабильной) сортировки при наличии в наборе данных нескольких равных элементов в отсортированном наборе они сохраняются в том же порядке, в котором были в исходном наборе. Таким образом, устойчивая сортировка не меняет относительный порядок сортируемых элементов, имеющих одинаковые ключи. К числу алгоритмов устойчивой сортировки относятся сортировка пузырьком (Bubble sort), сортировка перемешиванием (шейкерная, Cocktail sort, Bidirectional bubble sort), гномья сортировка (Gnome sort), сортировка вставками (Insertion sort), сортировка слиянием (Merge sort), сортировка с помощью двоичного дерева (Tree sort), алгоритм сортировки Тима Петерса (Timsort), сортировка подсчетом (Counting sort), блочная сортировка (корзинная сортировка, Bucket sort) и ряд других.

К числу общих преимуществ алгоритмов устойчивой сортировки относится то, что сохранение взаимного расположения равных элементов важно при сортировке по одному полю данных, состоящих из нескольких полей. Следует отметить, однако, что этого можно добиться и путем удлинения исходных ключей за счёт дополнительной информации об их первоначальном порядке [1, с. 54]. Общим недостатком алгоритмов устойчивой сортировки является то, что они не гарантируют, что для обеспечения устойчивости практически всегда необходимы дополнительная память и время (таблица 1).

При использовании алгоритмов неустойчивой сортировки могут меняться местами данные с одинаковыми значениями. Это является недостатком в том случае, когда при сортировке по одному полю данных, состоящих из нескольких полей, важно сохранение взаимного расположения равных элементов важно при сортировке по одному

Таблица 1. Сравнение преимуществ и недостатков основных видов алгоритмов сортировки

№ п/п	Виды алгоритмов сортировки	Преимущества	Недостатки
1.	Алгоритмы устойчивой сортировки	Сохранение взаимного расположения равных элементов важно при сортировке по одному полю данных, состоящих из нескольких полей	Для обеспечения устойчивости практически всегда необходимы дополнительная память и время.
2.	Алгоритмы неустойчивой сортировки	Как правило, для сортировки требуется меньше памяти и времени, чем при использовании алгоритмов устойчивой сортировки.	При сортировке по одному полю данных, состоящих из нескольких полей, не сохраняется взаимное расположение равных элементов.
3.	Непрактичные алгоритмы сортировки	Эффективны для специфических целей, например, обучения или для сортировки с особыми условиями.	По сравнению с другими алгоритмами требуют значительно большего времени, значительно большей памяти или специализированного аппаратного обеспечения.
4.	Алгоритмы, не основанные на сравнениях	Быстрота при условии использования подходящего массива входных данных.	Низкая эффективность, если массив входных данных не является удачным для соответствующего алгоритма сортировки.
5.	Алгоритмы топологической сортировки	Позволяют построить корректную последовательность выполнения действий, каждое из которых может зависеть от другого.	Сравнительно узкая сфера возможного использования.

полю данных. В то же время большинство алгоритмов неустойчивой сортировки требуют меньшей памяти и времени, чем алгоритмы устойчивой сортировки. Наиболее известными алгоритмами неустойчивой сортировки являются сортировка Шелла (Shell sort), сортировка расчёской (Comb sort), пирамидальная сортировка (сортировка кучи, Heapsort), плавная сортировка (Smoothsort), быстрая сортировка (Quicksort), интроспективная сортировка (Introsort), терпеливая сортировка (Patience sorting), сортировка по частям (блуждающая сортировка, Stooge sort) и поразрядная сортировка (цифровая сортировка, Radix sort).

Непрактичные алгоритмы сортировки требуют значительно большего времени, значительно большей памяти или специализированного аппаратного обеспечения.

Наиболее известными непрактичными алгоритмами сортировки являются алгоритмы, представленные в таблице 2.

Таким образом, недостатки непрактичных сортировок очевидны и видны уже из их названия. Их достоинства заключаются в том, что они могут быть использованы для определенных целей, чаще образовательных.

Алгоритмы, не основанные на сравнениях, как следует из самого их названия, совсем не используют сравнений сортируемых элементов. Наиболее известными из данных алгоритмов являются блочная сортировка (корзинная сортировка, Bucket sort), лексикографическая сортировка (поразрядная сортировка, Radix sort) и сортировка подсчетом (Counting sort). При блочной сортировке требуются знания о природе сортируемых данных,

выходящих за рамки функций «сравнить» и «поменять местами», достаточных для сортировки с использованием других элементов. Лексикографическая сортировка пригодна для сортировки любых элементов, состоящих из цепочек над фиксированным алфавитом, на котором задано отношение сравнения. При сортировке подсчетом используется диапазон чисел сортируемого массива для подсчета совпадающих элементов [2, с. 24].

Достоинством алгоритмов, не основанных на сравнениях, является их быстрота при условии использования подходящего типа входных данных. Если массив входных данных не соответствует предъявляемым требованиям, эффективность данных методов значительно снижается [3, с. 132].

Алгоритмы топологической сортировки включают алгоритмы, которые нельзя отнести ни к одной другой группе. К ним относятся алгоритм Демукрона, алгоритм сортировки для представления графа в виде нескольких уровней, а также алгоритм топологической сортировки с помощью обхода в глубину. Все они основаны на упорядочивании вершин бесконтурного ориентированного графа согласно частичному порядку, заданному ребрами орграфа на множестве его вершин [4, с. 35].

Достоинством топологической сортировки является то, что при ее помощи строится корректная последовательность выполнения действий, всякое из которых может зависеть от другого. Недостаток — сравнительно узкая сфера использования.

Для сравнения алгоритмов сортировки удобно использовать матричный метод, который предполагает срав-

Таблица 2. Непрактичные алгоритмы сортировки

№ п/п	Название	Недостаток	Сфера использования
1.	Случайная сортировка (обезьянья сортировка, Bogosort)	Время сортировки значительно больше, чем у других алгоритмов	В образовательных целях, для сравнения с другими, более эффективными алгоритмами
2.	Глупая сортировка (Stupid sort)	Эффективен лишь для небольших массивов данных. При увеличении массива требует значительных объемов дополнительной памяти.	В образовательных целях, самый простейший алгоритм для понимания и реализации.
3.	Бисерная сортировка (бусинная сортировка, Bead Sort)	Очень медленный алгоритм, который к тому же требует много дополнительной памяти и может быть использован только для сортировки списков целых положительных чисел.	В образовательных целях.
4.	Блинная сортировка (Pancake sorting)	Требуется специализированное аппаратное обеспечение	Используется в тех случаях, когда единственной операцией, допустимой в алгоритме, является переворот элементов последовательности до какого-либо индекса.

нение по двум параметрам. Так, в зависимости от устойчивости и скорости алгоритмы сортировки можно разделить на шесть групп (рис. 1).

Среди рассмотренных нами алгоритмов сортировки большинство входит в три группы, которые условно можно назвать «Быстрая устойчивая сортировка» (сортировка слиянием и алгоритм сортировки Тима Петерса), «Быстрая неустойчивая сортировка» (сортировка Шелла, быстрая сортировка, пирамидальная сортировка, интро-

спективная сортировка, терпеливая сортировка, плавная сортировка), а также «Медленная устойчивая сортировка» (сортировка пузырьковым методом, сортировка вставками, сортировка выбором, сортировка перемешиванием, гномья сортировка).

Таким образом, существующие алгоритмы сортировки массивов значительно различаются по уровню сложности, скорости, устойчивости, требованиям к памяти и другим параметрам. Однако практически каждый алгоритм ока-

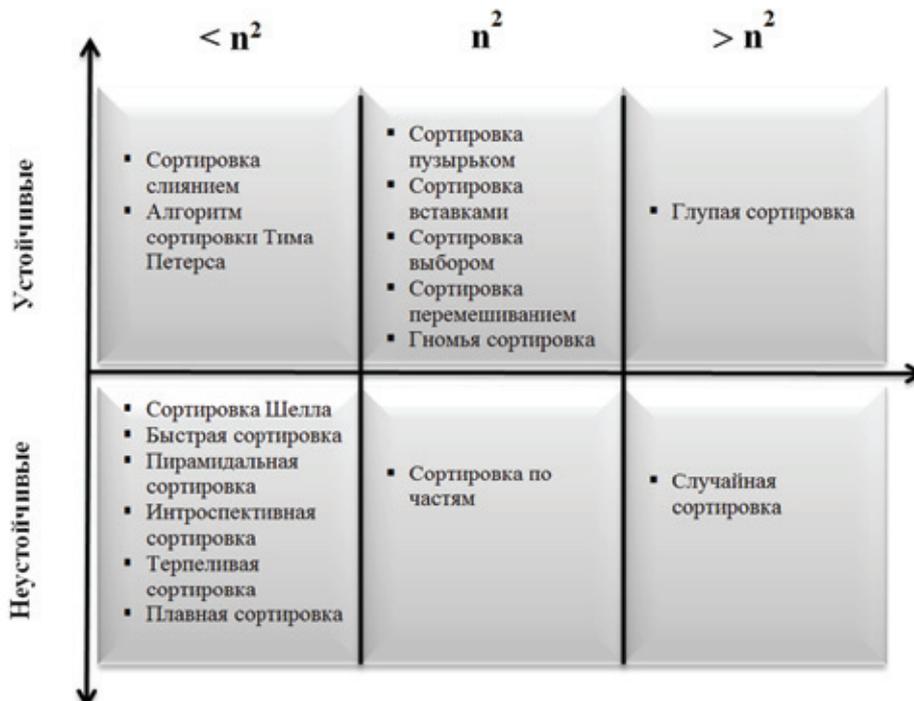


Рис. 1. Группировка алгоритмов сортировки по скорости и устойчивости

зывается наиболее удобным в какой-либо конкретной ситуации. Востребованными являются даже очень медленные алгоритмы, которые из-за своей простоты находят применение в образовательных целях. Если сравнивать алгоритмы сортировки по скорости и устойчивости, то для

большинства устойчивых алгоритмов характерно среднее число операций n^2 , а большинство алгоритмов неустойчивой сортировки являются более быстрыми. Среднее число операций здесь меньше n^2 ($n \log n$ для большинства алгоритмов).

Литература:

1. Овчинникова И.Г., Сахнова Т.Н. Алгоритмы сортировки при решении задач по программированию // Информатика и образование. — 2011. — № 2. — С. 53–56.
2. Антонова И.И., Карих О.А. Оценка эффективности параллельных алгоритмов задачи сортировки данных // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2010. — № 3. — С. 23–25.
3. Мартынов В.А., Миронов В.В. Параллельные алгоритмы сортировки данных с использованием технологии MPI // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. — 2012. — № 16. — С. 130–135.
4. Коварцев А.Н., Попова-Коварцева Д.А. Структурная оптимизация управляющего графа на основе алгоритма топологической сортировки // Программная инженерия. — 2013. — № 5. — С. 31–36.

Разработка сложных распределённых информационных систем

Зыкова Юлия Васильевна, студент
Вологодский государственный технический университет

Появление в 20-м веке новых информационных систем и технологий стало информационной революцией. По своей информационной насыщенности, по темпу, по глобальности в истории человечества нет аналогов этому процессу. Постоянные изменения, скорость и движение — под таким девизом живёт современный мир. Расстояния и время перестают быть ограничениями.

Сегодня большинство руководителей и собственников отечественных предприятий ищут метод повышения эффективности своего бизнеса. Одним из них является изменение управления.

Для повышения эффективность управления существует несколько методик, но наиболее передовая идея заключается в переходе от функционального к процессному

управлению. Процессный подход, не разрушая функциональный менеджмент, позволяет руководителям определять и управлять ключевыми процессами, соединить отдельные процессы, выбросить лишние и исключить дублирующие процессы, выявить те процессы, которые можно и нужно осуществлять параллельно.

В таком переходе стал нуждаться один медицинский центр, так как предприятие стало расширяться и функциональное управление в нём стало узким местом. Для перехода к процессному управлению разработана процессная модель, показанная на рисунке 1.

Но для начала перехода потребовался инструмент, связывающий весь бизнес-процесс центра в единую систему.

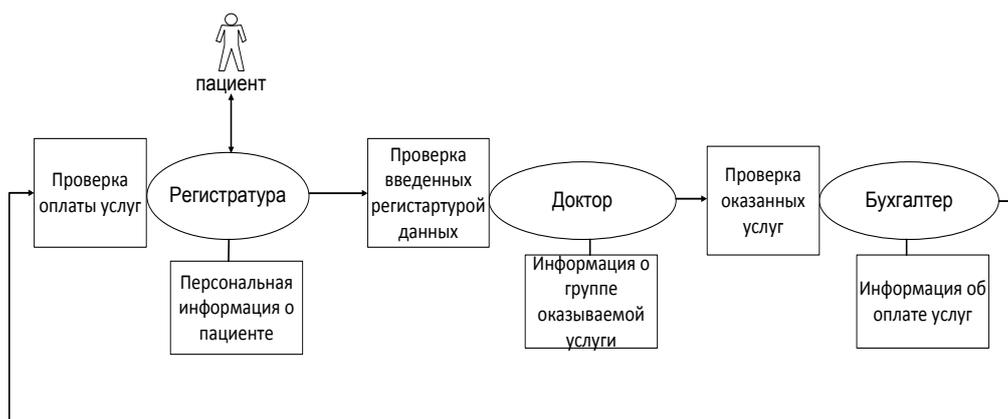


Рис. 1. Процессное управление с точками контроля

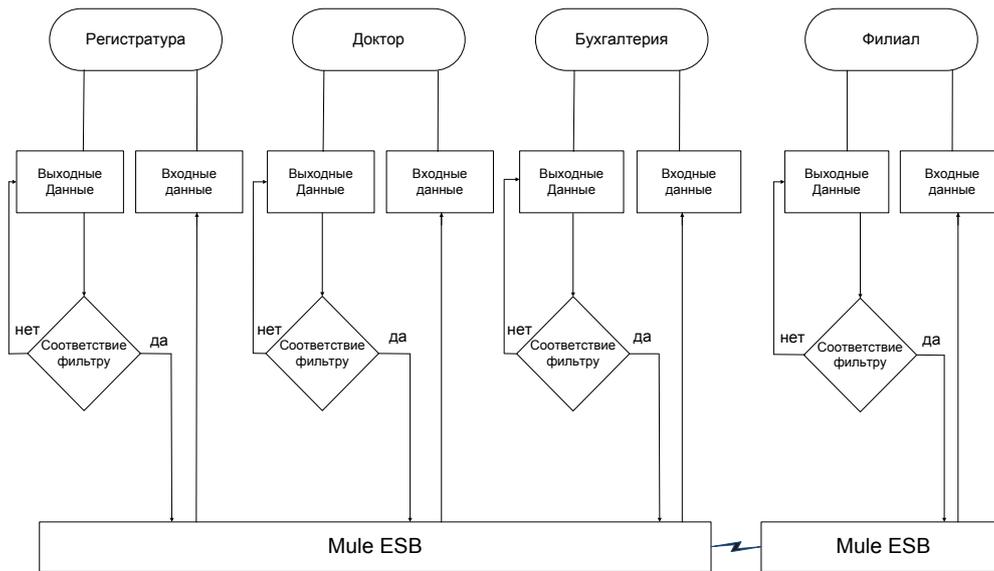


Рис. 2. Горизонтальная интеграция

Современные медицинские организации производят и накапливают огромные объемы данных. От эффективности использования этой информации врачами, руководителями, управляющими органами, зависит качество медицинской помощи, общий уровень жизни населения, уровень развития страны в целом.

До недавнего времени в российском здравоохранении почти полностью отсутствовала автоматизация. Карты, бюллетени, процедурные отчеты, учет пациентов, лекарственных препаратов — весь документооборот производился на бумаге. Это сказывалось на скорости, а следовательно, и качестве обслуживания пациентов, затрудняло работу врачебного, медицинского персонала, что вело к большим затратам времени на заполнение карт и составление отчетов. Это осложняло руководство медицинского центра и работу контролирующих органов.

Эффективность функционирования во многом зависит от используемой информационной системы. При рассмотрении существующих на рынке программных решений для небольших медицинских центров можно отметить что это либо системы для одного офиса, либо модульные дорогостоящие решения, предполагающее централизацию всего функционала на одном конкретном решении. Формирование ИТ инфраструктуры небольшого предприятия на основе такого продукта оборачивается не только значительными материальными затратами и переобучением всего персонала, но и необходимостью вручную переносить и обобщать по подсистемам все записи пациентов. Поскольку эти записи разрознены, в случае централизации придется либо «потерять» часть данных либо проводить длительную выборку по всем записям для каждого пациента, постепенно сводя данные в единую базу.

Поэтому для МЦ было предложено произвести горизонтальную интеграцию на базе сервисной шины предприятия, которая позволяет связать существующие

разрозненные вычислительные системы в одну информационную среду.

Интеграция между таблицами баз данных различных приложений, будет осуществлена на основе сервисной шины Mule, которая позволяет принимать и передавать данные в определенном формате, а оконечные модули представляют собой адаптеры к базам данных приложений.

Такая схема позволяет не вносить изменения в существующие программное обеспечение и получить уникальный сервис взаимодействия между несколькими типами баз данных (рисунок 2).

Mule ESB — это лёгкая и гибкая платформа, легко адаптируемая в существующую инфраструктуру, так же достаточно надёжная для обеспечения бесперебойной работы самых крупных и требовательных корпоративных реализаций SOA.

Mule — система маршрутизации сообщений, которая позволяет организовать обмен данными между различными программными приложениями. Mule относится к свободному программному обеспечению с открытым кодом, распространяемому по CPAL-лицензии. Это означает, что нет необходимости платить за использование системы, а положения CPAL-лицензии позволяют провести необходимые модернизации. [1]

Для начала разработки, потребовалась система ввода первоначальных данных, которая смогла бы рассылать весь поток нужной информации остальным приложениям.

Для этого было разработано приложения «Регистратура» реализованное как корпоративное клиент-серверное приложение, с изоляцией основного кода программы от базы данных и клиентской части.

Преимущество разработанной архитектуры заключается в том, что сами системы могут произвольно меняться. При этом никаких изменений в других системах не потре-

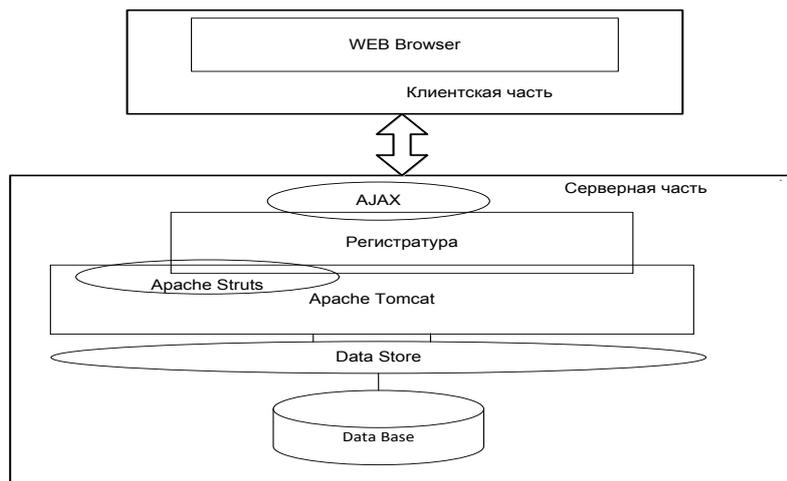


Рис. 3. Архитектура приложения

буется. Кроме этого вновь подключаемая система сразу получит доступ ко всем остальным подсистемам.

Приложение написано с использованием технологии быстрого программирования RAD — это жизненный цикл процесса проектирования, созданный для достижения более высоких скорости разработки и качества ПО, чем это возможно при традиционном подходе к проектированию.

Главная идея RAD технологии состоит в том, чтобы как можно быстрее донести до заказчика результаты разработки, пусть и не в полном виде. [2]

Литература:

1. Citeck [электронный ресурс]: информационный портал — режим доступа <http://www.citeck.ru/mule-esb>.
2. Блок Алексея Коновалова [электронный ресурс]: информационный портал — режим доступа: <http://fastwebdevelop.ru>.

В итоге работы информационная система упростит систему принятия решений, ускорит документооборот, сократит информационные издержки, создаст гибкую и оперативную обратную связь между участниками бизнес-процесса. Обеспечит прозрачности бизнеса, улучшит управляемость, повысит скорость обслуживания клиентов. Более точно будет нормироваться каждая операция, оцениваться стоимость каждой операции в процессе, устанавливаться затратные центры и определяться структура затрат в тех местах, где ранее это было практически невозможно.

Intelligent Evolutionary Studio — программное обеспечение для машинного обучения искусственных нейронных сетей

Ляпунцова Елена Вячеславовна, доктор технических наук, профессор;
 Бессонов Дмитрий Викторович, аспирант
 Московский государственный университет путей сообщения

В работе приводится описание разработанного авторами программного обеспечения Intelligent Evolutionary Studio, реализованного с помощью шаблона проектирования эволюционного моделирования. Поясняется формат файлов искусственных нейронных сетей. Описаны все возможности Intelligent Evolutionary Studio, а также иллюстрируются примеры и снимки главного окна.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы, машинное обучение.

Введение

Авторами разработан программный продукт под названием Intelligent Evolutionary Studio (IES), который явля-

ется инструментом для машинного обучения искусственных нейронных сетей (ИНС). В IES применяется машинное обучение с помощью эволюционных алгоритмов, а именно используется генетический алгоритм (ГА). Машинное об-

учение ИНС в IES возможно через настройку весовых коэффициентов и/или структуры сетей. Под настройкой весовых коэффициентов понимается следующее, что дана ИНС, без заранее заданных весовых коэффициентов, и требуется подобрать такие весовые коэффициенты, при которых заданная ИНС будет соответствовать выходным сигналам из обучающего множества. Настройка структуры сетей в машинном обучении ИНС происходит точно так же, как и настройка весовых коэффициентов, за исключением того, что структура или архитектура ИНС заранее не известна, и происходит подбор подходящей структуры сети в соответствии с обучающим множеством.

IES разработан с помощью предложенного шаблона проектирования эволюционного моделирования [1]. Способы, описанные в литературе [4], эволюционного обучения ИНС применяются в IES. Разработанный программный продукт позволяет загружать заранее заданные структуры ИНС и обучающее множество. Для этого был описан и разработан специальный формат файлов. Пользователь может создавать или редактировать собственные структуры сетей и обучающее множество, а затем загружать в IES подготовленные файлы для машинного обучения ИНС. Далее приводится описание формата файлов и функций IES.

Формат файлов искусственной нейронной сети

В IES используются два формата файлов. Один описывает структуру ИНС, а второй — обучающее множество. Оба формата являются текстовыми. Редактирование файлов возможно в любом текстовом редакторе без форматирования.

Далее рассматривается описание формата структуры ИНС. Файл состоит из двух групп. Первая группа обозначается строкой «net:». Свидетельствует о том, что следующие строки описывают расположение нейронов на плоскости. Обратите внимание, что номера строк в примерах файлов не входят в описание формата файлов, а введены лишь для удобства объяснения. Для примера, рассмотрим следующие строки файла:

```
Строка 1 net:
Строка 2 101
Строка 3 101
Строка 4 010
```

Начиная со строки 2, каждая строка обозначает слой ИНС, где вторая и четвертая строка являются входным и выходным слоем сети. Все строки между строками, обозначающие входной и выходной слой, являются скрытыми слоями. Каждая строка состоит из «0» и «1», где «0» говорит о том, что нейрон отсутствует на данном уровне, а «1» — нейрон присутствует на данном уровне. Например, вторая строка «101» обозначает присутствие нейронов на верхнем и нижнем уровнях.

После описания слоев сети следует вторая группа и обозначается строкой «lnk:». Данная строка свидетельствует о том, что следующие строки описывают связи между нейронами. Например:

```
Строка 1 lnk:
Строка 2 0:0:1:0
Строка 3 0:0:1:1
Строка 4 0:1:1:0
Строка 5 0:1:1:1
Строка 6 1:0:2:0
Строка 7 1:1:2:0
```

Начиная со строки 2, каждая строка обозначает связь между двумя нейронами, где через разделительный символ «:» идут по следующему порядку: номер слоя, где расположен исходящий нейрон, номер исходящего нейрона, затем номер слоя, где расположен принимающий нейрон, и номер принимающего нейрона. Номера слоя и нейрона начинаются с нуля. Например, пятая строка «0:1:1:1» обозначает связь между нейроном (номер 1) в слое с номером 0 с нейроном (номер 1) в слое с номером 1.

На этом описание структуры ИНС заканчивается. Полный текст файла с описанием структуры ИНС приводится ниже, полученная ИНС в графическом виде представлена на рисунке (рис. 1). Все строки файла с описанием ИНС:

```
Строка 1 net:
Строка 2 101
Строка 3 101
Строка 4 010
Строка 5 lnk:
Строка 6 0:0:1:0
Строка 7 0:0:1:1
Строка 8 0:1:1:0
Строка 9 0:1:1:1
Строка 10 1:0:2:0
Строка 11 1:1:2:0
```

Далее рассматривается описание формата обучающего множества. Файл состоит из набора входных сигналов и выходных сигналов. Например:

```
Строка 1 0 0 0
Строка 2 0 1 1
Строка 3 1 0 1
Строка 4 1 1 0
```

Каждая строка обозначает обучающее подмножество. Каждый сигнал отделяется символом пробела. Если обучаемая ИНС принимает два входных сигнала и один выходной сигнал, то в каждой строке обучающего множества первые два числа через пробел будут обозначать входные сигналы, а третье число — выходной сигнал. Поэтому для разных ИНС одно и тоже обучающее множество может отличаться. Файл с обучающим множеством выбирается в зависимости от входных и выходных сигналов ИНС. В случае с двумя входными сигналами и одним выходным сигналом обучающее множество можно представить таблицей (таб. 1).

Функции IES

IES управляется через главное окно. На рисунке (рис. 2) показано главное окно. Все окно можно разделить на следующие части:

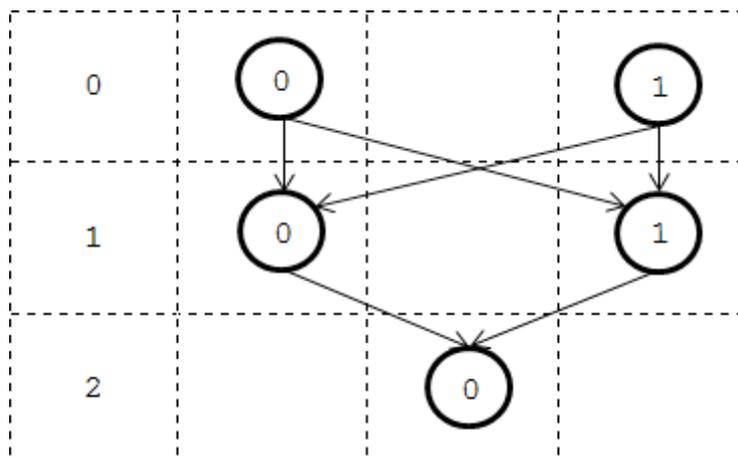


Рис. 1. Графический вид ИНС из примера описания формата файлов

Таблица 1. Обучающее множество из примера

Строка	Входной сигнал 1	Входной сигнал 2	Выходной сигнал
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0

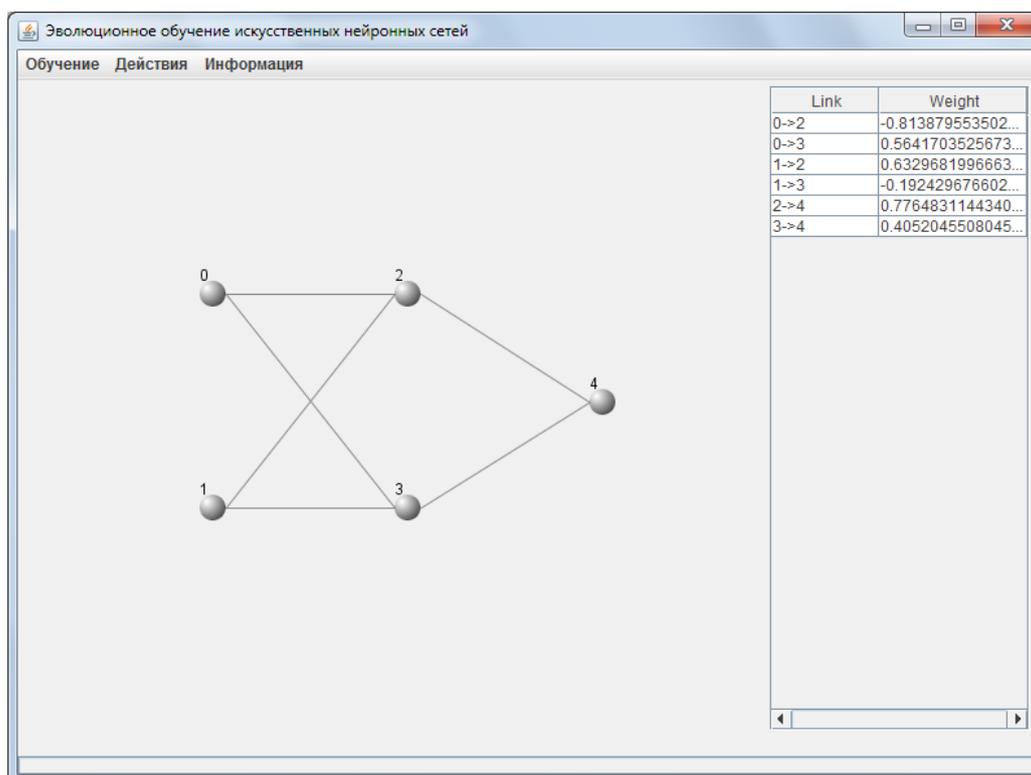


Рис. 2. Главное окно IES

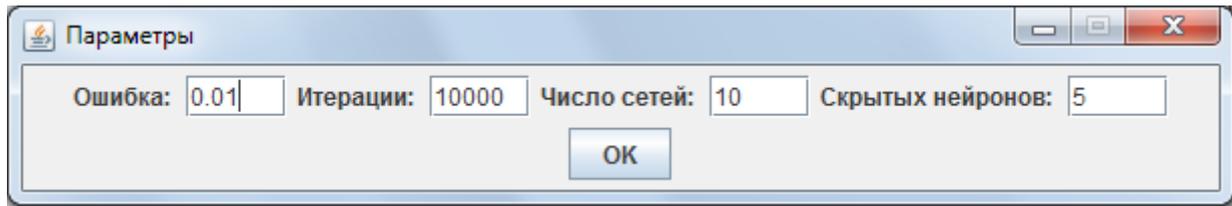


Рис. 3. Окно с настройками параметров алгоритма обучения

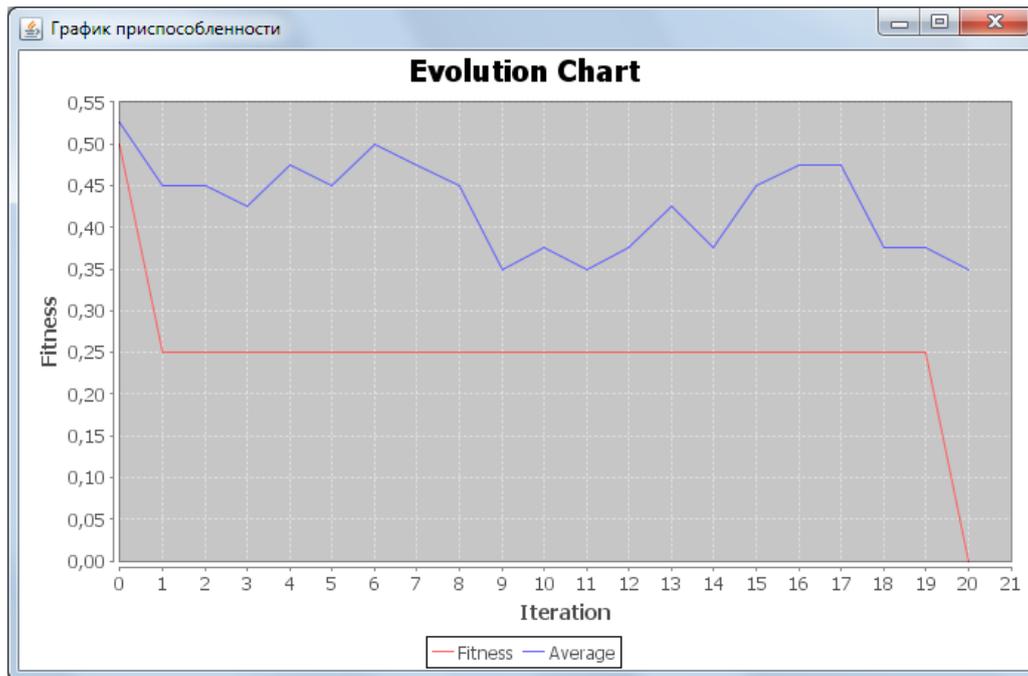


Рис. 4. График приспособленности

- Главное меню;
- Таблица весовых коэффициентов;
- Изображение структуры ИНС.

Все функции IES доступны через главное меню. Структура меню выглядит следующим образом:

1. Обучение;
 - 1.1. Настройка весов;
 - 1.2. Настройка сети;
2. Действия;
 - 2.1. Запустить;
 - 2.2. Остановить;
 - 2.3. Параметры;
3. Информация;
 - 3.1. График;
 - 3.2. Обучающее множество.

В первом разделе меню «Обучение» вызывается способ обучения. В IES два способа обучения ИНС. Обучение путем настройки весовых коэффициентов и обучение путем настройки структуры ИНС. После вызова какого-либо способа обучения предлагается загрузить файл с описанием структуры ИНС и файл с описанием обучающего множества. После загрузки файлов в меню ста-

новятся доступны следующие разделы.

Во втором разделе меню «Действия» возможны функции запуска и остановки алгоритма обучения. А также в этом разделе можно вызвать окно (рис. 3) для настройки параметров алгоритма обучения.

После завершения алгоритма обучения становится доступным следующий раздел.

В третьем разделе меню «Информация» можно вызвать окно для отображения графика приспособленности (рис. 4) и окно с таблицей обучающего множества (рис. 5).

Заключение

В итоге разработано ПО для обучения ИНС с помощью эволюционных алгоритмов. IES позволяет обучать ИНС путем настройки весовых коэффициентов, а также путем настройки структуры сети. IES позволяет конструировать сложные структуры ИНС (рис. 6).

IES позволяет работать с различными ИНС с заранее заданной структурой сети через специальный формат файлов. Также доступно множество функций для управления алгоритмом обучения.

Обучающее множество		
X0	X1	Y0
0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0
1.0	0.0	1.0
1.0	1.0	0.0

Рис. 5. Обучающее множество

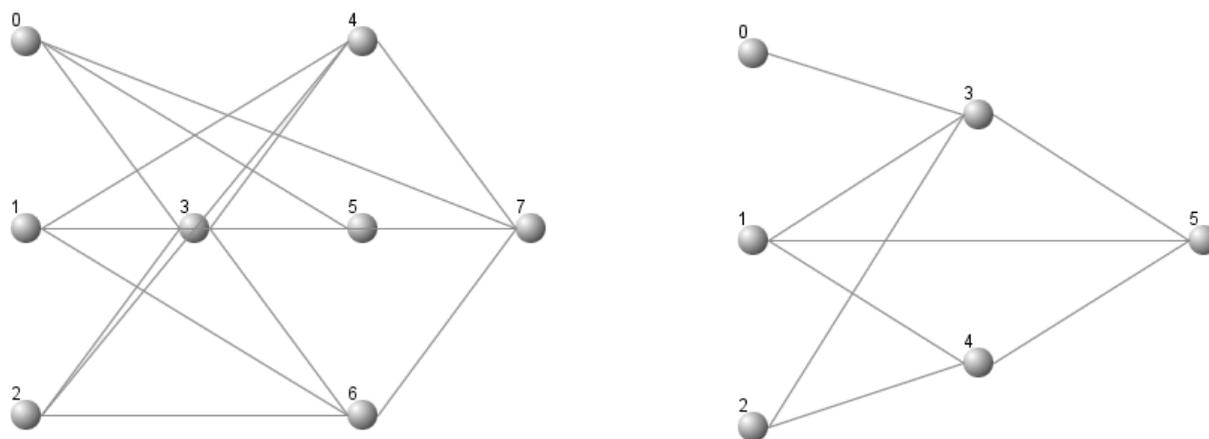


Рис. 6. Примеры сложных ИНС

IES разработан с помощью языка программирования Java и платформы Java Standard Edition. Разработка проводилась в соответствии с паттернами проектирования [3]. Для запуска IES, на компьютере пользователя должна быть установлена JRE старше 1.6 версии.

Результатом разработки является реализация предло-

женного подхода [1]. На основе такого шаблона проектирования эволюционного моделирования реализован IES, а также получено свидетельство о регистрации объекта интеллектуальной собственности [2]. Разработанное программное обеспечение применимо к решению задач распознавания, классификации, прогнозирования и т. д.

Литература:

1. Ляпунцова Е. В., Бессонов Д. В. Шаблон проектирования эволюционного моделирования // XIII Национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект-2012», Белгород, Октябрь 16–19, 2012. Труды конференции в 4 томах, т. 2. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. — С. 307–312
2. Ляпунцова Е. В., Бессонов Д. В. IntelligentEvolutionaryStudio (IES). Интеллектуальная Собственность — Бесп. Проблем. Свидетельство № 13–11 от 19.06.2013
3. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — СПб: Питер, 2010. — 366 с.
4. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 452 с.

Обзор технологий виртуализации

Селезнев Станислав Владиславович, аспирант;
Мамонтов Данил Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (г. Владикавказ)

В представляемой статье приведено описание различных типов виртуализации, как наиболее значимой характеристики средств виртуализации. Рассмотрен ряд технологий виртуализации, в частности OpenVZ, Parallels Virtuozzo Containers, Xen и KVM. А также, произведено сравнение данных технологий по ряду параметров.

Введение

То время, когда виртуализация являлась диковинной технологией прошло. Сейчас она уже превратилась в обыденный, широко используемый инструмент, применяемый в различных сценариях, для решения различных задач. Как и в большинстве случаев, рост спроса вызвал и рост предложений, как качественный, так и количественный. Появились новые решения, различающиеся по своим возможностям. В данной статье произведен обзор и сравнение наиболее популярных технологий виртуализации по ряду характеристик, приведены их сильные и слабые стороны.

Типы виртуализации

Основные различия между рассматриваемыми технологиями определяются типом виртуализации, к которой она относится. Поэтому, эта тема является очень значимой в рамках данной статьи. Рассмотрим основные типы виртуализации.

Виртуализация на уровне ядра операционной системы (ОС): все виртуальные машины используют общее модифицированное ядро сервера. При этом для пользователя каждая виртуальная машина выглядит как отдельный сервер. Поскольку используется общее ядро, ОС на виртуальных машинах могут использовать только это ядро.

Достоинства данного вида виртуализации высокая скорость работы виртуальных машин, малые издержки на процесс виртуализации, экономия ресурсов за счет загрузки одного, общего для всех ядра ОС.

Основным недостатком является невозможность запуска виртуальной машины с ОС отличной от базовой.

Аппаратная виртуализация: виртуализация с поддержкой специальной процессорной архитектуры. Обеспечивает производительность, сравнимую с производительностью реальной машины, что дает виртуализации возможность ее практического использования. Каждая виртуальная машина полностью изолирована от соседних, лимитируются практически все ресурсы.

Основным преимуществом является возможность виртуализации любой ОС. Также данная технология делает возможным виртуализацию 64-битных ОС на 32-битных.

Недостаток — необходимость аппаратной поддержки, в частности, процессор должен поддерживать либо технологию Intel VT, либо AMD-V.

Обзор технологий виртуализации

OpenVZ

Технология виртуализации на уровне ядра ОС, базирующаяся на ядре Linux. Состоит из модифицированного ядра и пользовательских утилит. OpenVZ является бесплатной открытой технологией, разрабатываемой сообществом. Распространяется на условиях лицензии GNU GPL v.2.

Каждая виртуальная машина имеет свои собственные файлы, процессы, пользователей, IP адрес и, благодаря виртуальному сетевому устройству, правила маршрутизации. Администратор сервера может дать доступ к реальным устройствам, таким как сетевые адаптеры, разделы дисков и т.д.

OpenVZ обладает гибкой системой управления ресурсами. Имеется набор из примерно 20 параметров, которые выбраны для того, чтобы покрыть все аспекты работы виртуальной машины так, чтобы никакая из них не могла злоупотребить каким-либо ресурсом, ограниченным для всего сервера, и таким образом помешать другим виртуальным машинам. Ресурсы, которые считаются и контролируются, — это, в основном, оперативная память и различные объекты в ядре, например, разделяемые сегменты памяти IPC, сетевые буферы и т.п. Возможно изменение лимитов на ресурсы во время работы виртуальных машин.

Виртуализация на уровне операционной системы в OpenVZ даёт лучшую производительность, масштабируемость, плотность размещения, динамическое управление ресурсами, а также лёгкость в администрировании. Накладные расходы на виртуализацию очень малы, и падение производительности составляет всего 1–3%, по сравнению с обычными Linux-системами. OpenVZ позволяет производить «живую» миграцию виртуальных машин, то есть без остановки их работы.

К сожалению, данная платформа может устанавливаться и виртуализировать только ОС, основанные на Linux (Debian, Ubuntu и др.).

Таблица сравнения виртуальных машин

Название	Создатель	ОС хост-машины	Поддерживаемые гостевые ОС	Принцип действия	Лицензия
OpenVZ	Проект сообщества, Parallels, Inc.	Linux	Различные дистрибутивы Linux	Виртуализация на уровне ОС	GPL
Parallels Virtuozzo Containers	Parallels, Inc.	Windows, Linux, Mac OS X (Intel version)	Windows, Linux, FreeBSD, OS/2, eComStation, MS-DOS, Solaris	Виртуализация на уровне ОС	Проприетарная
Xen	Кембриджский университет, Intel, AMD	NetBSD, Linux	Linux, NetBSD, FreeBSD, OpenBSD, Windows XP & 2003 Server (требует версию не ниже 3.0 и процессор, поддерживающий технологию Vanderpool или Pacifica)	Аппаратная виртуализация	GPL
KVM	Red Hat	Linux	Linux, HURD, Windows, xBSD, Darwin, QNX, MINIX, Haiku, Amiga Research OS, ReactOS, Plan 9, MS DOS, Free DOS, Solaris	Аппаратная виртуализация	GPL2

Parallels Virtuozzo Containers

Решение для виртуализации на уровне операционной системы, является проприетарной коммерческой технологией, разрабатываемой компанией Parallels. Рассматриваемая технология позволяет на одном физическом сервере запускать множество изолированных копий операционной системы. Существуют версии Parallels Virtuozzo Containers для работы в средах Linux и Windows. Версия для Linux базируется на проекте OpenVZ. Основным преимуществом Parallels Virtuozzo Containers по сравнению с OpenVZ является простота использования благодаря наличию удобных инструментов для управления и конфигурации виртуальных машин.

Xen

Бесплатная открытая технология аппаратной виртуализации, распространяемая на условиях лицензии GNU GPL. Xen начинался как исследовательский проект Кембриджского университета, в настоящее время разрабатывается компанией Citrix.

Каждая виртуальная машина является полностью изолированной, обладает собственной файловой системой, виртуальным сетевым адаптером. Хорошо поддерживаются различные аппаратные средства.

В Xen имеется система управления ресурсами, в частности процессорное время, оперативная память и т. д.

Xen поддерживает миграцию виртуальных машин по сети. Миграция может происходить с выключением гостевой системы, либо прямо в процессе работы, так называемая «живая» миграция без потери доступности. Необходимо, чтобы оба физических сервера Xen видели одно и то же хранилище, на котором находятся данные виртуальной машины. Это требуется потому, что при миграции виртуальной машины её файловая система не копируется, так как для этого необходимо слишком много времени даже в случае быстрой сети.

Отличительной особенностью данной технологии виртуализации является паравиртуализация. Паравиртуализация — адаптация ядра исполняемой ОС для работы совместно с Xen. Позволяет достичь очень высокой производительности за счёт отсутствия эмуляции, простоты интерфейсов и учёта существования гипервизора при выполнении системных вызовов в коде ядра. В большинстве случаев изменения при портировании ОС затрагивают только ядро ОС.

Xen позволяет создавать виртуальные машины с различными ОС, такими как Linux, FreeBSD, Windows и т. д.

KVM

Бесплатное открытое программное обеспечение для аппаратной виртуализации. Состоит из загружаемого модуля ядра, предоставляющего базовый сервис виртуализации и компонентов пользовательского режима.

Программное обеспечение KVM создано, разрабатывается и поддерживается фирмой Qumranet, которая впоследствии была куплена RedHat.

Сам по себе KVM не выполняет эмуляции. Вместо этого программа, работающая в пространстве пользователя, использует интерфейс /dev/kvm для настройки адресного пространства гостя виртуальной машины, через него же эмулирует устройства ввода-вывода и видеоадаптер.

KVM позволяет виртуальным машинам использовать немодифицированные образы дисков QEMU, VMware и других, содержащих операционные системы. Каждая виртуальная машина имеет своё собственное виртуальное аппаратное обеспечение: сетевые карты, диск, видеокарту и т. д.

KVM позволяет устанавливать лимиты на ресурсы для виртуальных машин.

Как и в других технологиях, в KVM имеется возможность «живой» миграции.

KVM требует наличия x86-совместимого процессора с поддержкой одной из технологий аппаратной виртуализации — Intel VT либо AMD SVM. На данный момент KVM в состоянии запускать в качестве гостевых ОС GNU/Linux (32-битные и 64-битные), Windows (32-битные и 64-битные) и другие системы.

Выводы

За последнее десятилетие технологии виртуализации сделали значительный рывок вперед, благодаря чему стали массово использоваться при решении различных

задач. Необходимо отметить следующее:

Потери производительности на виртуализацию незначительны.

Большинство технологий работают на операционных системах семейства Linux.

Большинство технологий доступны бесплатно и являются открытыми проектами.

Все это делает данные технологии легкодоступными для изучения и использования. Средства виртуализации получили широкое распространение в сфере предоставления хостинга, тестирования ПО, внутрикорпоративных сервисов.

Литература:

1. М. Tim Jones Cloud Computing with Linux — Mercury Learning & Information, 2012
2. Matthew Portnoy. Virtualization Essentials — Sybex, 2012
3. Медведев Ю. В. Что такое виртуализация? URL: <http://pcmag.ru/reviews/detail.php?ID=9291>
4. Леонид Черняк. Виртуализация серверов стандартной архитектуры: //Открытые системы. 2008. № 7. URL: <http://www.osp.ru/os/2008/03/5015349/>

Применение средств Wolfram Mathematica для создания интерактивных иллюстраций

Четвериков Михаил Алексеевич, магистрант
Томский политехнический университет

В данной работе рассмотрены преимущества использования интерактивных иллюстраций и основные способы их разработки при помощи пакета компьютерной алгебры Wolfram Mathematica.

Ключевые слова: *Wolfram Mathematica, система компьютерной алгебры, интерактивная компьютерная графика, .NET Framework, Wolfram\Alpha, Computable Document Format, Wolfram.NET/Link, MathLink.*

Введение

Наглядность представления материала — одно из необходимых требований для его корректного понимания. Особенно, если этот материал изложен в научном труде или используется в образовательном процессе. Применение в данном случае интерактивной компьютерной графики позволяет обеспечить максимальную наглядность, так как позволяет взглянуть на проблему с разных сторон.

Нередко для подобных иллюстраций необходимы сложные математические, геометрические, статистические и аналитические расчёты. В данном случае огромную пользу принесут программы математического моделирования и системы компьютерной алгебры, примерами которых являются Mathcad, Wolfram Mathematica и Matlab.

Возможность создания интерактивной графики широко обеспечивается в системе компьютерной алгебре Wolfram Mathematica. Это позволяет объединить всю вычислительную и алгоритмическую мощь Wolfram Mathematica для расчёта и прорисовки динамически из-

меняющихся элементов интерактивной графики: символьных и числовых вычислений или графиков функций.

Wolfram Mathematica

Система компьютерной алгебры Wolfram Mathematica была разработана компанией Wolfram Research. Она содержит множество функций, как для аналитических преобразований, так и для численных расчётов. Кроме того, программа поддерживает работу с графикой и звуком, включая построение двух- и трёхмерных графиков функций, рисование произвольных геометрических фигур, импорт и экспорт изображений и звука.

Кроме того, Mathematica это интерпретируемый язык функционального программирования. Mathematica поддерживает и процедурное программирование с применением стандартных операторов управления выполнением программы (циклы и условные переходы), и объектно-ориентированный подход. Mathematica допускает отложенные вычисления. Также в систему Mathematica можно

задавать правила работы с теми или иными выражениями [1].

Основа Mathematica гибкий символьный язык, поддерживающий множество парадигм программирования, продвинутые инструменты отладки, автоматическое проектирование интерфейса и многое другое. Он упрощает весь процесс разработки от дизайна до внедрения. Mathematica всё данные, программы, формулы, графики, документы представляет в виде символьных выражений [2].

Wolfram Mathematica это программное обеспечение, не только для математических вычислений, это гораздо больше: от моделирования и симуляции, визуализации, документации, до создания веб-сайтов. Wolfram Math-

ematica обладает возможностью осуществлять вызовы функций и принимать вызовы с C, .NET, Java и других языков, генерировать C код, компилировать автономные библиотеки и исполняемые файлы [3].

Все вычисления в Wolfram Mathematica находятся в блокнотах. И имеют расширение.nb. В блокнотах находятся как и код, так и результаты вычислений. Блокноты разбиты на ячейки различного типа: ячейки ввода (в них задаются команды, которые будут вычислены), ячейки результата (в них выводится результат вычислений) и другие ячейки (ячейки с текстом, заголовки и все остальное) [3]. Пример блокнота Wolfram Mathematica представлен на рис. 1.

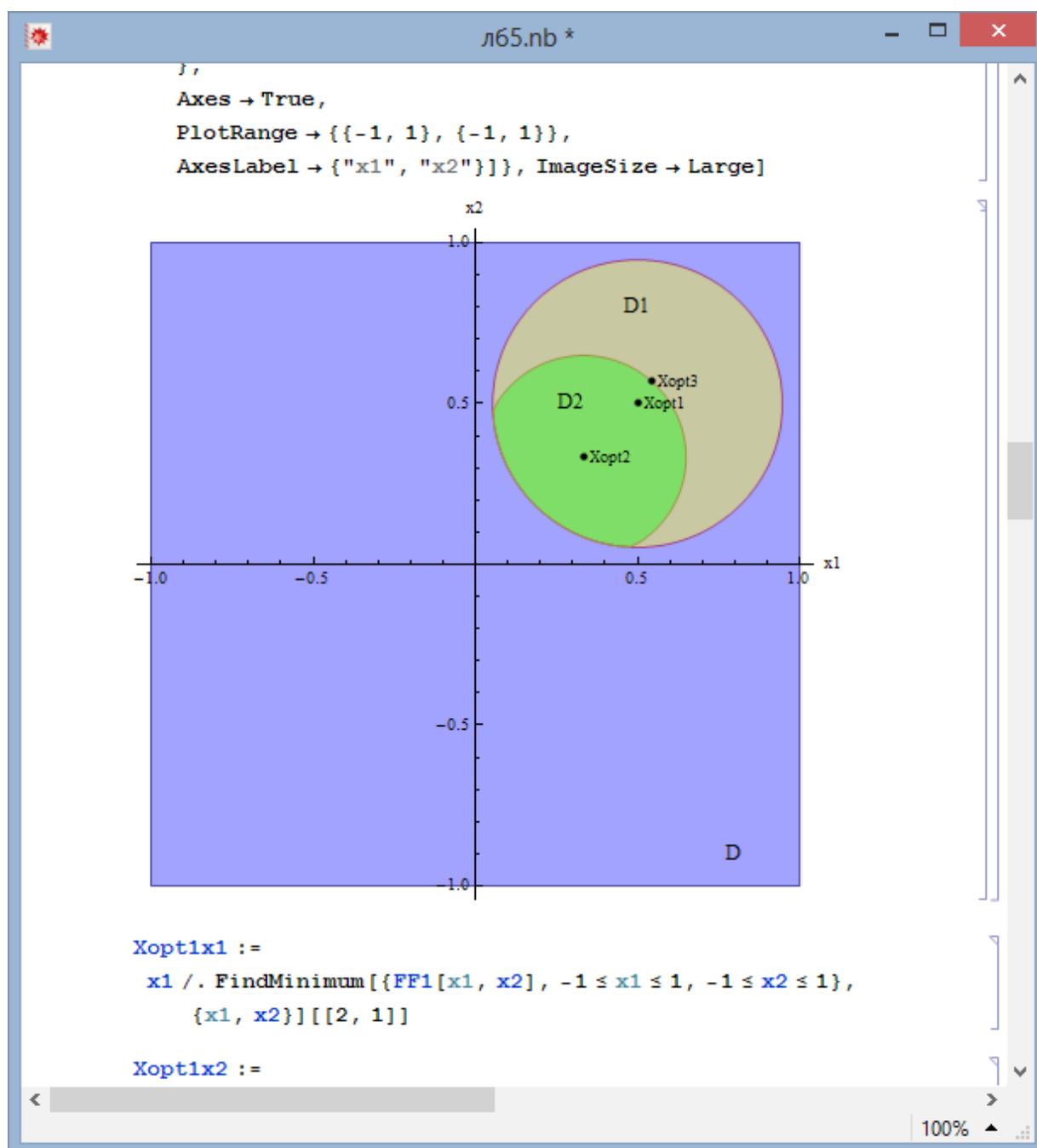


Рис. 1. Демонстрация блокнота Wolfram Mathematica

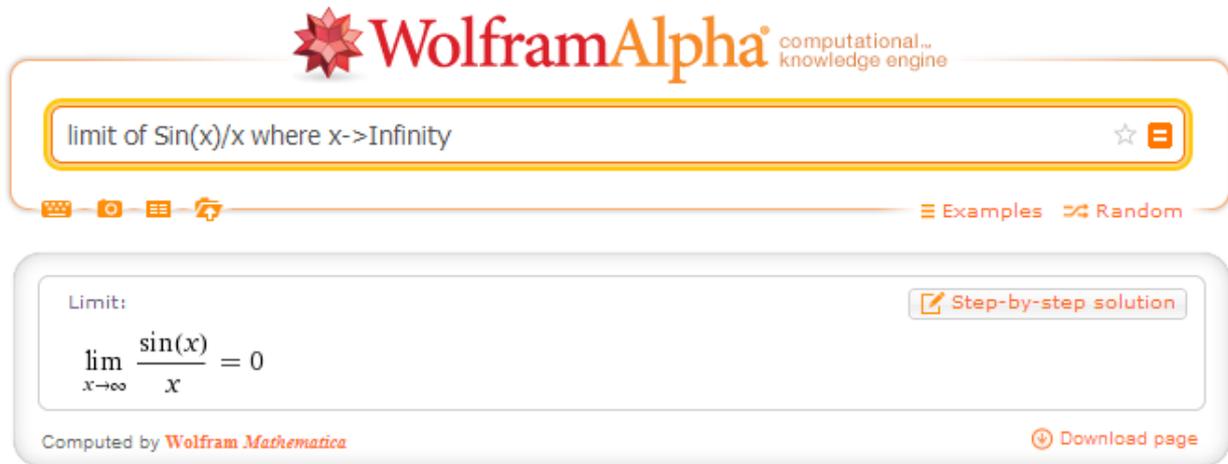


Рис. 2. Демонстрация работы Wolfram|Alpha

Wolfram|Alpha API

Система Wolfram|Alpha является базой знаний и набором вычислительных алгоритмов. Wolfram|Alpha не возвращает перечень ссылок, основанный на результатах запроса, а вычисляет ответ, основываясь на собственной базе знаний, которая содержит данные о математике, физике, астрономии, химии, биологии, медицине, истории, географии, политике, музыке, кинематографии, а также информацию об известных людях и интернет-сайтах. Он способен переводить данные между различными единицами измерения, системами счисления, подбирать общую формулу последовательности, находить возможные замкнутые формы для приближенных дробных чисел, вычислять суммы, пределы, интегралы, решать уравнения и системы уравнений, производить операции с матрицами, определять свойства чисел и геометрических фигур [4]. В основе Wolfram Alpha лежит программа компьютерной алгебры Wolfram Mathematica.

Разработчиками Wolfram|Alpha было создано API для обеспечения возможности встраивания результатов выполнения запросов к системе в веб-сайты, прикладные и развлекательные приложения. Для некоммерческого использования данное API бесплатно. К сожалению, возможно выполнение только одной команды, что, в свою очередь, делает невозможным использование модулей и функций.

Демонстрация выполнения запроса в системе Wolfram|Alpha представлена на рис. 2. При использовании же API, ответ возвращается в виде XML.

Computable Document Format

Формат вычисляемых документов (Computable Document Format или CDF) — это электронный формат документов, созданный с целью облегчения создания динамически сгенерированного интерактивного кон-

тента. Формат разработан компанией Wolfram Research. Формат вычисляемых документов предусматривает такие графические элементы пользователя как ползунки, меню и кнопки. Содержимое документа обновляется с использованием встроенной вычислительной подсистемы при взаимодействии с графическими элементами пользователя. В документе могут использоваться текст, таблицы, изображения, звуки и анимации. Формат CDF предусматривает использование печатной вёрстки и технических обозначений системы Wolfram Mathematica. Также поддерживаются компоновки документа с разбивкой на страницы, со структурной детализацией и режим слайд-шоу. Стилистическое оформление документа можно контролировать с использованием каскадных таблиц стилей.

CDF файлы можно просматривать с помощью бесплатной программы CDF Player, которую можно загрузить с сайта компании Wolfram Research. В отличие от статических форматов, таких как PDF и предварительно сгенерированного информационного материала в форматах, таких как Adobe Flash, и благодаря тому, что программа CDF Player целиком содержит библиотеку времени исполнения системы Wolfram Mathematica, содержимое документа может генерироваться в ответ на действие пользователя с помощью любых алгоритмов или визуализационных функций, которые можно описать в системе Wolfram Mathematica. Это делает CDF особенно уместным для научного, инженерного и другого технического материала, а также электронных учебников [5].

Файлы формата CDF могут быть созданы из существующих блокнотов Wolfram Mathematica или с нуля. Они могут содержать абсолютно все, что может быть создано в блокноте Wolfram Mathematica. Основное отличие между блокнотом Wolfram Mathematica и файлом формата.cdf заключается в возможности взаимодействия с документом при его просмотре в CDF Player. Файлы блокнота в Wolfram Mathematica (файлы с расширением.

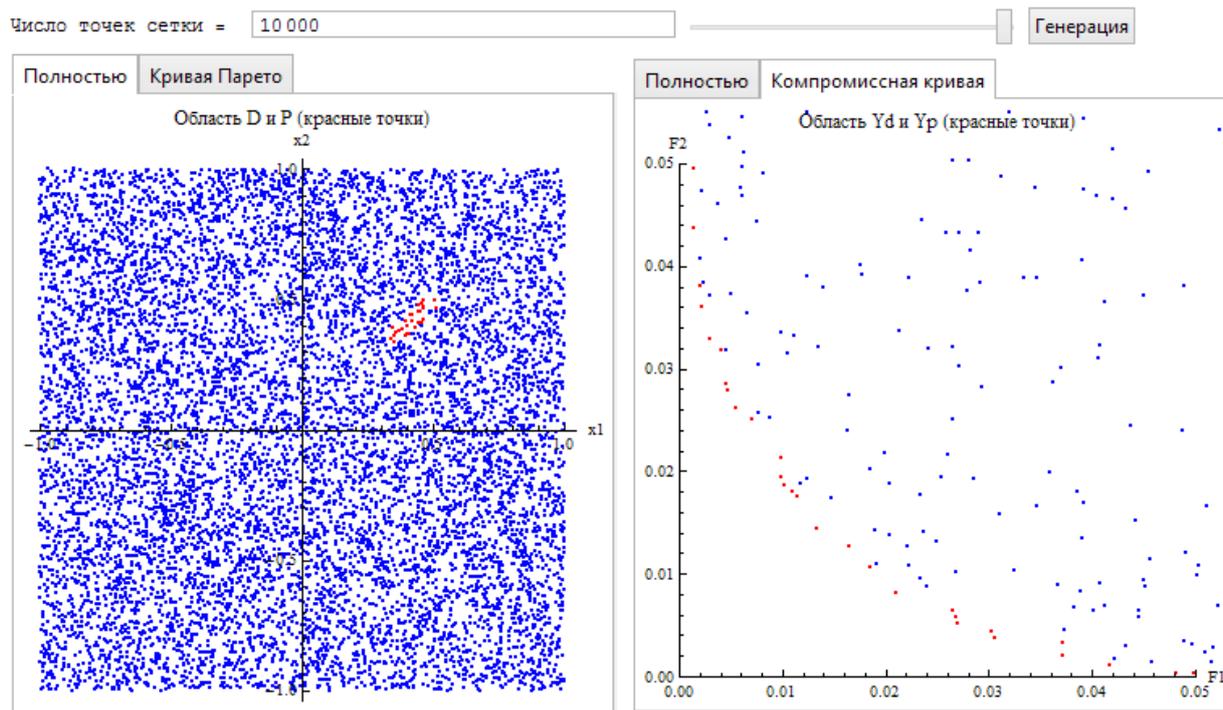


Рис. 3. Пример создания CDF файла

pb) при просмотре в CDF Player отображаются как статичные документы, однако в файле формата.cdf любой объект, созданный с помощью функции Manipulate, обладает полной интерактивностью при просмотре в CDF Player [6].

Примером данной реализации интерактивной иллюстрации является разработанное программное обеспечение для поиска кривой Парето и компромиссной кривой (рис. 3) для численной минимизации критериев.

Wolfram.NET/Link

Для обмена данными между Wolfram Mathematica и другими программами существует специально разработанный протокол MathLink. Модуль.NET/Link позволяет программисту избежать низкоуровневых деталей этого процесса и позволяет программисту писать высокоуровневый код под.NET Framework. Этот набор библиотек позволяет с помощью одной команды отправить какой-либо запрос ядру Wolfram Mathematica и получить ответные данные с помощью другой. В данном случае, возможно использовать любой язык программирования, поддерживаемый.NET Framework. Разработка кода возможна и на языке Си без использования технологий.NET Framework, но уже с применением самого MathLink.

Основной недостаток применения.NET/Link состоит в том, что хотя сама библиотека занимает всего один файл (Wolfram.NETLink.dll), программа, без предустановленной среды Wolfram Mathematica, успешно функционировать не будет. Плюсом же данного подхода является

возможность исполнения любых команд и, даже, групп команды языка Mathematica и возвращение результата вычислений. В том числе и графического [7].

Для работы с ядром Wolfram Mathematica проще всего использовать компонент MathKernel из пространства имён Wolfram.NETLink: По умолчанию свойство CaptureGraphics этого компонента задано как false. Если результат вычислений ожидается графический, то это свойство необходимо инвертировать.

Передача команд ядру Wolfram Mathematica осуществляется методом Compute компонента MathKernel. Результат вычислений помещается в свойство Result компонента. Графический результат — в свойство Graphics. Таким образом, код под.NET Framework сводится к минимуму. Примером служит программное обеспечение для синтез ПИ-регулятора квазимаксимальной степени устойчивости и заданной колебательности (рис. 4).

Заключение

В результате данной работы были рассмотрены возможности системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica для создания и внедрения интерактивной компьютерной графики. Так же были рассмотрены примеры их реализации. Wolfram Mathematica может стать хорошим инструментом для студентов и молодых учёных для иллюстрации своих работ. К сожалению, основные минусы Wolfram Mathematica — высокая цена и плохая мобильность — могут препятствовать активному использованию данного программного пакета.

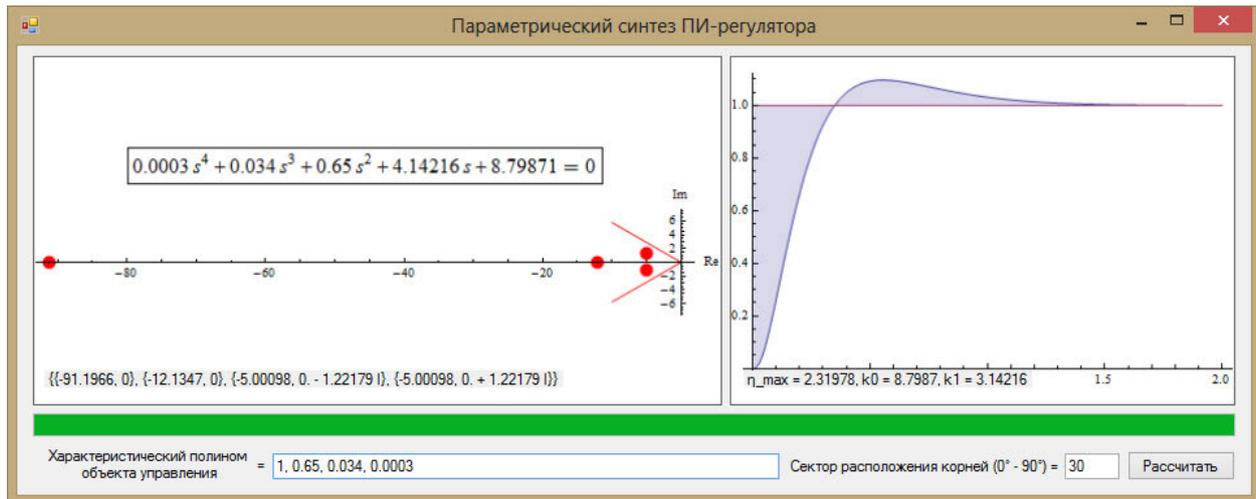


Рис. 4. Демонстрация работы приложения с библиотекой.NET/Link

Литература:

1. Mathematica [Электронный ресурс]: Википедия. — США: wikipedia.org, 2013. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Mathematica>, свободный. — Дата обращения 08.07.2013.
2. Wolfram Mathematica: знакомство [Электронный ресурс]: Хабрахабр. — Россия: habrahabr.ru, 2011. — Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/113588/>, свободный. — Дата обращения 08.07.2013.
3. Введение в Wolfram Mathematica [Электронный ресурс]: Хабрахабр. — Россия: habrahabr.ru, 2013. — Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/180925/>, свободный. — Дата обращения 08.07.2013.
4. WolframAlpha [Электронный ресурс]: Википедия. — США: wikipedia.org, 2013. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/WolframAlpha>, свободный. — Дата обращения 08.07.2013.
5. Формат вычисляемых документов [Электронный ресурс]: Википедия. — США: wikipedia.org, 2013. — Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D1%85_%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2, свободный. — Дата обращения 08.07.2013.
6. Создание файла формата CDF (Computable Document Format) [Электронный ресурс]: Хабрахабр. — Россия: www.kobriniq.ru, 2013. — Режим доступа: <http://www.kobriniq.ru/mathematica/rukovodstvo-sozdanie-fayla-formata-cdf-computable-document-format>, свободный. — Дата обращения 08.07.2013.
7. Используем возможности Wolfram Mathematica в.NET приложениях [Электронный ресурс]: Хабрахабр. — Россия: habrahabr.ru, 2012. — Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/154169/>, свободный. — Дата обращения 08.07.2013.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

The Stochastic Model of Reliability for City Public Transport Operation

Адаменко Николай Игоревич, доктор технических наук, заведующий кафедрой
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина (Украина)

Палант Алексей Юрьевич, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник
НИИ правового обеспечения инновационного развития Национальной академии правовых наук Украины (г. Харьков)

Mykola Adamenko, the V. N. Karazin Kharkiv National University (Ukraine, Kharkiv),
Oleksii Palant, the Research Institute of Legal Provision of Innovative Development
at the National Academy of Law Sciences of Ukraine (Ukraine, Kharkiv)

The paper describes unstable provision of electric public transport in contemporary Ukrainian cities, under using the fleet with excess depreciable life, decreased vehicle production and consequently unpredicted failures. The research suggests the stochastic design of reliability of the system provided with a reserve fleet at minimal expenses for maintenance.

Keywords: transport system, vehicles, reserve fleet, system reliability, standby systems.

Introduction. Topicality. Nowadays population in large cities increases as more and more people are migrating to cities in search of a job. Rapid growth of urban population necessitates rigid structuring of the public transportation system, and this undoubtedly makes this research urgent.

Assignment formulation. The problem of insufficient public transportation, and in some cases of stagnation, is especially urgent for all large CIS cities. This issue has been considered in numerous recent scientific and publicist papers [5, 9, 11].

One of the scientific objectives, leading to solving the specified problem, is to improve efficiency of public transportation service. Similar problems have recently often solved by the methods of probability theory [4, 6, 8].

Theoretical and practical principles of operation and development of the transport complex. The task is to ensure uninterrupted public transportation by an electric transport fleet. To achieve the purpose a number of vehicles considering possible failures of several units while running are to be calculated. Vehicles quantitative reserve is to be provided, so that, on the one hand, the transport system operation remains stable via shifts, and on the other hand, it is ensured with minimal expenses for its maintenance [2].

Suppose there is the transport system S . The event A_S is normal operation of the system S within a certain period of time Δt_S . We may determine reliability of the system S operation as the probability $P(A_S)$ of A_S . Boundaries of the reliability numerical measurements are determined by the two-sided inequality

$$0 \leq P(A_S) \leq 1. \tag{1}$$

A risk for the system S is the probability $P(\overline{A_S})$ that the event A_S does not take place. Hereinafter a line means an opposite event.

As events A_S and $\overline{A_S}$ generate a full system of events, there is the following correlation between reliability and risk:

$$P(A_S) + P(\overline{A_S}) = 1 \tag{2}$$

As a rule, in practice technical capabilities do not provide sufficient confidence to make reliability equal to 1 (that means to reduce a risk to zero). In this case for each specific system, boundaries of reliability are to be integrated via the inequality

$$P(A_S) \geq P_{\min}(A_S) \tag{3}$$

or boundaries of risk, which, according to (2) and (3), are given in correlation

$$P(A_S) \leq 1 - P_{\min}(A_S) = P_{\max}(\overline{A_S}) \tag{4}$$

The numeric value $P_{\min}(A_S)$ is determined for each specific system S considering technical and economic capabilities, and also degree of damage and loss due to the $\overline{A_S}$ event.

In this problem, basing on the above definitions, we calculate the system reliability increase through the connection of «standby» systems to it (transport reserve fleet [1]). Therewith, the overall task, allowing to use its solution for different systems, will be combined with specific numeric results.

Consider the system S containing a few subsystems. We will discuss only a case with two subsystems S_1 and S_2 . As it's evident from the calculations below, extension by any number of subsystems is easy.

The events A_S, A_{S1}, A_{S2} will represent normal operations of the whole system S as well as normal operations of its two subsystems S_1 and S_2 . Basing on the determination of the product of two events, we will have:

$$A_S = A_{S1}A_{S2} \tag{5}$$

Provided the events A_{S1} and A_{S2} are independent, then according to (5) the reliability of the system S is the product of reliability of systems S_1 and S_2 .

$$P(A_S) = P(A_{S1})P(A_{S2}) \tag{6}$$

Suppose the current situation is that the system S reliability, calculated under the formula (6), is lower than the allowable reliability limit, determined by the inequality (3). Thus there are no technical or economic opportunities to improve the reliability (6) via enhancement of the subsystems S_1 and S_2 .

The solution of this situation may be connection of the standby systems D_1 and D_2 to the subsystems S_1 and S_2 , respectively. These subsystems via automatic control stations — decision-makers R_1 and R_2 , — will begin to function according to the subsystems S_1 and S_2 , respectively, if their operation does not meet the standard requirements [3, 7, 10].

To create the standby systems may be easier than to improve the subsystems S_1 and S_2 , since proper actions by the decision-makers and the standby systems may be designed to operate within relatively short period of time:

$$\Delta t_R < \Delta t_D \ll \Delta t_S \tag{7}$$

Uptime of the decision-makers activities Δt_R and uptime of the standby systems Δt_D must ensure to take all necessary measures to eliminate danger, related to events $\overline{A_{S1}}$ and $\overline{A_{S2}}$ during this period.

Calculate the reliability $P(A_{SRD})$ of the system SRD , which along with the original system S contains two decision-makers R_1 and R_2 and two standby vehicles D_1 and D_2 . Here the event (A_{SRD}) is failure-free operation of the system SRD . Therewith, the reliability (correctness of decisions) made by the decision-makers $P(A_{R1}), P(A_{R2})$ and the reliability of standby vehicles $P(A_{D1}), P(A_{D2})$ are supposed to be independent and known. Here the events A_{R1} and A_{R2} are failure-free operation of the decision-makers during Δt_R , while the events A_{D1} and A_{D2} are failure-free operation of the standby vehicles over Δt_D .

The subsystem S_1 , implying R_1 and the standby system D_1 is convenient to be considered as a single subsystem, $SRD1$.

The reliability of this system $P(A_{SRD1})$ is determined by the event A_{SRD1} , which is the subsystem $SRD1$ functioning with each possibility. In this case the event A_{SRD1} is split into two variants:

1. Normal operation of the subsystem S_1 .
 2. The S_1 subsystem does not operate, but the decision-maker R_1 was activated resulted in the standby system D_1 operation.
- The aforesaid resulted in the following inequality:

$$A_{SRD1} = A_{S1} + \overline{A_{S1}}A_{R1}A_{D1} \tag{8}$$

Provided that all systems operate independently, the subsystem $SRD1$ reliability, basing on (8), is

$$P(A_{SRD1}) = P(A_{S1}) + P(\overline{A_{S1}})P(A_{R1})P(A_{D1}) \tag{9}$$

Similarly we will have for the reliability of the subsystem $SRD2$ (supporting the subsystem S_2 , including R_2 and the standby system D_2) as follows:

$$P(A_{SRD2}) = P(A_{S2}) + P(\overline{A_{S2}})P(A_{R2})P(A_{D2}) \tag{10}$$

The event A_{SRD} (the system SRD operation), evidently, equals

$$A_{SRD} = A_{SRD1}A_{SRD2} \tag{11}$$

Based on correlations (2), (9), (10) and (11) we will have the following for the SRD systems reliability:

$$P(A_{SRD}) = P(A_{S1})P(A_{S2}) + P(A_{S1})[1 - P(A_{S2})]P(A_{R2})P(A_{D2}) + P(A_{S2}) \times [1 - P(A_{S1})]P(A_{R1})P(A_{D1})P(A_{R1})P(A_{R2})P(A_{D1})P(A_{D2})[1 - P(A_{S1})][1 - P(A_{S2})] \quad (12)$$

Formula (12) solves the specified problem. The first summand in the right part of equation (12), according to (6), provides the reliability of the system S, if standby vehicles are unavailable. The second, third and fourth summands in (12) determine the increased reliability of the system S, with available standby systems. The risk of the event A_{SRD} is determined by formulas (2) and (12).

According to (12), the reliability of the system SRD tends to one, whereas the risk tends to zero, when the decision-makers and the standby systems tend to one. It should be noted that achieving the high reliability value of the latter items may be reached by inequality (7), which admits short uptime period for the decision-makers and the standby systems.

Conclusion. The stochastic modeling described in the paper enables to ensure sufficient public transportation at minimum costs to maintain the reserve fleet. The model is designed to be used in the transport structure in a large city with any passenger flow.

References:

1. Adamenko N. The increase in system reliability through duplication / Scientific Bulletin of construction. — #19 — Kharkiv, KNUC A, KRTO CAU, 2002. — p. 173–179
2. Adamenko N. Galeta A. Technical and economic aspects of risk reduction in the operation of technical systems / Scientific Bulletin of construction. — #29 — Kharkiv, KNUC A, 2004. — p. 152–154
3. Alan D. Pearman, Transport Projects, Programmes and Policies: Evaluation Needs and Capabilities / Alan D., Pearman, Peter J. Mackie, John Nellthorp, Interdisciplinary Centre for Comparative Research in the Social Sciences, Ashgate Publishing, Ltd., 2003–271 p.
4. Ash, Robert B. Basic propability theory / Robert B. Ash. — Dover ed. Mineola, New York, 2008. — 350 p.
5. Babaev V. Development and implementation of a strategic plan for sustainable urban development based on a balanced scorecard / V. Babaev, V. Semenov, V. Torkatiuk, N. Pan, S. Butnik // Urban Public Utilities: scientific and technological bulletin #57 — Kiev: Technology, 2004. — P. 35–52.
6. Christopher King. Notes on Probability Theory, Department of Mathematics. Northeastern University, 2009 — 124 p.
7. Cole S. Applied Transport Economics: Policy, Management & Decision Making. Kogan Page, 2005. — 449 p.
8. Jean Walrand, Lecture Notes on Probability Theory and Random Processes, Department of Electrical Engineering and Computer Sciences University of California, 2004. — 302 p.
9. Palant O. Logistics transport complex in the region (the prospects for investment and innovation development). — Kharkiv: Golden Pages, 2012, — 165 p.
10. Robert A. Novack, Transportation: A Supply Chain Perspective / Robert A. Novack, Brian Gibson, Cengage Learning, 2010. — 506 p.
11. Vinnichenko V. The integrated automated enterprise management system of urban electric transport / V. Vinnichenko // Urban Public Utilities: scientific and technological bulletin #36 — Kiev: Technology, 2002. — P. 351–354.

Применение пористого кремния в биомедицине

Белорус Антон Орестович, магистр

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Медицина играет очень важную роль в жизни современного человека. С развитием технологий нашего времени в ней открывается множество перспективных и значимых направлений. Одним из таких является биомедицина. Развитие данной области медицины делает возможным появление новых лекарственных средств, новых подходов к лечению, более глубокое, понимание молекулярных механизмов, лежащих в основе болезни, тем

самым создавая фундамент для медицинских приложений, диагностики и лечения.

Для решения определенных задач в этом направлении нужны соответствующие материалы и технологии их получения. Например, для увеличения контраста изображения биологических объектов в биосенсорах, а так же для терапевтических целей и локальной доставки лекарственных препаратов возможно применение коллоидных квантовых

точек (КТ) [1,2]. На основе КТ сульфида свинца, синтез которых основан на реакции ионного обмена между ацетатом свинца и сероводородом [3], могут быть созданы эффективные маркеры для биомедицинских целей [4]. Так же для биомедицинских целей выделяют целый класс материалов, с помощью которых возможно решение множества задач связанных с диагностикой очага инфекции в организме, локальной доставкой лекарственных средств и с последующим лечением. Эти материалы можно отнести к классу пористых [5–9].

Одними из эффективных методов создания пористых материалов являются электрохимические методы. К настоящему времени, методом электрохимического анодирования получены многие пористые полупроводники (например, пор-Si, пор-PbTe, пор-SiC, пор-GaN, пор-GaAs, пор-InAs и др.), оксиды металлов (например, пор- Al_2O_3 пористые анодные оксиды ниобия, ванадия тантала) [10–17].

Технологии с использованием методов электрохимии обладают рядом достоинств, по сравнению со многими ресурсозатратными и требующими сложного технологического оборудования и специальных условий эксплуатации. Так, данная технология является производительной, относительно дешевой и простой, воспроизводимой, а также может быть полностью интегрирована с традиционными технологиями производства интегральных микросхем.

Пористый кремний (por-Si), получаемый методом электрохимического анодного травления, можно рассматривать как целый класс полупроводниковых материалов, свойства которых в значительной степени зависят от условий получения и параметров исходного, как правило, монокристаллического кремния [12,18–24]. Этот материал характеризуется уникальным строением: внутренняя структура высокопористого кремния обладает значительно развитой поверхностью, системой каналов и порами различного уровня (системы связанных мезо- и микропор) [21].

Среди многих областей применения пористого кремния одной из наиболее востребованных в настоящее время является биомедицина. В биомедицинских устройствах пор-Si может быть использован в качестве различных функциональных элементов: в качестве материала-носителя для адресной доставки лекарств, в качестве фотосенсибилизаторов в фотодинамической терапии [5], модифицированные слои пористого кремния могут быть использованы в биосенсорах различного назначения [12].

Ряд качеств, присущих пористому кремнию, в отличие от многих других материалов, используемых в биомедицине, делает его очень перспективным. Кремний является незаменимым микроэлементом в организме человека, поскольку функционирует как биологический структурообразующий элемент соединений, которые вносят вклад в архитектуру и упругость соединительной ткани [25]. Но в то же время кремний достаточно хорошо

выводится из организма, не оказывая никаких побочных действий. В человеческом организме усваивается около 4% от общего количества поступившего кремния. Несмотря на существенные колебания в количестве поступающего в организм кремния, его содержание в крови остается стабильным. Все перечисленные качества делают пор-Si биосовместимым, нетоксичным при введении пероральным путем в организм человека и биodeградируемым материалом.

Пористый кремний является продуктом электрохимического анодирования из пластин монокристаллического кремния в плавиковой кислоте раствора электролита, методами сухого или жидкостного контакта. Существенное различие этих методик заключается в том, что в первом случае контакт к монокристаллической пластине кремния осуществляется путем непосредственного соприкосновения электрода с образцом, в то время как во втором методе электрод находится в электролите, не касаясь пластины, вследствие чего происходит формирование контакта жидкость-кремний [12].

Управление морфологией пор и их размерами может осуществляться путем регулирования плотности тока, типа и концентрации легирующей примеси, кристаллической ориентации пластины, и концентрации электролита в целях формирования макро-, мезо- и микропор [12,19, 20, 22, 26, 27]. Возможность легко регулировать размеры пор во время электрохимического травления является уникальным и важным для доставки лекарств свойством пористого Si. Поскольку другие пористые материалы, как правило, требуют более сложную процедуру управления размерами пор. Контроль пористости и размера пор во время травления может осуществляться путем корректировки тока в процессе травления. Как правило, большие плотности тока дают более крупные поры. Большие поры желательны при включении молекул большого размера или препаратов в поры. Размер пор и пористость является важным не только для загрузки лекарственного средства, но так же определяет скорости разложения пористой матрицы-хозяина Si. Самые маленькие пористые волокна в слое приводят к повышению скорости растворения, обеспечивая удобное средство контроля.

Для применений к биомедицине, часто желательно получить пористый Si в виде частиц или порошка. Пористый слой может быть удален из кремниевой подложки с процедурой, обычно называемой «отрывом». При травлении электролит заменяют другим раствором, содержащим низкий раствор HF, и подают импульс тока в течение нескольких секунд. В результате низкая концентрация HF создает ситуацию ограниченной диффузии, вследствие чего пористый слой удаляется быстрее, чем будет происходить процесс травления. В результате происходит отделение пористого слоя от кремниевой пластины. Этот слой образует пористую пленку, которая может быть преобразована в микрочастицы [5, 28].

В данной работе слои пористого кремния получали, методом сухого контакта в однокамерной электроли-

Таблица 1. Параметры подготовки образцов

Образец	Название образца	Дисперсионная среда	Параметры центрифугирования	
			Время, мин	Скорость, тыс. об/мин
0	чистое стекло	-	-	-
1	Порошок марки КЭФ-1 (111) на стекле	вода	30	10
2	Порошок марки КЭФ-1 (111) на стекле	вода	30	13

тической ячейке [29]. Пластина монокристаллического кремния была закреплена на электрод (анод) и одна её часть выполняла роль анодной стороны. Далее она погружалась в электролит, таким образом, чтобы анод не оказался в контакте с раствором. Электрохимическое травление осуществлялось в гальваностатическом режиме при плотностях тока 70 мА/см² и временах порядка 25 мин для монокристаллических пластин марок КДБ-10 (100), КЭФ-1 (111), КЭФ-0.3 (111). Далее монокристаллическая пластина погружалась в дисперсионную среду (вода или изопропиловый спирт), подвергалась ультразвуковому воздействию, вследствие чего пористый слой счищался и измельчался. Порошки получались после процесса сушки при комнатной температуре, полученных дисперсий.

Для исследования свойств пористых материалов используются различные методы, такие как магнитно-резонансная спектроскопия [29, 30], атомно-силовая микроскопия, сорбометрия [31]. В данной работе методом сорбометрии была измерена удельная площадь поверхности полученных порошков, а так же получено распределение пор по размерам. Так же было выявлено влияние параметров термоподготовки (термотренировки) на удельную площадь поверхности порошков. Данная процедура необходима для того, чтобы избавиться от возможных загрязнений поверхности и тем самым увеличить достоверность измерений. Параметрами термоподготовки выступают время и температура. По данным исследований было выявлено, что удельная площадь поверхности порошков марки КЭФ-0.3 составила порядка 200 м²/г и выбранные нами параметры термотренировки не влияют, в то время как для порошков марки КЭФ-1 удельная площадь поверхности варьируется от 50–100 м²/г в зависимости от выбранных параметров. Распределение пор по размерам было получено для порошков марки КЭФ-1. Данные показывают, что материал относится преимущественно к мезопористым, так как порядка 81 % пор имеют диаметр от 2 нм до 50 нм.

Для оценки размеров частиц порошков пористого кремния, в зависимости от условий получения и исследования морфологии частиц *por-Si* в работе были использован метод атомно-силовой микроскопии в полуконтактном режиме (с модуляцией по амплитуде) [33–37]. Исследования проводились на зондовой нанолаборатории

Интегра Терма (НТ-МДТ, Зеленоград). В работе были использованы зондовые датчики марки NSG01.

Для исследований методом АСМ образцы готовились следующим образом:

1) полученная суспензия в ходе травления и процесса снятия пористого слоя разделялась на фракции методом центрифугирования;

2) осуществлялся забор фракций с одинаковой глубины пробирки и наносился на подложки из стекла;

3) сушка производилась при комнатной температуре;

На рисунках 1,2,3 приведены результаты исследования поверхности образцов методом АСМ, которые были подготовлены в соответствии с таблицей 1.

Сравнительный анализ полученных данных показал, что максимальный перепад высот (ΔZ) на чистом стекле составил порядка 10 нм (рисунок 1), в то время как на изображении с частицами кремния (рисунок 2, рисунок 3) ΔZ порядка единиц микрометров. Так же стоит отметить, что на изображениях видны и индивидуальные частицы, размер которых составляет единицы микрометров и меньше, а также агрегаты различных частиц с размерами порядка 50 мкм.

Так как раствор, который наносился на стеклянную подложку, оптически прозрачен в видимом диапазоне спектра (т.е. отсутствуют частицы крупнее 400–600 нм), а по данным АСМ наблюдаются агрегаты размером в десятки мкм, то можно предположить, что в процессе сушки капли происходит агрегация частиц. Агрегаты носят фрактальную природу. В дальнейшем при подготовке образцов может быть рекомендовано ускорить процесс сушки, с целью избегания процессов образования агрегатов.

Таким образом, в данной работе приведен обзор областей применения и достоинств пористого кремния для решения задач биомедицины. Отработана технология и получены порошки на основе пористого кремния, а также дисперсии порошков в жидкости. Исследования порошков пористого кремния методом сорбиметрии показали, что в зависимости от условий получения порошки пористого кремния характеризуются различной удельной площадью поверхности Суд (от 50 м²/г до 200 м²/г), причем Суд больше для тех порошков *por-Si*, которые получены из кремния с меньшим удельным сопротивлением исходного материала. Даны рекомендации по подготовке образцов для исследований методом АСМ.

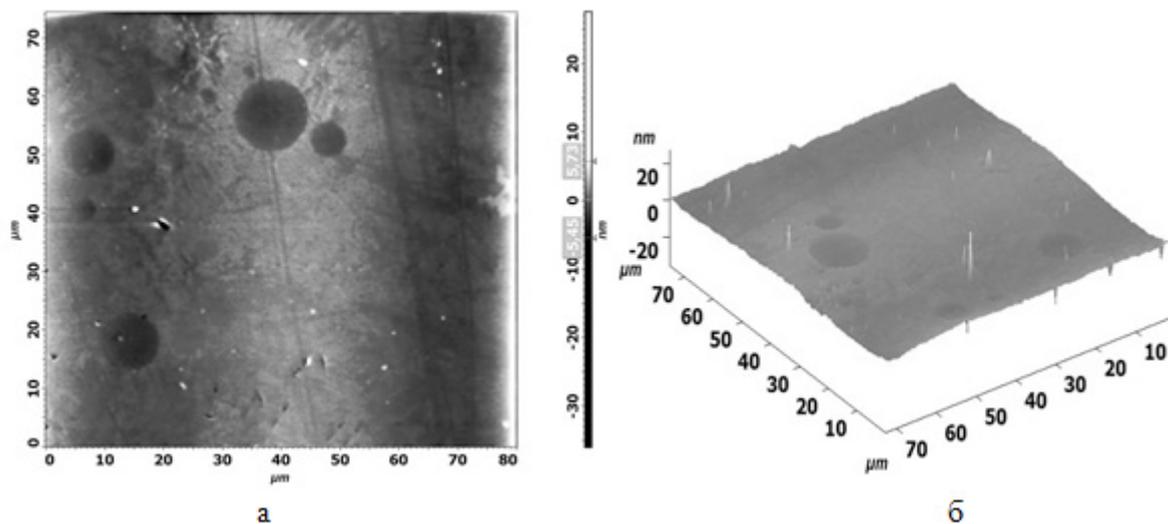


Рис. 1. Образец 0: а — 2D изображение поверхности; б — 3D изображение поверхности

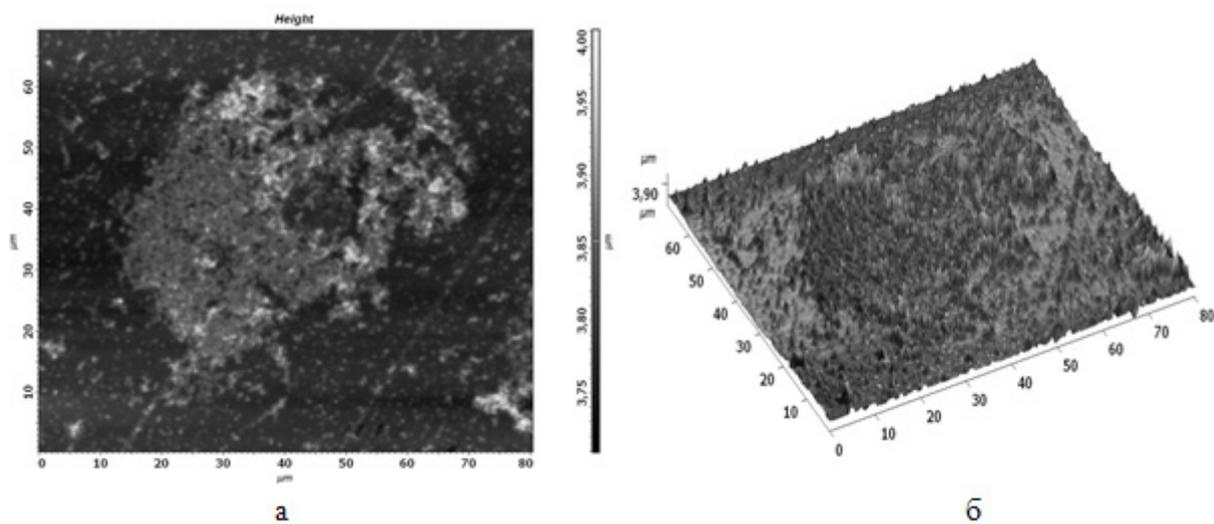


Рис. 2. Образец 1: а — 2D изображение поверхности; б — 3D изображение поверхности

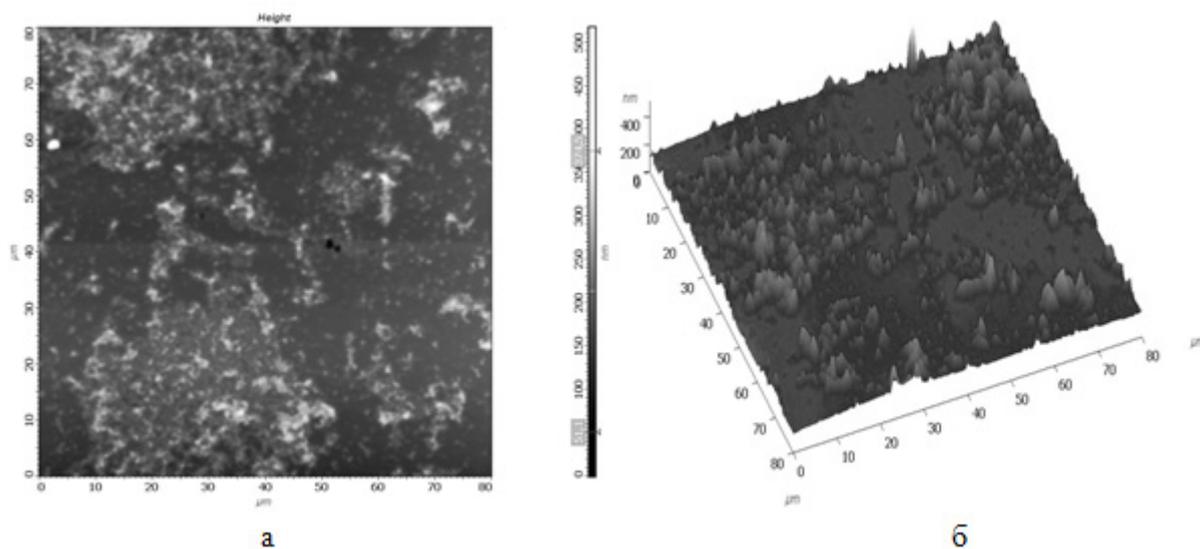


Рис. 3. Образец 3: а — 2D изображение поверхности; б — 3D изображение поверхности

Литература:

1. Мусихин С. Ф., Александрова О. А., Лучинин В. В., Максимов А. И., Мошников В. А. Полупроводниковые коллоидные наночастицы в биологии и медицине // Биотехносфера 2012. № 5–6. С. 40–48.
2. Зимин С. П., Горлачев Е. С. Наноструктурированные халькогениды свинца. // Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова — Ярославль, ЯрГУ, 2011. — 232 с.
3. Александрова О. А., Максимов А. И., Мараева Е. В., Матюшкин Л. Б., Мошников В. А., Мусихин С. Ф., Тарасов С. А. Синтез и самоорганизация квантовых точек сульфида свинца для люминесцентных структур, полученных методом испарения коллоидного раствора // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 2. С. 19–23.
4. Мараева Е. В., Матюшкин Л. Б. Получение и исследование нанодисперсных и наноструктурированных халькогенидов свинца // Молодой ученый. 2012. № 7. С. 33–36.
5. Porous silicon in drug delivery devices and materials / E. J. Anglin, L. C. Cheng, W. R. Freeman, and all // Adv Drug Deliv Rev. — 2008. — Vol. 60. — P.1–32
6. Зими́на Т. М., Муратова Е. Н., Спивак Ю. М., Дрозд В. Е., Романов А. А. Технологии формирования и применение нанослоев и нанопористых композиций Al₂O₃ для микро- и нанотехники. // Нано- и микросистемная техника. 2012. № 12. С. 15–24.
7. Electron structure of porous silicon obtained without the use of HF acid / Kashkarov V., Nazarikov I., Lenshin A., Terekhov V., Turishchev S., Agapov B., Pankov K., Domashevskaya E. // Physica Status Solidi (C) Current Topics in Solid State Physics. 2009. Т. 6. № 7. С. 1557–1560.
8. Кашкаров В. М., Леньшин А. С., Агапов Б. Л., Турищев С. Ю., Домашевская Э. П. Получение нанокompозитов пористого кремния с железом и кобальтом и исследование их электронного строения методами рентгеновской спектроскопии // Письма в ЖТФ. 2009. Т. 35. С. 89.
9. Соцкая Н. В., Долгих О. В., Кашкаров В. М., Леньшин А. С., Котлярова Е. А., Макаров С. В. Физико-химические свойства поверхностей модифицированных наночастицами металлов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т. 9. № 5. С. 643–652.
10. Nanostructured Materials in Electrochemistry // Edited by Ali Eftekhari. / WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2008. 463 p
11. Лыньков Л. М., Мухуров Н. И. Микроструктуры на основе анодной алюмооксидной технологии: Монография: // Мн.: Бестпринт, 2002. — 216 с.
12. Мошников В. А., Спивак Ю. М. Глава 5. «Электрохимические методы получения пористых материалов для топливных элементов» [Текст] // Основы водородной энергетики / Под ред. В. А. Мошникова и Е. И. Терукова. 2-е изд. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ» — 2011—288 с.
13. С. А. Гаврилов, А. Н. Белов. Электрохимические процессы в технологии микро- и нано- электроники: учеб. Пособие / М.: Высшее образование, 2009. — 257 с.
14. Афанасьев А. В., Ильин В. А., Мошников В. А., Соколова Е. Н., Спивак Ю. М. Синтез нано- и микропористых структур электрохимическими методами // Биотехносфера. 2011. № 1–2. С. 39–45.
15. Мошников В. А., Соколова Е. Н., Спивак Ю. М. Формирование и анализ структур на основе пористого оксида алюминия / Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011, вып 2, С. 13–19.
16. Муратова Е. Н., Спивак Ю. М., Мошников В. А., Петров Д. В., Шемухин А. А., Шиманова В. В. Влияние технологических параметров получения слоев нанопористого Al₂O₃ на их структурные характеристики // Физика и химия стекла. 2013. Т. 39. № 3. С. 473–480.
17. Белов А. Н. Процессы формирования наноструктур на основе пористых анодных оксидов металлов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, 2011, 48 с.
18. Получение нанопористых материалов методом электрохимического анодирования [Текст] учеб. пособие // Химические методы получения керамических и полимерных наноматериалов из жидкой фазы: Учеб. пособие / Под общ. редакцией В. В. Лучинина и О. А. Шиловой / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». СПб., 2013. 218 с.
19. Леньшин А. С., Кашкаров В. М., Спивак Ю. М., Мошников В. А. // Исследование электронного строения и фазового состава пористого кремния Физика и химия стекла. 2012. Т. 38. № 3. С. 383–392.
20. Травкин П. Г., Воронцова Н. В., Высоцкий С. А., Леньшин А. С., Спивак Ю. М., Мошников В. А. Исследование закономерностей формирования структуры пористого кремния при многостадийных режимах электрохимического травления // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 4. С. 3–9.
21. Канагеева Ю. М., Савенко А. Ю., Лучинин В. В., Мошников В. А., Зимин С. П., Бучин Э. Ю. Изучение структурно-морфологических особенностей макропористого кремния при препарировании образцов острогофокусированным ионным пучком // Петербургский журнал электроники. 2007. № 1. с. 35.

22. Леньшин А. С., Кашкаров В. М., Середин П. В., Спивак Ю. М., Мошников В. А. Исследование электронного строения и химического состава пористого кремния, полученного на подложках n- и p-типа методами XANES и ИК-спектроскопии // Физика и техника полупроводников. 2011. Т. 45. № 9. С. 1229.
23. Investigations of nanoreactors on the basis of p-type porous silicon: electron structure and phase composition / Lenshin A. S., Kashkarov V. M., Spivak Yu. M., Moshnikov V. A // Materials Chemistry and Physics. 2012. С. 293
24. XANES and IR spectroscopy study of the electronic structure and chemical composition of porous silicon on n- and p-type substrates / Lenshin A. S., Kashkarov V. M., Seredin P. V., Spivak Y. M., Moshnikov V. A. // Semiconductors. 2011. Т. 45. № 9. С. 1183–1188.
25. Feudis F. D. Advanas in Ginkgo biloba Extract research/ F. D. Feudis // Elsevier. Paris. — 1997. — Vol.6 — P.132–134.
26. Спивак Ю. М., Соколова Е. Н., Петенко О. С., Травкин П. Г. Определение параметров пористой структуры в por-Si и por-Al₂O₃ путем компьютерной обработки данных растровой и атомно-силовой микроскопии // Молодой ученый. 2012. № 5. С. 1–4.
27. Investigation of nanoreactors on the basis of p-type porous silicon: electron structure and phase composition / Lenshin A. S., Kashkarov V. M., Spivak Y. M., Moshnikov V. A. // Materials Chemistry and Physics. 2012. С. 293.
28. Белорус А. О., Матюшкин Л. Б., Спивак Ю. М. Получение порошков пористого кремния из монокристаллического кремния n- и p-типа электрохимическим анодированием // Труды всеросс. 68-ой науч.-техн. конф., посвященной Дню радио. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. С. 266.
29. Nuclear magnetic resonance investigation of the surface structure of porous silicon / Mamykin A. I., Il'in A. Yu., Moshnikov V. A., Mamykin A. A., Pershin A. I., Mokrousov N. E. // Semiconductors. 1995. Т. 29. С. 979.
30. Magnetic resonance spectroscopy of porous quantum-size structures / Mamykin A. I., Moshnikov V. A., Il'in A. Yu. // Semiconductors. 1998. Т. 32. № 3. С. 322–324.
31. Леньшин А. С., Мараева Е. В. Исследование удельной поверхности перспективных пористых материалов и наноструктур методом тепловой десорбции азота // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», СПб, изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011 — №6 — с. 9–16
32. Мошников В. А., Спивак Ю. М. Метрологический тестовый // Патент на полезную модель RUS 95396 11.01.2010
33. Атомно-силовая микроскопия для нанотехнологии и диагностики [Текст]: учеб. пособие./ В. А. Мошников и др; — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009 г. — 80 с.
34. Atomic force microscopy of polyaniline with global structure / Spivak Y. M., Moshnikov V. A., Sapurina I., Kazantseva N. E. // The Technical University of Varna. Annual Proceedings. 2010. Т. 1. С. 103–109.
35. Козловский Э. Ю., Спивак Ю. М., Мошников В. А., Пономарева А. А., Селезнев Б. И., Иванов Н. Н., Желаннов А. В. Транзисторные структуры РНЕМТ: Исследование особенностей полупроводниковой гетероструктуры методами атомно-силовой микроскопии // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2010. Т. 1. № 94. С. 18–28.
36. Ю. М. Спивак, В. А. Мошников Особенности строения фоточувствительных поликристаллических слоев на основе PbCdSe сетчатого типа // «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования», 2010, № 1, с. 97–102.
37. Пермяков Н. В. Расширение функциональных возможностей зондов атомно-силовых микроскопов электрохимическими методами [Текст] / Н. В. Пермяков // Молодой ученый. — 2012. — № 12. — С. 10–14.

Анализ методов защиты авиационных газотурбинных двигателей от вредных факторов среды эксплуатации

Биксаев Айрат Шафкатович, лаборант;

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Лоскутников Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Белобровина Марина Викторовна, лаборант;

Салимова Ирина Ильгиовна, лаборант;

Жеребило Виктория Юрьевна, лаборант

Уфимский государственный авиационный технический университет

Широкая специфика применения ГТД подразумевает совершенно различные условия окружающей среды. Так, например, в наиболее благоприятных внешних условиях работают двигатели гражданских самолетов: их ресурс составляет до 30000 часов; в то же время ресурс газоструйных машин не достигает и 1000 часов. Из-за конструктивной сложности и высокой плотности энергии в элементах газотурбинных двигателей выход из строя даже одной детали может привести к катастрофическим последствиям.

Работа газотурбинного двигателя характеризуется большими расходами рабочего тела, — воздуха, который одновременно является и окружающей средой. Именно поэтому к его качеству предъявляются очень серьезные требования. Наиболее вредными с точки зрения режима работы и повреждаемости ГТД являются следующие факторы окружающей среды:

- запыленность атмосферы — приводит к абразивному износу лопаток и минеральным отложениям на них;
- работа в условиях повышенной влажности и влажности атмосферного воздуха — меняется режим работы двигателя, возникает опасность останова двигателя из-за залива камеры сгорания;
- работа в условиях морской среды — наблюдаются отложения солей на лопатках компрессора и турбины, что может привести к пережогу ТВД, сильно усиливается коррозия элементов газотурбинного двигателя;
- неравномерность теплового поля перед входным устройством — приводит к снижению мощности двигателя, повышается возможность перегрева двигателя.

Атмосферный воздух, засасываемый в ГТУ, не является абсолютно чистым. В нем всегда содержатся твердые или жидкие аэрозоли, влага в виде паров или тумана. Источниками их являются почвенная пыль, вулканическая пыль и газы, речная, морская и атмосферная влага, пыльца и семена растений.

Концентрация и фракционный состав частиц естественной пыли в атмосфере зависят от характера почвы и скорости ветра. Мелкодисперсная пыль распределяется в приземном слое воздуха (до высоты $H = 10$ м) равномерно; количество крупных частиц, составляющих

основную массу пыли в периоды пыльных бурь на уровне земли, резко возрастает.

Процесс эрозии лопаток зависит отряда факторов: размера частичек пыли, материала лопатки и угла попадания частиц. Как видно на рисунке 1, при высокой запыленности (например, в вертолетных ГТД) наблюдается равномерный износ лопаток первых ступеней и усиленный износ периферийных участков лопаток последних ступеней. При умеренном среднем пылесодержании воздуха износ лопаток носит локальный характер и зависит от особенностей течения, которые вызывают местное увеличение концентрации частиц и их скорости относительно лопаток.

Износ лопаток компрессора приводит к изменению аэродинамического профиля и увеличению шероховатости поверхности лопатки. В результате уменьшаются η_k , π_k , $G_{впр}$ и запасы ГДУ отдельных ступеней и компрессора в целом.

Полученное снижение η_k в работе объясняется в основном потерями, обусловленными износом, связанным с затуплением входных кромок, и, в меньшей мере, изменением остальной части профиля, а также увеличением шероховатости поверхности. Особую опасность представляет то, что места абразивного изнашивания лопаток являются сильными концентраторами напряжения, что может существенно понизить запасы прочности лопаток. В первую очередь это относится к титановым сплавам.

Отложения образует сравнительно небольшая по массе часть пыли, содержащейся в воздухе. Способность пыли образовывать отложения зависит от ее химического состава и физических свойств. Мелкая (<5 мкм) липкая пыль промышленных районов, содержащая много органических веществ и масел, быстрее образует отложения, чем сухая минеральная пыль.

В компрессорах ГТУ пыль отлагается главным образом на входных кромках (на ВНА толщина налета до 3 мм) под действием инерционных сил и на спинках лопаток, куда мелкодисперсная пыль переносится под действием турбулентной диффузии. Средняя толщина слоя отложений на поверхности лопаток невелика: 0,1–0,13 мм на ВНА и менее 0,03 мм на остальных венцах. Наибольшее коли-

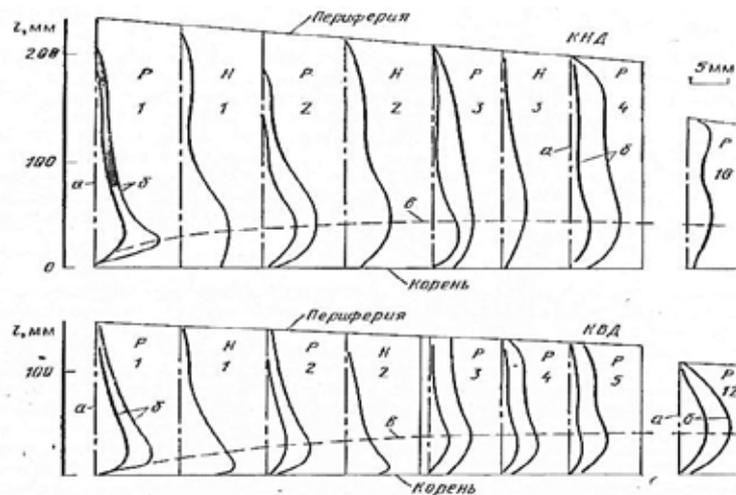


Рис. 1. Характер эрозии лопаток компрессора: а — первоначальная линия входной кромки; б — линия износа [1]

чество пыли отлагается на первых венцах: в КНД — на ВНА, а КВД — на I ступени. Количество отложений на последних ступенях в 10 раз меньше.

Одним из направлений технологического обеспечения высокой эрозионной стойкости рабочих лопаток компрессора вертолетных ГТД является нанесение эрозионностойкого покрытия на поверхность пера.

Известны методы нанесения покрытий на поверхности деталей, в частности, детонационные, химико-термические, гальванические, диффузионные, осажденные из газовой и твердой фазы и др., которые отличаются физико-химическими процессами формирования, обеспечивающими различные их свойства и области применения.

Износ лопаток с покрытием обычно начинается позже, наблюдается инкубационный период, величина которого различна, для разных покрытий. Замедленный износ образцов продолжается вплоть до изнашивания слоя защитного покрытия. Необходимо отметить, что пропорционального увеличения инкубационного периода, (когда масса образца в процессе испытания не меняется) с увеличением толщины покрытия, не наблюдается.

Возможные меры увеличения сопротивляемости износу, такие как применение стальных лопаток и специальных покрытий, несколько замедляют износ, но не решают проблему. Более того, по мере создания все более совершенных новых двигателей с высокими параметрами и большими окружными скоростями в ступенях эта проблема только обостряется. Основным методом ее решения является введение очистки от пыли воздуха на входе в двигатель в пылезащитном устройстве (ПЗУ). ПЗУ различают трех типов: барьерного, центробежного и инерционного.

Помимо водяного пара в воздухе может содержаться вода. Ее количество принято оценивать водностью, т.е. массой (в граммах) капель воды в 1 м³ воздуха. Впрыск воды на вход в компрессор в количестве до 3,5...4 г/кг от расхода воздуха не вызывает нарушения работы двигателя, максимальная мощность при этом либо сохраняется,

либо увеличивается, но удельный расход топлива ухудшается на несколько процентов. Очевидно, что это полностью относится и к работе двигателя в дождь или снег, так как водность не превышает указанного выше значения.

В двигатели гидросамолетов, самолетов-амфибий и вертолетов морского базирования могут попадать свободные частицы соли или капли воды, находящиеся под действием различных возмущений в воздухе вблизи от поверхности моря. В ряде случаев даже в спокойную погоду летательный аппарат сам является источником образования вокруг воздушной среды с взвешенными в ней каплями морской воды. Это опасно по двум причинам:

- из-за образований отложений соли в проточной части двигателя, в первую очередь, на поверхности лопаток;
- из-за коррозии деталей проточной части и наружных корпусов.

Достаточно эффективным средством борьбы с отложениями солей является периодическая промывка двигателя горячей пресной водой на низком режиме работы, практически восстанавливающая исходные характеристики двигателя. Эффективно и применение для промывки воды с дополнительным ее эмульсированием.

Коррозионное повреждение холодных и умеренно нагретых деталей происходит при непосредственном воздействии солевых аэрозолей, образующихся при выпаривании воды в тракте газотурбинного двигателя. Наружные поверхности двигателя защищают от коррозии, применяя специальные покрытия и исключая применение в деталях легких магниевых сплавов. Элементы проточной части также защищают от коррозии специальными покрытиями либо применяют титановые сплавы.

Эксплуатация газотурбинных двигателей показывает, что на некоторых режимах работы в ветреную погоду на земле возможно попадание части выхлопных газов в воздухозаборник. Это объясняется размытием выхлопной струи встречным ветром и последующим перемешиванием его с потоками, окружающими летательный ап-

парат. В некоторых случаях подогретый таким образом воздух попадает на воздухозаборники. Повышение температуры не постоянное, а пульсационное, из-за непостоянства скорости ветра.

Общее повышение температуры воздуха наиболее неблагоприятно сказывается летом при повышенной наружной температуре, так как приводит к дополнительному снижению максимальной мощности двигателя. Общее повышение температуры воздуха на входе в двигателя из-за забрасывания выпускных газов может достигать 10... 15 °С при максимальном подогреве отдельных участков на 25...30 °С. Соответствующее дополнительное уменьшение максимальной мощности двигателя в летних условиях составляет 8...10%.

Неравномерное температурное поле на входе также снижает запас по газодинамической устойчивости компрессора: чем больше температурная неравномерность, тем меньше запас по ГДУ. Такая ситуация характерна для

применения бортового оружия и пролета на низкой высоте в зоне пожара. Самым надежным способом борьбы с негативными последствиями этого явления является ограничение подачи топлива в ОКС, что обеспечивается САР двигателя.

Приведенные выше данные относятся к ТРД с многоступенчатым осевым компрессором ($\pi^*_к = 8, n_{кпр} = 8200$ мин⁻¹). Следует отметить, что газодинамический переходный процесс, определяющий возможность попадания в помпаж заканчивается всего за 0,02...0,03 с, а последующее положение рабочей точки определяется интенсивностью тепловыделения в камере сгорания и теплообменом в компрессоре. Кроме того, температура лопаток и корпуса во всех ступенях ниже температуры воздуха во время прохождения тепловой волны, что также должно учитываться при математическом моделировании процесса, происходящего при прохождении тепловой волны.

Литература:

1. Богуслаев В. А., Муравченко Ф. М., Жеманюк П. Д., Яценко В. К., Качан А. Я., Цивирко Э. И., Орлов М. Р., Замковой В. Е., Мозговой В. Ф., Рубель О. В. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки компрессора и вентилятора. Часть I.: Монография. — Запорожье, изд. «Мотор Сич», 2003. — 396 с.
2. Вертолетные газотурбинные двигатели/Григорьев В. А., Зрелов В. А., Игнаткин Ю. М. и др.; под общ. ред. Григорьева В. А. и Пономарева. — М: Машиностроение, 2007. — 491 с.
3. Ковалевский М. М. Стационарные ГТУ открытого цикла. — М.: Машиностроение, 197. — 262 с.
4. Ольховский Г. Г. Энергетические газотурбинные установки. М.: Энергоатомиздат, 1985. — 304 с.
5. Тарасенко Ю. П., Царева И. Н., Кривина Л. А. Повышение надежности и ресурса компрессорных лопаток газотурбинных двигателей газоперекачивающих агрегатов/Вестник научно-технического развития — М: «Национальная Технологическая Группа, 2011 № 2 с. 57–62
6. Барвинок В. А., Шитарев И. Л., Богданович В. И., Докукина И. А., Карасёв В. М. Срабатываемые, износостойкие и теплозащитные покрытия для деталей газового тракта турбины, компрессора и камеры сгорания ГТД/Вестник СГАУ — Самара: СГАУ, 2009 № 4 с. 11–28

Использование пассивного эксперимента при идентификации объектов управления с изменяющимися свойствами

Бильфельд Николай Валентинович, кандидат технических наук, доцент
Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета

Рассмотрены модули пассивной идентификации пакета по многокритериальному исследованию систем управления. Приведен пример пассивной идентификации. Рассмотрен класс объектов, для которых рассмотренный подход себя оправдывает.

Одной из составляющих пакета по многокритериальному анализу систем управления является модуль пассивной идентификации объекта управления. Основная форма модуля приведена на рисунке 1.

Суть заключается в следующем. При нажатии на кнопку «МА» открывается окно, позволяющее ввести

значения входного сигнала системы (сигнал в точке X). Окно приведено на рисунке 2.

Введенные значения можно сохранить в файле, открыть из файла (тренда) и т. д. Аналогичное окно открывается при нажатии на кнопку «МВ» для введения значений выходного сигнала (сигнал в точке Y).

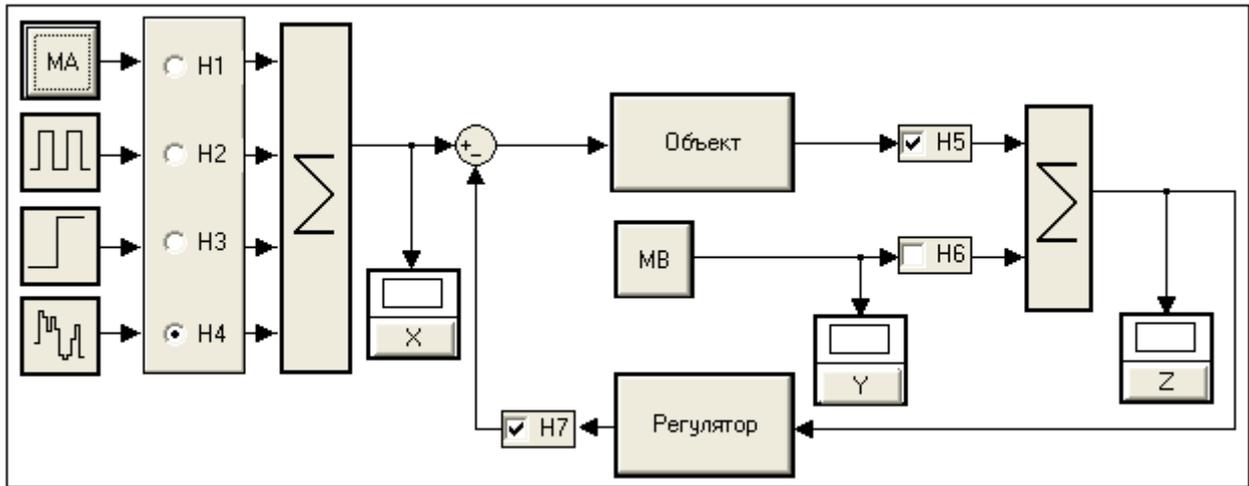


Рис. 1. Основная форма модуля

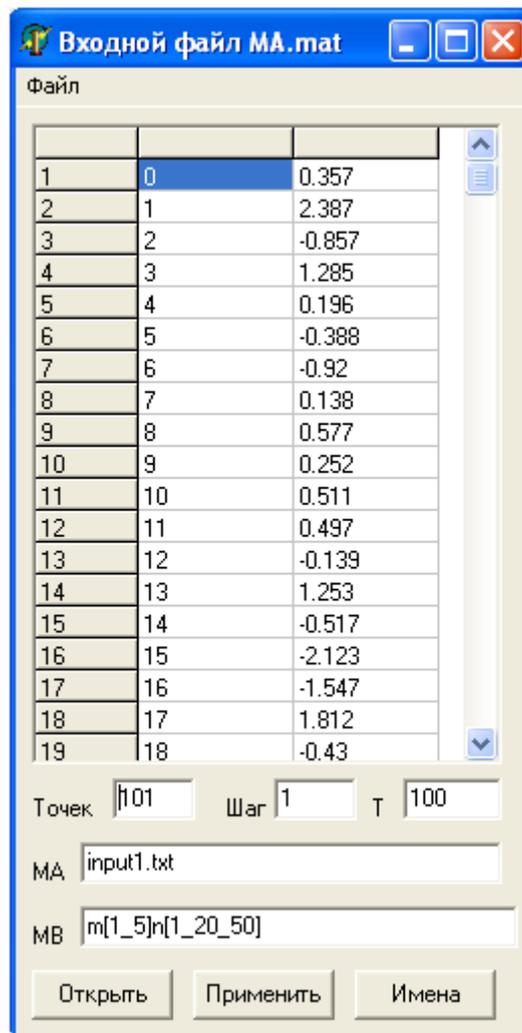


Рис. 2. Формирование входного сигнала системы

Задача заключается в формировании такой передаточной функции объекта управления при известных начальных параметрах регулятора, чтобы сигнал на

выходе модели (сигнал в точке Z) как можно меньше отличался от эталонного сигнала Y, либо отличался с заданной погрешностью. В этом случае объект можно счи-

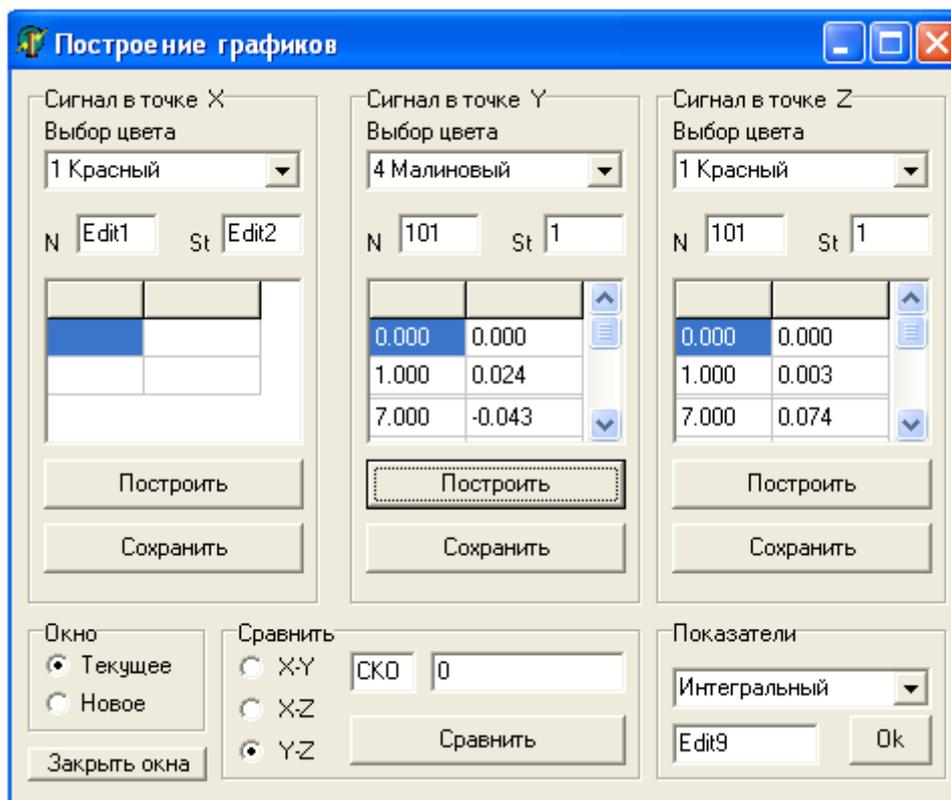


Рис. 3. Модуль построения графиков

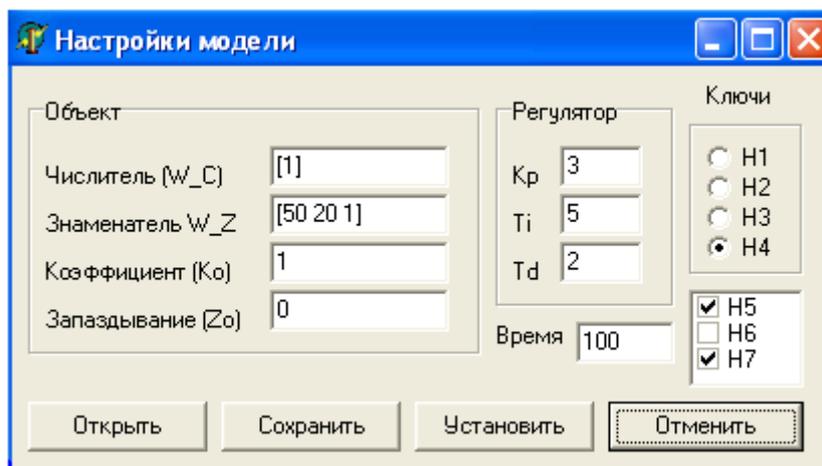


Рис. 4. Окно ввода коэффициентов объекта и регулятора

тать идентифицированным с указанной точностью.

Для построения графиков сигналов достаточно нажать на любую кнопку (X, Y, Z). При этом откроется окно, приведенное на рисунке 3.

Рассмотрим конкретный пример.

Имеется сигнал реакции замкнутой системы Y на случайный входной сигнал X для передаточной функции объекта

$$W1(s) = \frac{5s + 1}{50s^2 + 20s + 1}$$

При этом настройки регулятора имели значения: $K_p=3$; $T_i=5$; $T_d=2$.

Перейдем на вкладку «Настройки модели», как показано на рисунке 4, и введем произвольные значения коэффициентов передаточной, например:

$$W2(s) = \frac{1}{40s^2 + 15s + 1}$$

Выведем графики сигналов в точках Y и Z. Графики приведены на рисунке 5.

Перейдем на вкладку оптимизации объекта. Введем

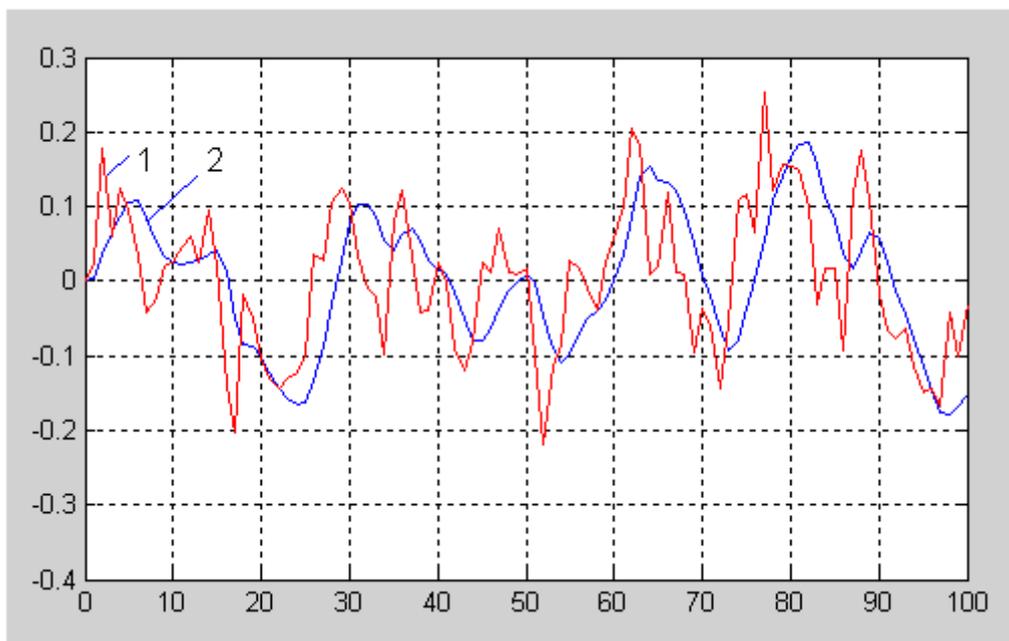


Рис. 5. Графики сигналов, в точках Y (1) и Z (2)

Оптимизация

Фай

Порядок знаменателя

	Нач.	Кон.	Шаг
A1	18	22	1
A2	48	52	1

Порядок числителя

	Нач.	Кон.	Шаг
B1	3	7	1

Заданная погрешность

Коэффициент передачи

	Нач.	Кон.	Шаг
Ko	1	1	0

Запаздывание

	Нач.	Кон.	Шаг
Z	0	0	0

Результат: оптимум найден

Коэффициент

Запаздывание

Числитель

Знаменатель

Погрешность

Итерации расчет.

Итерации реал.

Все варианты Отображать Время

Рис. 6. Вкладка оптимизации объекта

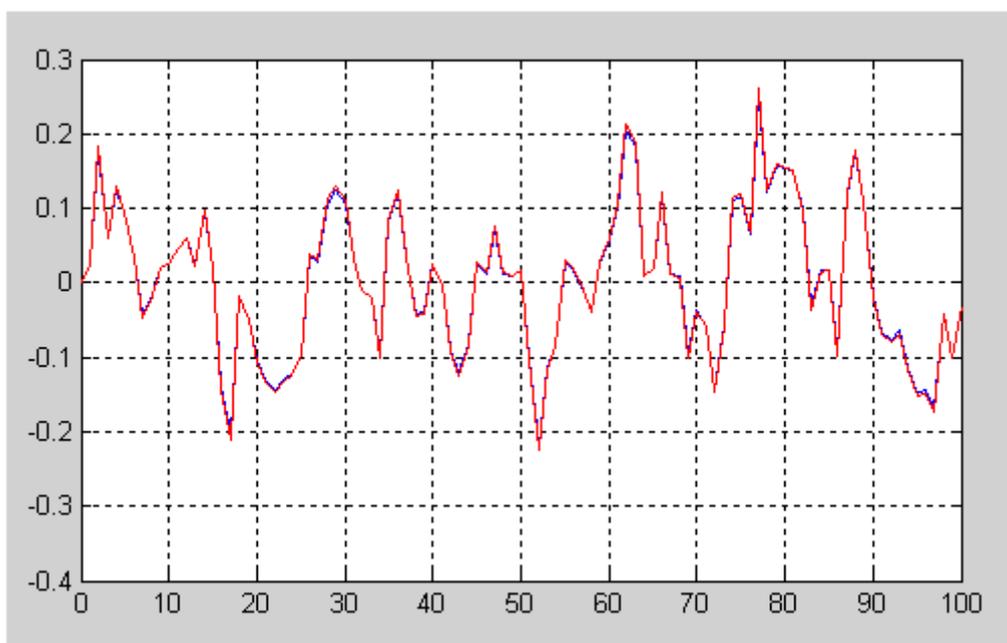


Рис. 7. Графики сигналов, в точках Y и Z

ограничения, как показано на рисунке 6 и нажмем кнопку «Пуск».

В результате программа найдет оптимальные значения коэффициентов передаточной функции объекта. Как видно из рисунка 6 это передаточная функция

$$W3(s) = \frac{5s + 1}{48s^2 + 19s + 1}$$

Если теперь построить графики сигналов в точках Y и Z, то они практически совпадают, следовательно, идентификация выполнена с необходимой точностью.

При реальных расчетах все не настолько безоблачно, как показано в данном примере. Если мы заранее не знаем порядки числителя и знаменателя передаточной функции и приблизительные ограничения коэффициентов, то время расчета методом сканирования неопозволительно велико.

В настоящее время выдуться работы в данной области. Написан специальный модуль для исследования поверхностей на локальные экстремумы с целью анализа возможности использования других методов оптимизации, в частности покоординатного спуска. Также ведутся работы по модификации самих методов оптимизации.

Использование данного метода идентификации не является альтернативой активному эксперименту, даже в тех случаях, когда активный эксперимент по каким-либо причинам провести затруднительно. С другой стороны, данный метод незаменим для объектов, свойства которых меняются с течением времени (так называемые нестационарные объекты).

В частности, к таким объектам можно отнести процессы восстановления и сепарации титана. Как указывают авторы [2, 3] данные процессы характеризуются не-

стационарностью с экзотермическим характером реакций, вызывающих значительные температурные градиенты, возникновение в процессе восстановления новых компонентов в различных агрегатных состояниях, наличие в процессе сложной совокупности явлений макрокинетики: испарения и конденсации, диффузии и конвекции и т.д.

Если рассмотреть словесный алгоритм синтеза системы управления для стационарного объекта, то он заключается в следующих пунктах:

1. Проведение активного эксперимента и получение динамики объекта.
2. Получение математического описания объекта на основе его динамических свойств (чаще всего в виде передаточной функции).
3. Расчет настроечных параметров регулятора на основе математического описания.
4. Установка полученных значений на конкретных технических средствах.

Если объект является нестационарным (с меняющимися во времени свойствами), то перечисленные пункты должна периодически выполнять сама система управления. И здесь как раз и возникают проблемы с первым пунктом нашего алгоритма. В одних случаях это невозможно, как например, в указанных процессах восстановления и сепарации титана. В других случаях это ведет к постоянным колебаниям в системе управления, что отрицательно сказывается на качестве регулирования.

В этих случаях разработанный комплекс себя вполне оправдывает, так как в большинстве случаев известны ограничения и порядки передаточных функций таких объектов, а их изменения во времени будут учитываться системой с последующей корректировкой настроечных параметров управляющих устройств.

Литература:

1. Гайдук Ф.Р., Беляев В.Е., Пьявченко Т.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB, Санкт — Петербург — Москва — Краснодар. 2011. с. 463
2. Беккер В.Ф., Затонский А.В., Кирин Ю.П. Идентификация ситуаций функционирования технологических процессов в производстве губчатого титана. Журнал «Информационно-измерительные и управляющие системы». — № 9, 2009. — С. 32–36.
3. Беккер В.Ф., Затонский А.В., Кирин Ю.П. Идентификация технологических процессов в производстве губчатого титана. Проблемы управления. — № 4, 2008. — С. 23–28.

К вопросу о применении и перспективах использования достижений теории хаотических систем в процессах обработки данных

Гора Сергей Юрьевич, аспирант;

Лопин Вячеслав Николаевич, доктор технических наук, профессор

Курский государственный университет

Началом истории развития теории динамического хаоса принято считать 1961 год, связывая с работами профессора Массачусетского технологического института Эдварда Лоренца. В своей лаборатории ученый, моделируя погоду, пришел к выводу, что малое отклонение в начальных условиях может привести к существенным отличиям в конечном результате, данный эффект, когда незначительное отклонение приводит к изменениям в огромных масштабах, назван Лоренцом «Эффект бабочки¹» [1]. Этот эффект оказался очень важным как для погодных систем, так и для всякой хаотической системы. Погода — общее поведение всех молекул, которые входят в атмосферу Земли. Невозможно получить точные данные всех факторов оказывающих влияние на систему (влияние оказывают экспериментальные шумы, фоновые шумы и неточности приборов измерений), именно поэтому предсказать погоду, так же как и поведение любой хаотической системы (биологические популяции, общество как социально экономическая система и т.д.) не представляется возможным. Проблема не в недостатке информации, а в особенностях функционирования хаотических систем.

Нелинейные системы всегда играли важную роль при изучении различных природных явлений, однако в последние десятилетия теория хаотических систем получила стремительное развитие. Основной причиной возросшего интереса является появление мощных и относительно недорогих вычислительных машин. До появления недорогих ЭВМ моделирование систем нелинейных уравнений могли заниматься только ученые, имевшие доступ к мощным ресурсам вычислительной техники. Поскольку основными методами анализа нелинейных явлений, являются методы численного моделирования, то в настоящее время

моделированием динамических систем может заниматься любой человек, имеющий персональный компьютер [2, с. 8–41]. Теория динамических систем имеет обширную область применения:

— защита информации: скрытая передача информации на каналах с хаотической несущей [3, с. 130–133], стеганографическая и криптографическая защита электронных документов [4, с. 51–54; 5, с. 44–48] и др.

— экономика: применения методов нелинейной динамики в качестве инструментов антикризисного управления [6, с. 58–67], в банковском деле [7] и т.д.;

— медицина: исследование дыхательной системы [8, с. 61–63], повышение информативности тилт-теста у пациентов с синкопальным синдромом [9, с. 6] и др.,

— физика: расчет и оптимизации импульсных источников питания [10, с. 88–106], радиотехнические устройства со структурно устойчивым гиперболическим хаосом [11, с. 98–115] и т.д.

Отдельно хотелось бы остановиться на работах группы авторов: Ю.В. Андреев, А.С. Дмитриев, Д.А. Куминов и др., которые в своих работах [12, с. 101–108; 13, с. 494–499; 14, с. 21–28; 15, с. 114–123] рассматривают роль динамического хаоса в процессах обработки информации в нелинейных системах. Эта группа авторов выдвигают гипотезу о существовании общих принципов обработки информации в системах со сложной динамикой не зависящих от реализации самих систем. На ее основе рассматривают возможность построения относительно простых математических структур (одномерные и многомерные отображения специального вида.), реализующих различные процессы обработки информации с использованием детерминированного хаоса. Особый интерес

¹ Разность значений в начальной точке двух кривых, в погодной модели Лоренца, была настолько мала, что ее можно сравнить с влиянием взмаха крыльев бабочки на атмосферу. Это классический пример хаоса, как небольшие изменения приводят к большим переменам. Говоря с позиций метафоры, это означает, что взмах крыльев бабочки в Гонконге может привести к торнадо в Техасе.

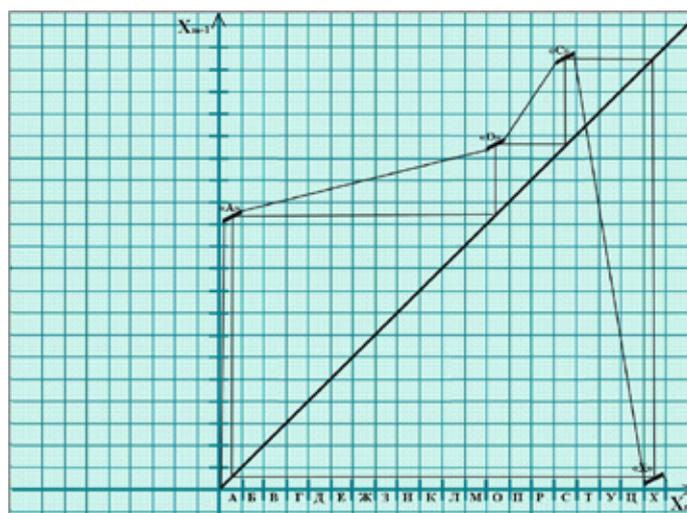


Рис. 1. Функция отображения слова «хаос»

представляет теоретическое и практическое обоснование принципиально новых систем обработки информации — универсальных хаотических процессоров [16, с. 50–79]. Приведем иллюстрацию принципа записи информации на предельных циклах одномерных динамических систем — слова «хаос». В качестве алфавита возьмем подмножество кириллицы: $A = \{а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к, л, м, о, п, р, м, т, у, ф, х\}$, длина алфавита $N = 20$. Разделим фоновое пространство — единичный отрезок $I = [0, 1]$ на N отрезков длиной $0,1$ и каждому из них поставим в соответствие букву — элемент алфавита (рис. 1). Попадание фазовой траектории на тот или иной отрезок будем интерпретировать как появление на выходе динамической системы соответствующего элемента алфавита.

Далее для слова «хаос», представляющего собой некий информационный блок, построим цикл $\gamma_3 = \{x_1, x_2, x_3, x_4\} = \{0,925; 0,025; 0,625; 0,775\}$. Каждая точка этого цикла однозначно связана с одним из элементов информационного блока, и представляет собой центр соответствующего региона $x_j = (m_j - 0.5) / N$, где m_j — порядковый номер элемента блока α_i в алфавите. После того как в одномерном фазовом пространстве построен цикл, отвечающий записанному информационному блоку, на плоскости (X_m, X_{m+1}) отложим точки вида (x_i, x_{i+1}) : $(0,975; 0,025)$, $(0,025; 0,625)$, $(0,625; 0,775)$, $(0,775; 0,925)$. Через каждую из них проведем отрезок с наклоном $s = 0,5$, доходящий до границ региона. Эти информативные отрезки обеспечивают устойчивость цикла. Соединим концы информативных участков между собой и с концами отрезка $[0, 1]$ прямыми линиями. На этом синтез функции одномерного отображения завершен.

В рамках предлагаемых нами исследований были созданы методы распознавания, сжатия и восстановления изображений, осуществляемого с применением дискретных хаотических отображений для преобразования объектов распознавания и сжатия. Используя оригинальную форму представления изображений, от-

раженной на рисунке 2, появилась возможность осуществлять поиск информации на множестве данных графического типа, прибегая к анализу всего изображения лишь в редких случаях, когда необходимо распознать несколько изображений имеющих незначительные отличия. Как показали результаты эксперимента, в большинстве случаев, достаточно проанализировать 30–35% от исходного размера изображения [16, с. 105–107]. Вместе с тем разработанный метод лег в основу создания алгоритма сжатия [17], позволяющего удалить часть изображения (без заметной потери качества, можно удалить от 3 до 10% исходного изображения в зависимости от его фактуры).

Резюме

Существует большой массив прикладных задач, в которых применение теории динамических систем более целесообразно, чем применение консервативных методов, поскольку природа явлений существующих вокруг нас — хаотична. Мы можем обнаружить хаос повсюду вокруг нас: простой маятник, фондовый рынок, солнечная система, погода, обработка изображений, биологические системы, человеческий организм и так далее. Хаотические системы не являются случайными, хотя они и могут казаться таковыми. Динамические системы чрезвычайно чувствительны к начальным условиям, а это означает, что очень незначительные изменения в начальной точке может привести к абсолютно разным результатам. Это делает систему непредсказуемой. Хаотические процессы никогда не повторяют своих значений, но в них всегда присутствует порядок. Большинство систем, которые наблюдаются в мире, являются исключениями из господствующей теории классической физики. Только поняв природу хаотических явлений, открывается возможность получать принципиально новые результаты и важные открытия.

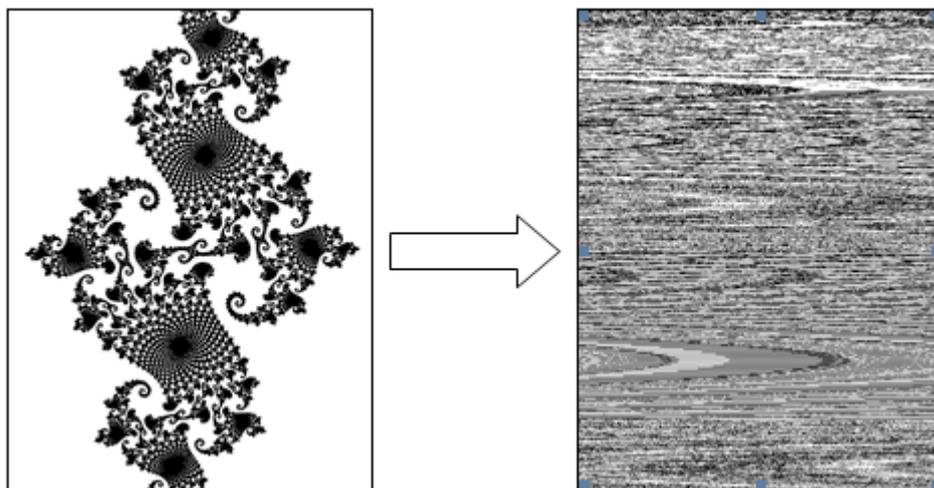


Рис. 2. Исходное и преобразованное изображение

Литература:

1. Глейк Дж. «Хаос: создание новой науки» / Пер. с англ. М. Нахмасона, Е. Барашковой. — СПб.: Амфора, 2001. — 398 с.
2. Паркер Т. С., Чжуа Л. О., Введение в теорию хаотических систем для инженеров. // ТИИЭРт.75, № 8.
3. Кожанов А. О., Применение методов нелинейной динамики для скрытой передачи данных. // Известия Южного федерального университета, 2009, № 2.
4. Тарасов А. А., Гордиенко В. В., Довгаль В. М., Применение теории хаотических систем в стеганографической защите конфиденциальной информации. // Вестник Воронежского государственного технического университета, 2010, № 6.
5. Довгаль В. М., Тарасов А. А., Криптографическая защита электронных документов на основе сети Фейстеля с применением детерминированных хаотических отображений. // Известия Юго-Западного государственного университета, 2010, № 1.
6. Петров Л. Ф., Методы нелинейной динамики как инструменты управления экономической эффективностью. // Эффективное антикризисное управление, 2011, № 2.
7. Теория хаоса в банке: сборник научных статей / под ред. С. Е. Метелёва. — Омск: Изд-во Омского института (филиала) РГТЭУ, 2011. — 173 с.
8. Степанова Д. И., Аушева Ф. И., Добрынина И. Ю., Сулейменова Р. А., Оценка параметров аттракторов вектора состояния дыхательных функций с разными нозологическими единицами. // Информатика и системы управления. Амурский государственный университет. 2009, № 4.
9. Богачев М. И., Кириенков И. С., Нифонтов Е. М., Пыко С. А., Оценка результатов Тилт-теста с применением теории детерминированного хаоса. // Вестник аритмологии. ЗАО «Институт кардиологической техники». 2004, № 35.
10. Антипов О. И., Неганов В. А., Исследование динамических характеристики детерминированного хаоса импульсивных стабилизаторов напряжения. // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. 2006, № 4.
11. Кузнецов С. П. Схемы электронных устройств с гиперболическим хаосом и моделирование их динамики в программной среде Multisim. Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2001, т. 19, № 5.
12. Дмитриев В. А. Запись и восстановление информации в одномерных динамических системах. — Радиотехника и электроника. 1991, т. 36, № 1.
13. Dmitriev A. S., Panas A. L., and Starkov S. O. Storing and recognition information based on stable cycles of one-dimensional maps. — Phys. Lett. A., 1991, vol. 155.
14. Andreev Yu. V., Dmitriev A. S. and Starkov S. O. Information processing in 1-D systems with chaos. — IEEE Transaction on circuit and systems, 1997, vol. 44.
15. Андреев Ю. В., Бельский Ю. Л., Дмитриев А. С. Запись и восстановление информации с использованием устойчивых циклов двумерных и многомерных отображений. — Радиотехника и электроника, 1994, т. 39.

16. Андреев Ю. В., Дмитриев А. С., Куминов Д. А. Хаотические процессоры // Успехи современной радиоэлектроники — М.: 1997 — N 10.
17. Галахов Д. И., Гора С. Ю., Гордиенко В. В., Довгаль В. М. Алгоритм ассоциативного поиска изображений на основе хаотических последовательностей. Известия Юго-Западного государственного университета № 3 (36). Курск, 2011.
18. Гора С. Ю., Довгаль В. М. Метод и инструментальные средства решения задачи сжатия изображений с использованием механизмов хаотической динамики // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. № 4–2. Курск 2012. — № гос. регистрации 0421200068\0202. — 4 с. <http://scientific-notes.ru/pdf/028-005.pdf>

Разработка методики определения параметров упрочнения цементацией зубчатых колес при ремонте

Динь Лок Дык, аспирант

Астраханский государственный технический университет

В данной работе рассмотрена методика, основанная на анализе расположения эпюр изменения по сечению детали механических свойств, остаточных и рабочих напряжений. Предложенная методика может расчетным путем определить глубину упрочненного слоя, величину твердости и остаточных напряжений, и их распределение по слою, снизить затраты на определение оптимальных режимов упрочнения деталей и существенно сократить сроки подготовки производства при изготовлении и ремонте судовых технических средств.

Ключевые слова: эффект упрочнения, напряжение, глубина упрочненного слоя, твердость, предел выносливости, судовые технические средства.

In this case the main issue is to determine the optimal parameters of hardening. The technique is based on an analysis of the location of the cross-section diagrams of changes in the details of the mechanical properties, residual stress and work. Proposed method can determine the effect of hardening depth of the hardened layer, the value of hardness, residual stresses and their distribution in the layer, reduce the cost of determining the optimal regimes of hardening the details and significantly reduce the preparation time of production in manufacturing and repairing of the ship's technical resources.

Keywords: Effect of hardening, stress, depth of the hardened layer, hardness, limit of endurance, ship technical resources.

В процессе эксплуатации большинство деталей работают в условиях циклического нагружения. Поэтому к судовым техническим средствам предъявляются высокие требования по сопротивлению усталости. С этой целью ответственные, в том числе, зубчатые колеса подвергаются поверхностному упрочнению. Основными параметрами, определяющими упрочнение, являются глубина упрочненного слоя, величина твердости и остаточных напряжений, и их распределение по слою.

В настоящее время эти параметры определяются путем проведения длительных трудоемких циклических испытаний на образцах и на натурных деталях. Это вызывает большую трудоемкость и затраты на подготовку производства при изготовлении и ремонте судовых технических средств. С целью упрощения этого этапа в данной работе предлагается теоретическое обоснование и разработка методики определения параметров упрочнения расчетным путем без проведения усталостных испытаний на образцах и на натурных деталях.

Для исследования в работе использована теория, предложенная профессором Когаевым В. П. и основанная на анализе взаимного расположения эпюр изменения по сечению детали механических свойств, остаточных и рабочих напряжений. Эффект упрочнения определяется при касании кривых распределения рабочих напряжений и предела выносливости, так как разрушение от циклического нагружения начинается только тогда, когда рабочие напряжения достигнут предела выносливости в какой-либо точке поперечного сечения детали [1, с. 126].

Для разработки и обоснования методики проведены исследования на зубчатом колесе модулем 6мм, изготовленном из низколегированной стали 12ХН3А. Зубчатое колесо подвергается цементации на глубину 1,2мм и последующей объемной закалке и низкому отпуску.

Для исследования распределения микротвердости в корне зуба был изготовлен микрошлиф. Микротвердость измерена на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 100г с шагом 0,05мм и затем - 1мм. В качестве ос-

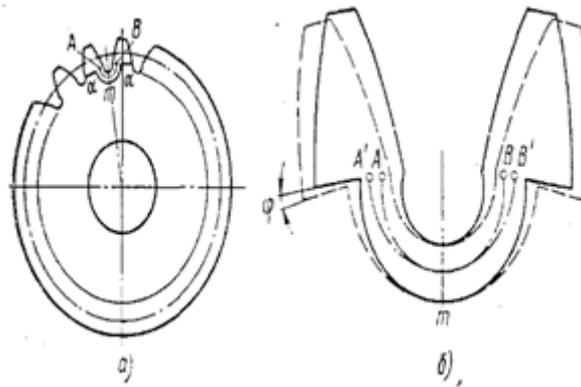


Рис. 1. Схема измерения остаточных напряжений во впадинах зубьев колеса: а — вырезка образца из колеса; б — общий вид образца, схема деформаций при удалении слоев

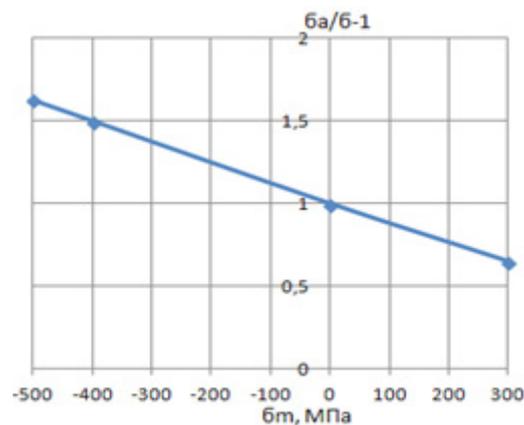


Рис. 2. Диаграмма относительных предельных амплитуд напряжений при симметричном цикле для цементированной стали

новой схемы измерения микротвердости принята схема 3x3, согласно которой на каждой глубине наносятся три повторные отпечатка, каждый из которых измеряется три раза. Выбор этой схемы обуславливает уменьшению случайных ошибок. По результатам измерения построена кривая распределения микротвердости по сечению зуба.

В работе Нейля Г. О. [2, с. 145] характер зависимости между пределом выносливости и твердостью позволяет в первом приближении принять, что предел выносливости растет пропорционально увеличению твердости. Поэтому кривые распределения пределов выносливости (без учета влияния остаточных напряжений) построены по кривым распределения твердости в предположении, что $\frac{\sigma_{-1\text{цемен}}}{\sigma_{-1\text{исх}}} = \frac{H_{\text{цемен}}}{H_{\text{исх}}}$, где $\sigma_{-1\text{цемен}}$, $H_{\text{цемен}}$ соответственно предел выносливости и микротвердость зубчатого колеса, подвергнутого цементации; $\sigma_{-1\text{исх}}$, $H_{\text{исх}}$ тоже, для зубчатого колеса из исходного металла.

В результате цементации в поверхностном слое возникают остаточные сжимающие напряжения, переходящие в растягивающие в сердцевине детали. Величина остаточных напряжений и характер их распределения по

сечению детали существенно влияют на сопротивление усталости. Для исследования распределения остаточных напряжений в опасном сечении зуба использован способ, предложенный Туровским М. Л.

По этому способу из колеса вырезается образец, поверхность которого $\alpha\text{m}\alpha$ эквидистантна поверхности впадины зубьев, и измеряются происходящие при этом перемещения концов криволинейной части образца (точки А и В на рис. 1). Удаляя с поверхности впадины последовательно слои металла, измеряют, как и после вырезки, перемещения концов образца. По величине деформации δ (или угла ϕ) можно рассчитать остаточные напряжения в любом слое по сечению образца [3, с. 38].

Для оценки влияния остаточных напряжений на предел выносливости необходима диаграмма относительных предельных амплитуд напряжений при асимметричном цикле (рис. 2).

При работе на зуб действует сила, направленная под углом 20° к поверхности, перпендикулярной к оси зуба. Изгибные рабочие напряжения определены методом конечных элементов по программе FEMAP (рис. 3).

В результате определен эффект упрочнения цементацией зубчатых колес модулем 6мм, равный $\beta_{\text{цемен}}^p = 1,92$

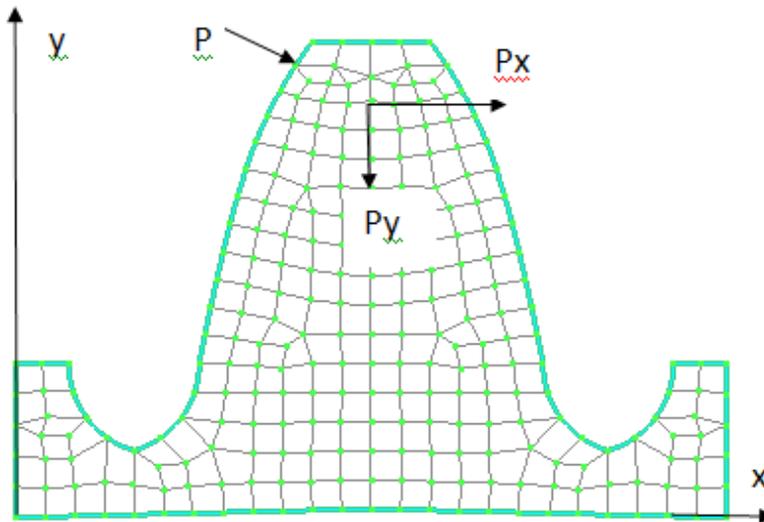


Рис. 3. Схема расчета изгибных рабочих напряжений в корне зуба

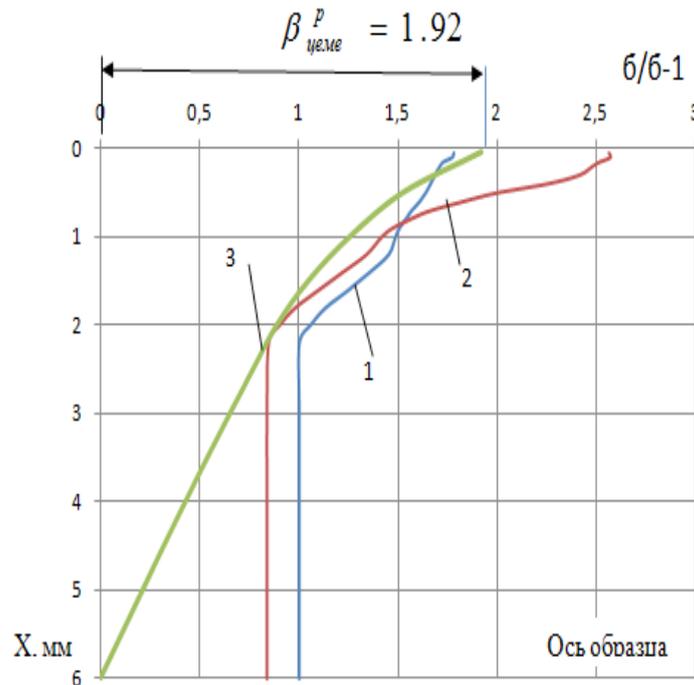


Рис. 4. Схема расчета эффекта упрочнения цементацией зубчатых колес: 1 — эпюра распределения твердости и предела выносливости без учета влияния остаточных напряжений; 2 — эпюра предельных амплитуд напряжений с учетом влияния остаточных напряжений; 3 — эпюра предельных амплитуд напряжений

($\beta_{цемент}^o = 1,96$). Близость величин эффекта упрочнения, определенные расчетным и экспериментальным путем, подтверждает целесообразность использования описанной методики для оценки зависимости эффекта упрочнения от параметров упрочнения и других факторов.

Предложенная методика может расчетным путем определить параметры упрочнения и их распределение по слою, снизить затраты на определение оптимальных режимов упрочнения и существенно сократить сроки подготовки производства при изготовлении и ремонте СТС.

Литература:

1. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. — М.: Машиностроение, 1977 г. — 232 с.

2. Марковец М. П. Определение механических свойств металлов по твердости. — М.: Машиностроение, 1979 г. — 191 с.
3. Туровский М. Л. Остаточные напряжения во впадинах зубьев цементованных шестерён. Вестник машиностроения. — 1971 г. — К2 9. — с. 38–40.

Разработка системы удаленного энергомониторинга индивидуального теплового пункта корпуса электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета на базе системы Mu-JEVis

Ерохин Александр Сергеевич, студент;
Ланцова Мария Владимировна, студент;
Нерослов Сергей Вячеславович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Рациональное использование энергетических ресурсов — одна из приоритетнейших тенденций в развивающейся экономике России. Политика государства по отношению к этой проблеме предъявляет ряд жестких условий, как для предприятий, так и бюджетных организаций. С начала 2010 года, вступил в силу закон об энергосбережении, сформировавший и четко определивший направление дальнейшей работы в этой сфере. Ежегодное уменьшение энергопотребления более чем на 3% — это задача, сформулированная перед главами предприятий и организаций на законодательном уровне.

Проблемы энергосбережения, являясь, наверно, одной из важнейших проблем стран всего мира, в России имеют особую остроту, т.к. в нашей стране энергетические ресурсы используются очень неэффективно.

Опыт показывает, что энергосбережение является быстро и реализуемым и высокоэффективным методом удовлетворения потребностей экономики в энергоресурсах. Из этого следует, что энергосбережение — это важнейшее направление энергетической политики при новых экономических условиях.

Согласно статистическим данным, внедрение системы энергомониторинга позволяет получить экономию энергоресурсов равную 5–20% от общих затрат на энергообеспечение уже в первый год ее использования. Проблемы энергосбережения являются актуальными для большинства сфер деятельности общества, в том числе и для образовательных учреждений, таких как Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

Поэтому задача повышения точности данных о потреблении энергии и обеспечение своевременности и достоверности энергопоказателей подчеркивают высокую важность и актуальность данной работы.

Для построения системы удаленного энергомониторинга использовался прибор VIDA 44M и программная информационная система Mu-JEVis, предоставленные немецкой компанией Envidatec кафедре МСА для прове-

дения исследовательских и образовательных работ. В настоящее время прибор VIDA 44M установлен в индивидуальном тепловом пункте корпуса электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета, также произведена его конфигурация и настройка. Данные из тепловыделителя отправляются на сервер компании Envidatec в полуавтоматическом режиме.

Автоматизация и мониторинг объектов малой энергетики, таких как индивидуальный тепловой пункт (ИТП), является одним из наиболее важных направлений в области эффективного использования энергоресурсов, а также повышения надежности. Оптимизация потребления тепловой энергии может быть реализована за счет мониторинга тепловой энергии, регулирования теплопотребления, оптимизации горячего водоснабжения (ГВС).

Центральные и индивидуальные тепловые пункты являются важными элементами систем централизованного теплоснабжения городов, а следовательно являются одной из самых крупных ступеней использования тепловой энергии.

ИТП корпуса по виду присоединения потребляющих абонентских установок к тепловой сети — закрытая и зависимая. То есть теплоноситель из теплосети попадает прямо в систему отопления потребителя, без гидравлической изоляции и промежуточных теплообменников. Система ГВС — независимая, с одноступенчатым теплообменником.

В связи с актуальности проблемы снижения затрат на энергопотребление многие компании разрабатывают комплексное решение, обеспечивающее сбор информации со счетчиков расхода различных энергетических ресурсов, хранение и передачу, а также обширные возможности в области аналитической обработки и представления данных для энергетического мониторинга.

Концепция данной системы едина и представляет собой компактное устройство для сбора, хранения, обработки, представления данных о потреблении различных видов

проводе, расход теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе, расход холодной воды для ГВС. Устройство VIDA собирает информацию со счетчика электричества MDVH3106, а также с датчиков температуры, измеряющих температуру в контрольном помещении и на улице.

Функцию хранения данных в системе удаленного энергомониторинга Му-JEVis выполняет как обычный сервер, так и устройство VIDA. При хранении данных, существует возможность выбора типа реализации сервера. Один из серверов — глобальный (удаленный), находится в Гамбурге. Доступ к нему, а соответственно и системе Му-JEVis, осуществляется через интернет. Другим вариантом является локальная версия системы Му-JEVis. В этом случае мы получаем доступ к системе энергомониторинга через загрузочную флэш-карту. На АРМ оператора запускается локальная версия Му-JEVis, и в этом случае сервером является АРМ оператора, данные, по-

лученные в результате энергомониторинга, не отправляются в Гамбург. Это является наилучшим вариантом для организаций и компаний, которым необходима конфиденциальность данных.

Всю обработку данных на сервере осуществляет программа JECalc. JECalc предоставляет интерфейс для Octave для выполнения любых типов расчета.

Система Му-JEVis регулярно считывает и анализирует энергетические и производственные показатели и визуально представляет их. Система предоставляет обзор всех сведений о потреблении энергии и ее запасах. Визуализация производится в виде наглядных диаграмм, кривых или таблиц. За визуализацию данных отвечают модули JEGraph, JEBench, JEChart.

Анализ данных, полученных в результате энергомониторинга, строится на основе графиков, построенных помощью модуля JEChart в приложении JEGraph.

Литература:

1. Сайт компании Envidatec GmbH. — URL: www.envidatec.com
2. Сайт представителей компании Envidatec GmbH в России. — [URL: www.envidatec-ost.ru]
3. Внедрение систем целевого энергетического мониторинга / Энизан [Электронный ресурс] — [URL: <http://www.enizan.ru/index.php>] (дата обращения 10.05.2013)
4. Farid Naimi, User Documentation JEConfig / Envidatec GmbH. — 2011.
5. Holger Kay, VIDA350v2.0 Software Documentation / Envidatec GmbH. — 2010.

Регулярные алгоритмы устойчивого оценивания состояния динамических систем

Зарипов Орипжон Олимович, кандидат технических наук, доцент
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

Приводятся регулярные алгоритмы устойчивого оценивания состояния динамических систем на основе методов теории некорректно поставленных задач.

Ключевые слова: динамическая система, состояние, адаптация, регуляризация, параметр регуляризации.

Развитие сложных систем обработки информации и управления, в частности, систем управления технологическими объектами, стимулируется постоянным повышением требований к характеристикам точности. Эта задача особенно сложна в реальных условиях априорной неопределенности и непредвиденной изменчивости характеристик моделей, в наиболее общем случае включающих собственные динамические свойства объекта, характеристики исполнительных органов, параметры внешних возмущений, законы или режимы функционирования измерительных средств, и параметры помех при измерениях [1–4]. В этих условиях введение адаптации и контроля функционирования системы целесообразно по отношению к существенным модельным нарушениям, которые не могут рассматриваться как простые мешающие факторы и идентификация которых позволит значительно улучшить качество функционирования системы

в целом. При этом эффективные решения достигаются с применением аппарата и методов теории фильтрации Калмана [2,4,5]. Таким образом, развитие и разработка эффективных средств и методов адаптации стохастической системы в условиях априорной неопределенности, а также контроля ее выходных данных, является актуальной и важной научно-технической задачей.

Рассмотрим систему, описываемую уравнениями

$$x_{i+1} = A_i x_i + B_i u_i + \Gamma_i w_i, \quad (1)$$

$$z_i = H_i x_i + v_i, \quad (2)$$

где x_i — вектор состояния системы размерности n ; u_i — вектор управления размерности l ; z_i — вектор наблюдения размерности m ; w_i и v_i — векторы шума объекта и помехи наблюдения размерности p и q соот-

ветственно, являющиеся последовательностью вида гауссовского белого шума с характеристиками

$$\begin{aligned} E[w_i] &= 0, \\ E[w_i w_k^T] &= Q \delta_{ik}, \\ E[v_i] &= 0, \\ E[v_i v_k^T] &= R \delta_{ik}, \\ E[w_i v_k^T] &= 0; \end{aligned}$$

A_i, B_i, Γ_i и H_i — матрицы соответствующих размерностей, δ_{ik} — символ Кронекера.

Будем использовать квадратический критерий качества

$$J_0 = E \left\{ \sum_{k=0}^{N-1} (x_{k+1}^T P_{k+1} x_{k+1} + u_k^T V_k u_k) \right\}, \quad (3)$$

где весовые матрицы P_k положительны и полуопределены. В предположении о существовании закона управления весовые матрицы управления V_k принимаются положительно определенными. Основной причиной, обуславливающей широкое применение квадратического критерия качества, является его удобство для аналитических исследований.

Так как система (1) линейна, а начальное состояние, шумы и помехи — гауссовские, ее состояние в любой момент времени тоже является гауссовским. Кроме того, если учесть гауссовский характер шумов и помех, и предположить линейность уравнения (2), то можно сделать предположение, что измерения тоже будут гауссовскими для всех i [2,5]. Можно показать [2], что плотности $p(x_i | z^i)$ и $p(x_i | z^{i-1})$ являются также гауссовскими для всех i . Апостериорная плотность $p(x_i | z^i)$ может быть выражена через среднее $\hat{x}_{i|i}$ и ковариационную матрицу $P_{i|i}$ ошибки оценивания. Эти статистики определяются уравнениями фильтра Калмана:

$$\hat{x}_{i|i-1} = A_{i,i-1} \hat{x}_{i-1|i-1} + B_{i,i-1} u_{i-1}, \quad (4)$$

$$\hat{x}_{i|i} = \hat{x}_{i|i-1} + K_i [z_i - B_{i,i-1} u_{i-1} - H_i \hat{x}_{i|i-1}], \quad (5)$$

где

$$K_i = P_{i|i-1} H_i^T [H_i P_{i|i-1} H_i^T + R_i]^{-1}, \quad (6)$$

$$P_{i|i-1} = A_{i,i-1} P_{i-1|i-1} A_{i,i-1}^T + Q_{i-1}, \quad (7)$$

$$P_{i|i} = P_{i|i-1} - K_i H_i P_{i|i-1}, \quad (8)$$

а начальными условиями являются

$$\hat{x}_{0|-1} = \mu_0,$$

$$P_{0|-1} = M_0.$$

Уравнения (4)–(8) описывают среднее, ковариацию и, следовательно, функцию гауссовской апостериорной плотности для системы, соответствующей уравнениям (1)–(2). Тогда стратегия управления, минимизирующая критерий качества (3) при ограничениях вида (1) и (2), формируется на основе уравнения [1,2]:

$$u_i = -\Lambda_{i+1} A_{i+1,i} x_i,$$

где

$$\Lambda_{i+1} = (\Gamma_{i+1,i}^T \Pi_{i,i+1} \Gamma_{i+1,i} + V_i)^{-1} \Gamma_{i+1,i}^T \Pi_{i,i+1},$$

$$\Pi_{i+1} = A_{i+1,i}^T \Pi_{i,i+1} A_{i+1,i} + P_i,$$

$$\Pi_{i|i} = \Pi_{i+1} - \Pi_{i+1} \Gamma_{i+1,i} \Lambda_{i+1},$$

$$\Pi_{N-1|N} = P_N.$$

Данная стратегия позволяет синтезировать системы управления на основе принципа разделения. В соответствии с этим принципом процедура оценивания параметров или переменных состояния выполняется отдельно с вычислением параметров устройства управления. В связи с вышеотмеченным в теории и практике построения систем управления динамическими объектами различного функционального назначения вопросам оценивания вектора состояния управляемых объектов в условиях наличия шумов объекта и помех измерений придается весьма важное значение. В реальных условиях функционирования управляемых объектов внешние помехо-сигнальные условия могут изменяться в широких пределах. Это обстоятельство обуславливает необходимость либо оценки неизвестных статистических характеристик шумов объекта и помех измерений и использованием полученных оценок для изменения параметров фильтров, либо использования фильтров без прямой оценки указанных характеристик, в которых адаптация осуществляется непосредственной подстройкой параметров фильтров [2,4,5]. Однако при практическом использовании указанных подходов возникают трудности вычислительного характера, связанные с плохой обусловленностью и неустойчивостью решаемых задач. Отмеченные обстоятельства указывают на необходимость создания регулярных алгоритмов устойчивого оценивания состояния динамических систем при параметрической априорной неопределенности и синтеза вычислительных схем их практической реализации.

Важное свойство оптимального фильтра заключается в том, что остаточные члены, определяемые как

$$y_i = z_i - H_i \hat{x}_{i|i-1},$$

являются последовательностью вида белого шума. При этом ковариация остаточного члена равна

$$C_0 = E[y_i y_i^T] = H P H^T + R,$$

а автоковариационная матрица процесса y_i равна

$$C_j^\Delta = E[y_{i+j}y_i^T] = H[A(I - KH)]^{j-1}A[PH^T - KC_0], \quad (9)$$

при $j = 1, 2, 3, \dots$, где K — произвольный коэффициент усиления.

В условиях, когда ковариационные матрицы шумов Q и R неизвестны, матрица коэффициента усиления \hat{K} в фильтре Калмана не может быть определена. Если, однако коэффициент усиления может быть выбран таким, что

$$PH^T - KC_0 = 0, \quad (10)$$

коэффициент усиления оказывается оптимальным [2]. И наоборот, если коэффициент усиления оптимальный, то уравнение (10) справедливо.

Для определения элементов матрицы усиления уравнение (10) запишем в виде

$$C_0^T K^T = HP^T. \quad (11)$$

На практике исходные данные $\{C_0^T, l^j\}$ в уравнении (11) известны обычно лишь приближенно. Поэтому вместо точного уравнения (11) рассмотрим уравнение с приближенными исходными данными

$$\tilde{C}_0^T k^j = \tilde{l}^j, k^j \in U, l^j \in F, \quad (12)$$

где $\tilde{C}_0^T : U \rightarrow F$ — линейный матричный оператор размерности $m \times m$ из некоторого семейства аппроксимирующих операторов; k^j — j -ый столбец матрицы K^T ; l^j — j -ый столбец матрицы $L = HP^T$, $j = 1, 2, \dots, n$. Условия аппроксимации примем в виде $\|\tilde{C}_0^T - C_0^T\| \leq h$; $\|\tilde{l}^j - l^j\| \leq \delta$.

Система уравнений (12) может быть плохо обусловленной, т.е. малым изменениям исходных данных могут отвечать большие изменения решения. Отмеченное обстоятельство при решении данного уравнения приводит к необходимости применения методов регуляризации [6,7]. Для регуляризации решения уравнения (12) будем использовать метод регуляризации Тихонова

$$\hat{k}^j = \arg \min_{k^j} \|\tilde{l}^j - \tilde{C}_0^T k^j\|_2 + \alpha \|k^j\|_2, \quad \alpha > 0$$

— параметр регуляризации;

и l_1 — минимизации [8]

$$\hat{k}^j = \min_{k^j} \|k^j\|_1 \text{ при условии } \|\tilde{l}^j - \tilde{C}_0^T k^j\|_2 \leq \zeta,$$

где ζ — точность аппроксимации.

С целью повышения устойчивости и точности различных методов и, в частности, l_1 — минимизации, в последнее время используется подход [9,10], направленный на корректировку свойств оператора \tilde{C}_0^T путем его умножения на матрицу-проектор. При этом в качестве матрицы проектора часто используют матрицу, столбцы которых сформированы случайными величинами с нор-

мальным законом распределения. Умножая слева обе части исходного уравнения $\tilde{C}_0^T k^j = \tilde{l}^j$ на матрицу $G \in \mathbf{G}^{*m}$, $r \leq m$, будем иметь:

$$G\tilde{C}_0^T k^j = G\tilde{l}^j,$$

$$G\tilde{C}_0^T = S, S \in \mathbf{G}^{*m},$$

$$G\tilde{l}^j = b, b \in \mathbf{G},$$

или для искомого решения:

$$\hat{k}^j = (G\tilde{C}_0^T)^+ G\tilde{l}^j,$$

$$\hat{k}^j = (G\tilde{C}_0^T)^T (G\tilde{C}_0^T)^+ (G\tilde{C}_0^T)^T G\tilde{l}^j.$$

Тогда выражения для искомого решения на основе методов регуляризации Тихонова и l_1 -минимизации можно записать в виде:

$$\hat{k}^j = \arg \min_{k^j} \|G\tilde{l}^j - G\tilde{C}_0^T k^j\|_2 + \alpha \|k^j\|_2,$$

$$\hat{k}^j = \min_{k^j} \|k^j\|_1 \text{ при условии } \|G\tilde{l}^j - G\tilde{C}_0^T k^j\|_2 \leq \zeta.$$

Рассматривалась зависимость относительной ошибки восстановления решения k^j ($d = \|k^j - \hat{k}^j\| / \|k^j\|$) от числа строк m в матрице \tilde{C}_0^T при различных уровнях аддитивного шума в сигнале \tilde{l}^j .

Точность восстановления решения методом регуляризации Тихонова зависит от правильности подбора параметра регуляризации. Для подбора параметра регуляризации использовались метод регуляризации Тихонова с параметром регуляризации, полученным по способу перекрестной значимости; с параметром регуляризации, полученным по способу квазиоптимальности; с параметром регуляризации, полученным по методу L -кривой [10,11].

Модельные примеры показывают, что все методы регулярного оценивания без умножения на матрицу G дают примерно одинаковые результаты ($0.71 < d < 0.93$) с незначительным преимуществом метода регуляризации с выбором параметра регуляризации на основе L -кривой. Методы регуляризации решения рассматриваемой некорректной задачи, связанные с умножением на матрицу G , приводят к более лучшим результатам ($0.34 < d < 0.62$). Здесь лучшее качество обеспечивают методы, использующие выбор параметра регуляризации на основе способов перекрестной значимости и L -кривой.

Таким образом, приведенные алгоритмы позволяют регуляризовать рассматриваемую задачу адаптивной подстройки и реализовать устойчивое оценивание элементов оптимального коэффициента усиления фильтра Калмана.

Литература:

1. Справочник по теории автоматического управления // Под ред. А. А. Красовского. — М.: Наука, 1987. — 712 с.
2. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах // Под ред. К. Т. Леондеса Пер. с англ., — М.: Мир, 1980. — 407 с.
3. Игамбердиев Х. З., Юсупбеков А. Н., Зарипов О. О. Регулярные методы оценивания и управления динамическими объектами в условиях неопределенности. — Т.: ТашГУ, 2012. — 320 с.
4. Первачев С. В., Перов А. И. Адаптивная фильтрация сообщений. — М.: Радио и связь, 1991. -160 с.
5. Сеницын И. Н. Фильтры Калмана и Пугачева. Изд-во: Логос, 2006. —640 с.
6. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. — М.: Наука, 1979. — 285 с.
7. Воскобойников Ю. Е. Устойчивые методы и алгоритмы параметрической идентификации. — Новосибирск: НГАСУ, 2006. —180 с.
8. E.Candès, J.Romberg, and T.Tao. Stable signal recovery from incomplete and inaccurate measurements. Comm. Pure Appl. Math., 59 (8):1207–1223, 2006.
9. Elad M. Optimized Projections for Compressed-Sensing. IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 55, No. 12, p. 5695–5702, 2007.
10. Забулонов Ю. Л., Коростиль Ю. М., Ревунова Е. Г. Оптимизация решения обратной задачи по восстановлению функции плотности распределения поверхностных загрязнений // Сборник научных трудов ИПМЭ НАН Украины «Моделирование и информационные технологии». — 2006. — С. 77–83.
11. Hansen P.C. Rank-deficient and discrete ill-posed problems. Numerical Aspects of Linear Inversion, SIAM, Philadelphia, 1998.

Диаграмма распределения дневной нагрузки

Владимир Крживка, докторант
Чешский технический университет (г. Прага)

В данной статье описана диаграмма распределения дневной нагрузки по мощности как способ управления подачей электроэнергии потребителям, рассмотрены основные понятия, распределение суточного профиля нагрузки, способы линеаризации распределения, возможные пути реализации способов линеаризации.

Энергосистема — это центрально управляемый, равномерный набор параллельно работающих электростанций, линий электропередач и потребителей электрической энергии с общим мощностным запасом. Ее главной задачей является надежная поставка достаточного количества электрической энергии всем потребителям в стандартном качестве, с минимальными затратами, с гарантией безопасности работы [1].

Диаграмма распределения (рис. 1) (диаграмма потребления) представляет собой ход потребления или же производства (в каждый момент времени должно быть соблюдено равновесие между производством и потреблением электрической энергии) электрической энергии за определенный промежуток времени T . На практике, например, используются диаграммы распределения мощностей для электростанции, части энергосистемы, целой энергосистемы и т. д. Диаграмма распределения может быть дневная, на неделю, на месяц и годовая. Ход распределения нагрузки по мощности (далее просто нагрузка) зависит от климатических условий, рабочей активности людей, смены времен года, поочередности рабочих и выходных дней, чередования рабочего и нерабочего времени, смены дня и ночи [2].

Электрическая работа A (МВт) представляет собой площадь под кривой $P(t)$, которая показывает общее количество произведенной (потребленной) энергии. Данную площадь можно вычислить по формуле [2]:

$$A = \int_0^T P(t) dt \tag{1.1}$$

Минимальная нагрузка P_{MIN} (МВт) — это наименьшая мощность в диаграмме распределения нагрузки. Это величина является либо мгновенной, либо вычисляется как среднее значение за 15 минутный промежуток времени (четверть часовый минимум) [2].

Средняя нагрузка P_{AV} (МВт) является средним значением мощности за промежуток времени T . При данном значении мощности P_{AV} будет производиться столько же энергии, как и при переменной нагрузке. Площадь под кривой диаграммы нагрузки $P(T)$ равна площади прямоугольника со сторонами P_{AV} и T (рис. 2) [2].

Максимальная мощность P_{MAX} (МВт) — это наибольшая мощность в диаграмме распределения нагрузки вблизи пика (максимума), который длится 15 или 30 минут (получасовой или четверть часовой максимум) [3].

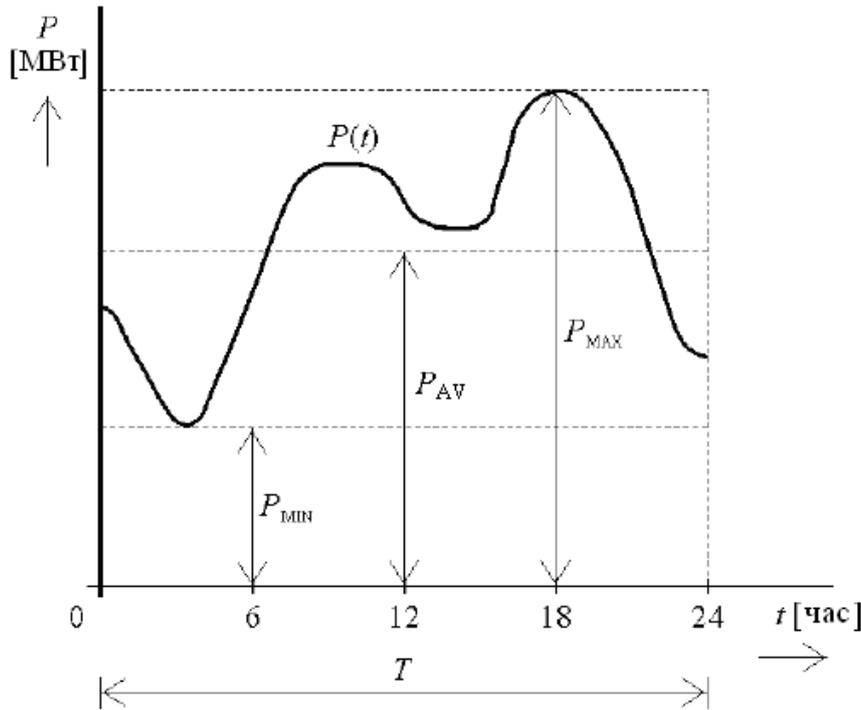


Рис. 1. Диаграмма дневного распределения нагрузки по мощности [2]

Пиковая мощность P_{PEAK} (МВт) — это наибольшее мгновенное значение мощности, которое является кратковременным и может быть учтено при эксплуатации (рис. 3).

Время максимального потребления τ (час) (рис. 4) — за данное время при максимальной мощности P_{MAX} будет произведено столько же энергии, как и при переменной нагрузке. Чем выше значение τ , тем больше диаграмма распределения нагрузки сбалансирована. Площадь под кривой диаграммы нагрузки $P(t)$ равна площади прямоугольника со сторонами P_{MAX} и τ . Поскольку площади S_1 и S_2 равны, поэтому количество энергии можно найти по формуле [2]:

$$A = \int_0^T P(t) dt = P_{MAX} \cdot \tau \tag{1.2}$$

Коэффициент нагрузки z (отрицательный), иногда упоминается как коэффициент использования. Чем ближе значение коэффициента нагрузки к единице, тем эффективнее эксплуатация электростанции, а произведенная электроэнергия дешевле. Коэффициент нагрузки рассчитывается следующим способом [2]:

$$z = \frac{P_{AV}}{P_{MAX}} = \frac{\frac{A}{T}}{\frac{A}{\tau}} = \frac{\tau}{T} \tag{1.3}$$

Кривая длительности нагрузки, которая изображена на рис. 5. На диаграмме 5 показано, как долго длится нагрузка определенной величины. На диаграмме напротив

нагрузка была отсортирована от наибольшего к наименьшему по его времени длительности. В некоторых случаях можно данную кривую заменить на прямую линию, проходящей через P_{MAX} и P_{MIN} . Площадь под кривой продолжительности мощности показывает сколько всего произведено электрической энергии, при этом площади S_1 и S_2 равны (см. рис. 5).

Распределение суточного профиля нагрузки путем развертывания ресурсов

Дневную диаграмму распределения нагрузки можно разделить на три области (части) относительно величины нагрузки, которое удовлетворяют разные виды электростанций [2], [4]:

1. Основная нагрузка — область диаграммы распределения нагрузки, находящейся под минимальным значением нагрузки P_{MIN} (МВт). Поставка энергии обеспечивается непрерывно 24 часа в сутки. В данном случае необходима дешевая электроэнергия, но за цену, превышающей инвестиционные расходы. Электростанции используются при малых изменениях мощности и с высокой эффективностью. На данном этапе подключены атомные, тепловые и гидроэлектростанции.

2. Полупиковая нагрузка — область диаграммы между средним P_{AV} и основным P_{MIN} значениями нагрузки. В рабочем состоянии находятся газовые, паро-газовые, аккумуляторные гидроэлектростанции.

3. Пиковая нагрузка — область диаграммы распределения над средним значением нагрузки P_{AV} . Основной ра-

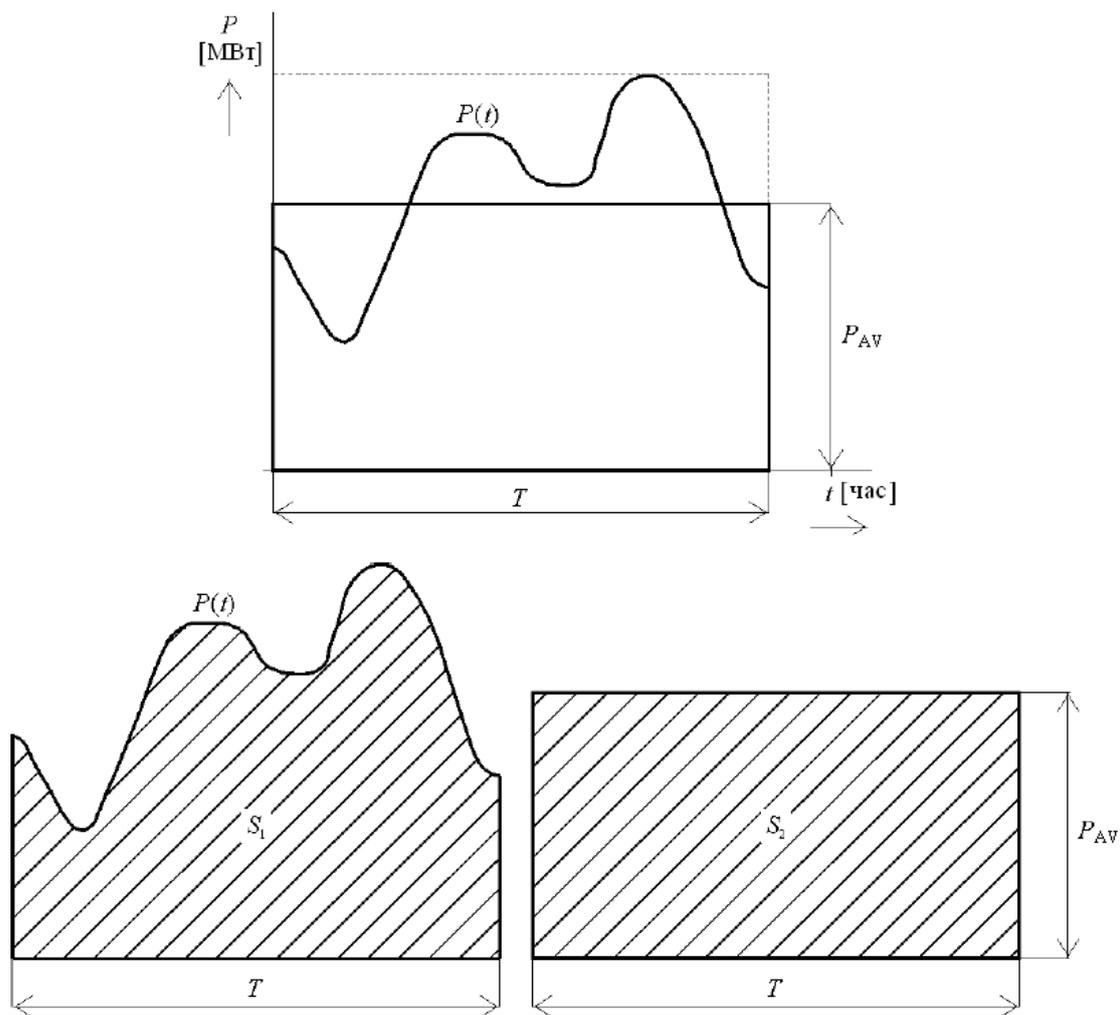


Рис. 2. Средняя нагрузка [2]

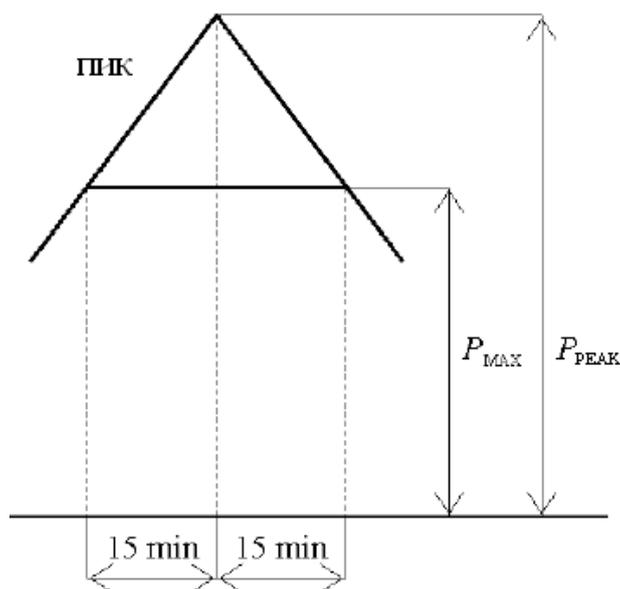


Рис. 3. Пиковая нагрузка [2]

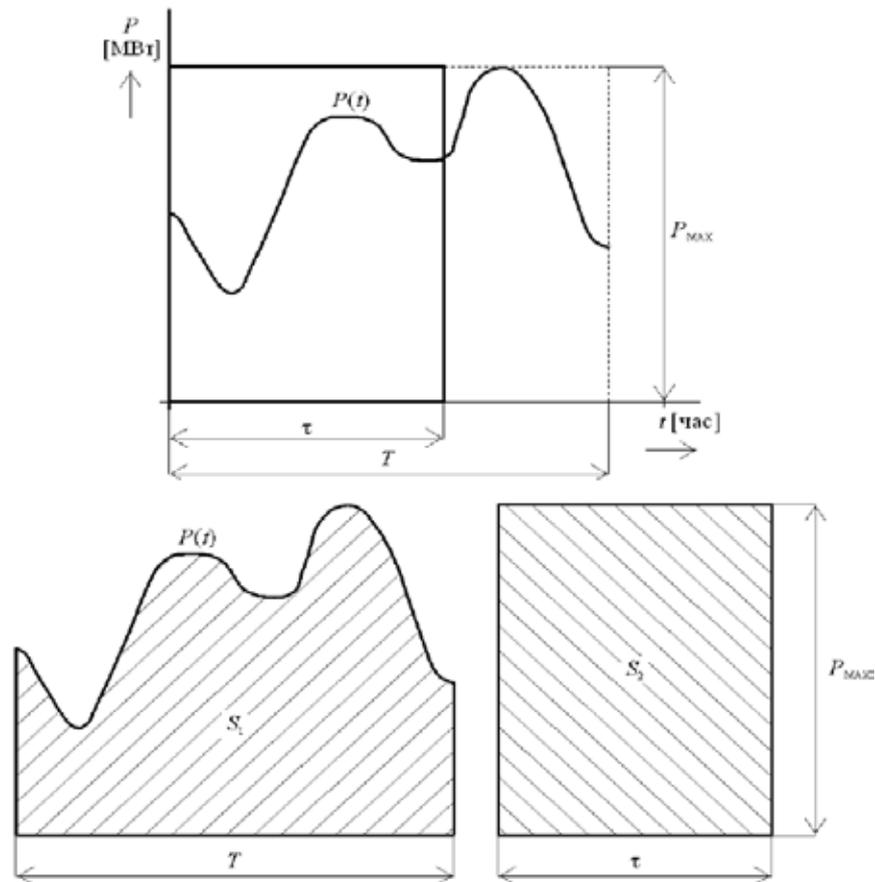


Рис. 4. Время максимального потребления [2]

бочей силой являются перекачивающие и аккумуляторные гидроэлектростанции и электростанции с газовыми турбинами. Источники электроэнергии должны иметь короткое время пуска и высокую скорость изменения мощности. Срок эксплуатации электростанции достаточно мал, поэтому цена произведенной энергии больше, но данный факт не является решающим критерием.

Современной тенденцией считается поддержка обновляемых источников электроэнергии, как например, ветряные электростанции. В реальности ветряные электростанции производят энергию только при ветреной погоде, что помогает сэкономить на ископаемом топливе (в основном уголь и газ) и уменьшает выбросы CO₂. При увеличении производительности ветряной электростанции должна быть снижена производительность других электростанций, которые служат как резерв в случае прекращения ветра. Эксплуатация электростанций, работающих на ископаемом топливе, с оптимальными техническими параметрами на уровне низкой производительности приводит к снижению ее эффективности, чем увеличивает норму потребления топлива на произведенный МВт, что означает увеличение выбросов CO₂ в атмосферу. Поэтому необходимо смотреть на экологичность процесса производства энергии комплексно.

Будущее в оптимизации мощности обновляемых источников энергии остается за производством обо-

рудования, которое будет накапливать электрическую энергию и энергию обновляемых источников, чем обеспечит большую экономичности и экологичности энергосистемы. Хранение электрической энергии является одним из средств для выравнивания диаграммы нагрузки (см. далее по тексту).

Ресурсы для выравнивания (линеаризации) дневного графика нагрузки

При равномерной нагрузки длинее время использования максимума τ , тем увеличивается коэффициент нагрузки z , а расходы на производство электрической энергии снижаются.

Потребление электроэнергии можно регулировать, а тем и выравнивать, следующими способами:

1. Введением летнего времени

Введение летнего времени влияет на диаграмму нагрузки, снижая вечерний пик, но не влияет на потребление электроэнергии.

2. Международный обмен электроэнергией

Международный обмен электроэнергией в рамках связанных электроэнергетических систем отдельный государств. В одной из систем может быть переизбыток электроэнергии, благодаря временной разнице, а в другой — недостаток. Например, между Чешской респу-

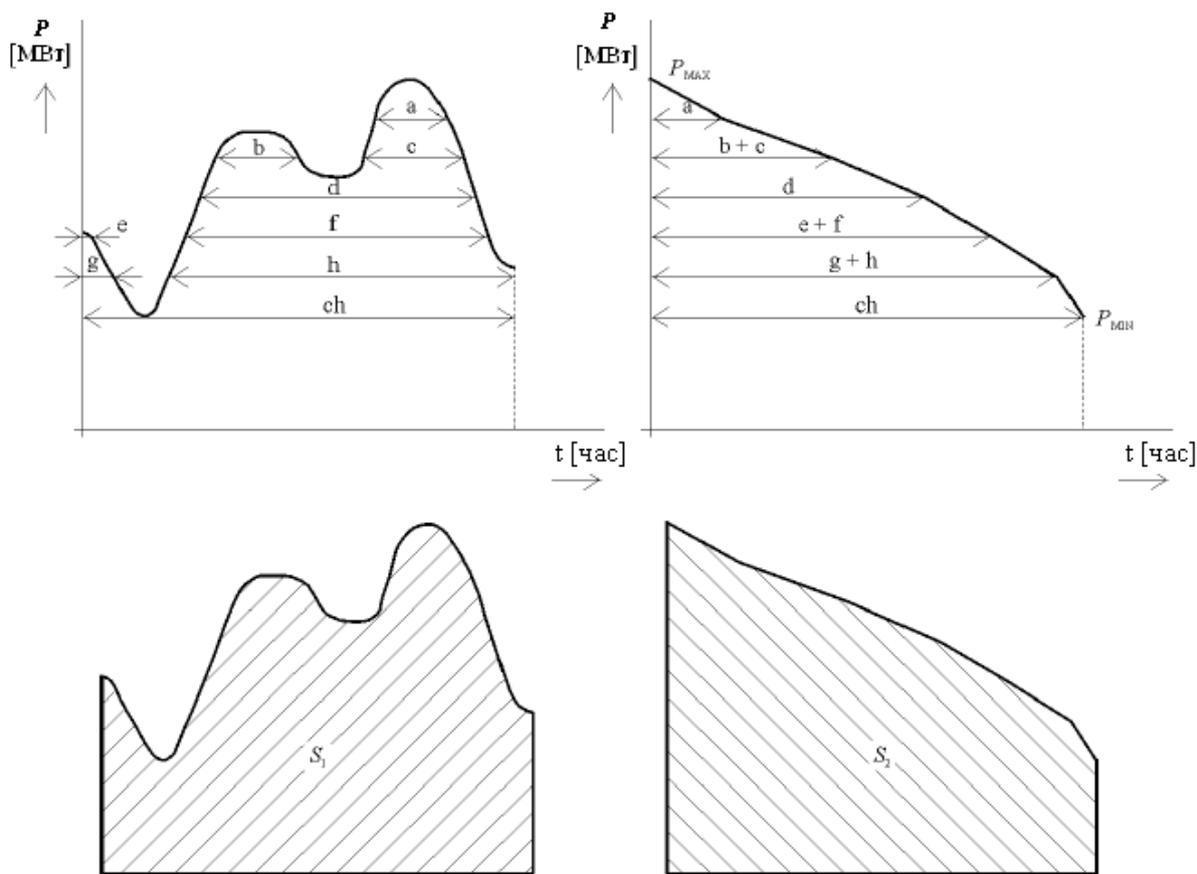


Рис. 5. Кривая длительности нагрузки [2]

бликой и Францией при одинаковом временном поясе наблюдается разница примерно на час, так как во Франции солнце выходит и заходит почти на час позже, чем в Чешской республике.

Если бы можно было реализовать международную электроэнергетическую систему от Байкала до Великобритании, диаграммы нагрузки отдельных областей из-за сдвига во времени будут выравнены, но политические изменения и разница западноевропейского и восточноевропейского оборудования сети пока этого не позволяют. Хотя постепенно восточноевропейские страны соединяются с электроэнергетическими системами европейского сообщества с помощью так называемого постоянного соединения (HVDC — высоковольтное соединение прямым током).

3. Смещение и распределение рабочего времени, сменность

4. Массовое дистанционное управление (HDO)

Массовое дистанционное управление — система управления, который с использованием переноса сигнала по силовым линиям электропередач. Разветвленные силовые линии высокого и низкого напряжений могут быть использованы для переноса сигнала в области ультранизких частот (до сотен Гц) на относительно большие расстояния (на десятки и сотни км), а для высших частот (от десятков КГц до сотен МГц) эффективность использо-

вания гораздо меньше, в пределах десятков и сотен метров. Сигнал от HDO способен управлять включением и выключением оборудования энергопотребления, а также переключением тарифов. Он состоит из комплекса технических средств (центральная автоматика — передатчик — линии электропередач — приемники). Спрос на электроэнергию в течении дня изменяется, для того, чтобы не приходилось увеличивать производственные мощности электростанций и линий электропередач из-за нескольких часов пикового потребления днем, возникла идея переноса эксплуатации энергопотребляющих приборов на время низкой нагрузки электроэнергетической системы, чем будет достигнуто оптимальное разложение потребления так, чтобы резервы энергоисточников не были вычерпаны и не дошло к экстремумам (минимума или максимума), позволит ввести двойной тариф (высокий и низкий тарифы). На систему с HDO у Чешский распределителях электроэнергии подключено 10–15% [8] от общей нагрузки на сеть.

Передатчики HDO

В Чешской Республике, сигнал HDO распространен почти на 90 подстанциях с 110 кВ, 35 кВ и 22 кВ Наиболее часто используемые частоты передачи сигнала HDO являются: 216,6 Гц, 183,3 Гц, 194,0 Гц, 283,3 Гц. Тональной частоты накладывается на частоту сети. Передатчик HDO отправляет телеграмму (рис. 6), которая имеет следу-

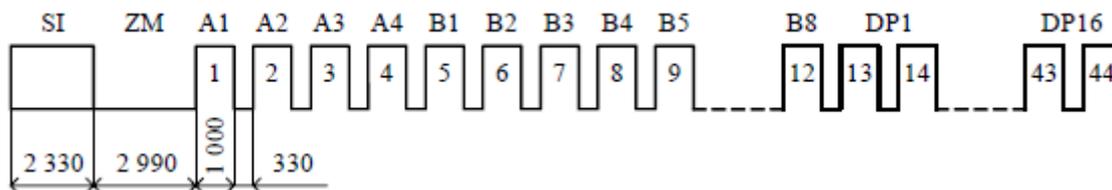


Рис. 6. Телеграмма HDO [5], [8]

ющий состав: пусковой импульс СИ (2,33 сек), пауза для безопасности ZM (2,99 сек), 44 шагов, созданных импульсом в 1 сек и паузой 0,33 сек (первые 4 импульса обозначены как «код А» — А1... А4, затем 8 импульсов помечены как «код В» — В1... В8 и 16 пар отмечен как «исполнительный двухимпульсовый приказ DP» — DP1 DP16...), все телеграммы длиной неполных 64 сек, обращаясь к различным группам приемников — отдельные импульсы во временных рядах имеют специальное назначение [5].

Автоматика HDO

Автоматика HDO обеспечивает хранение приказов и управление передачей, главной их задачей является управление и контроль передачи сигналов HDO и проверка подготовленности к передаче [5].

Приемники HDO

Приемник HDO — это либо самостоятельное устройство (рис. 7) либо как составная часть электросчетчика [5].

В Чешской республике установлено 1 170 000 приемников сигналов HDO, с помощью которых контролируют оборудование с общей потребляемой мощностью 2600 МВт (Мгновенное потребление 1400 МВт). Система HDO является собственностью дистрибьютора электрической энергии. HDO управляет электронагревательные приборы, наружное освещение. Дистрибьюторы электро-

энергии должны сообщить о переключении режимов минимально за неделю либо по требованию, либо через сеть Интернет [8].

Хранение электрической энергии

а) Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС)

ГАЭС во время снижения потребления (как правило, рано утром) работает в режиме двигателя, который использует электроэнергию для перекачки воды из нижнего резервуара в верхний резервуар. Когда приходит запрос от оператора на производство электроэнергии для покрытия пикового потребления или при сбое подачи электроэнергии от другого источника электроэнергии в энергосистеме, таким образом ГАЭС перейдет в генерирующий режим, когда вода течет через турбину из верхнего резервуара в нижний. Преимуществом данного способа хранения является высокая эффективность. Для старших ГАЭС эффективность составляет около 50%, для нынешних ГАЭС эффективность составляет около 75%. Что означает, что на «хранение» каждого кВт необходимо в аккумулирующем режиме использовать только 1,3 кВт. Очень дешевые ночные кВт таким способом преобразуются в пиковые кВт, ценные для энергетики как золото. Некоторые современные ГАЭС могут работать на полной мощности уже в течении 1,5 минуты после запуска [9].



Рис. 7. Приемник HDO от фирмы ZPA [6], [7]



Рис. 8. ГАЭС в «Dlouhé stráně» [12]

Одной из основных аккумулирующих гидроэлектростанций является электростанция Dinogwic в Уэльсе, Великобритания, с аккумуляторной мощностью 1800 МВт, на которую выходит через 15 сек. после запуска, так что в состоянии предотвратить сбой электроэнергетической сети в результате катастрофического отказа рупной электростанции в сети. Для сохранения окружающей среды, или в случае отсутствия необходимых спадов, строятся гидроаккумулирующие электростанции, которые используют природное озеро в качестве верхнего резервуара, а нижний резервуар строится глубоко под землей. В Японии на сегодняшний день находится в эксплуатации более 40 ГАЭС с общей мощностью более 22 000 МВт [10].

В Чешской Республике существует 3 такие гидроэлектростанции с общей установленной мощностью 1 100 МВт. Крупнейшей из ГАЭС является «Dlouhé stráně» в горах Есеник с мощностью 2x235 МВт, спад около 530 м, запущена в эксплуатацию в 1996 году и отреконструирована в 2007 году [11]. (Рис. 8)

Архитектурная студия Gottlieb Paludan в Дании приходит с новыми улучшениями. Проект называется «Green Power Island». Его суть заключается в том, что на пустынных островах в различных частях мира строятся возобновляемые источники энергии — солнечные и ветряные электростанции, а также большие резервуары для воды. Данные водяные емкости будут выступать в качестве гидроаккумулирующих электростанций, которые будут использовать сочетание воды и гравитации, чтобы накопить энергию во время mimo пика и ее генерации в периоды высокого спроса. ГАЭС на Green Power Island (Зеленый остров) будут работать в обратном направлении: большой резервуар избыточную энергию от ветряных турбин или солнечных батарей будет использовать к откачке воды, тогда как при недостатке энергии резер-

вуар будет наполняться водой. Сами создатели называют это «dånskå finta» (датский финт). Эффективность цикла такая же, как для обычных гидроаккумуляторных электростанций, т. е. максимально около 75 % [13].

Архитекторы подготовили конкретные планы постройки аналогичных объектов для околии Копенгагена в Дании, Тампы в штате Флорида, Бахрейне и других городах мира. Пока неизвестно, если получится реализовать хотя бы один из проектов. Согласно чертежам речь идет о довольно интересных, но колоссальных проектах [13].

б) Хранение энергии в модуле GPM (Gravity Power Module)

Фирма Gravity Power с главным офисом в Калифорнии разработала систему на основе двух наполненных водой шахты, одна из них шире другой, а обе наверху и внизу соединены. Перекачка воды через узкую шахту приводит к движению наверх груза в широкой шахте. Когда спрос на электроэнергию достигает пика, груз в широкой шахте падает вниз под действием гравитации, благодаря чему вода проходит через генератор и производит электричество. По словам руководителя компании Тома Мэсона (Тома Мейсона) относительно компактный характер данной системы позволяет его установку в непосредственной близости от области высокого спроса и, при необходимости можно добавить дополнительные модули. Эффективность цикла составляет около 80 % [14].

в) Хранение (аккумуляция) энергии с помощью сжатого воздуха (CAES)

Данная технология работает с сжатым воздухом, помещая его в больших складах, например, в подземных соляных пещерах. Во время энергетического пика воздух пропускается через лопасти турбины. На данный момент функционируют только две CAES: один в немецком Huntorf, а второй в Алабаме. Большим недостатком данной

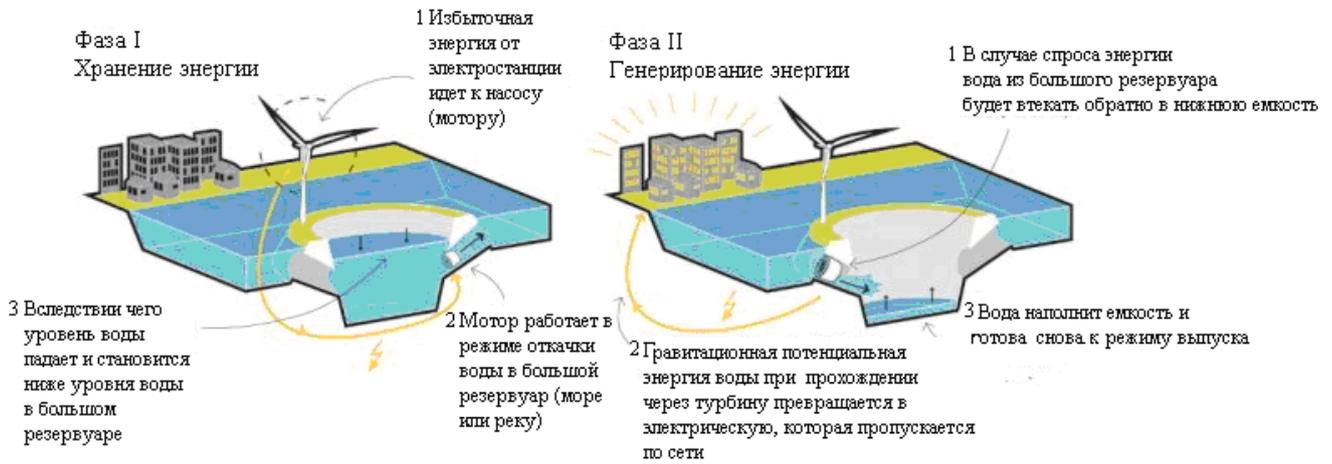


Рис. 9. Гидроаккумулирующая электростанция — Green Island [13]

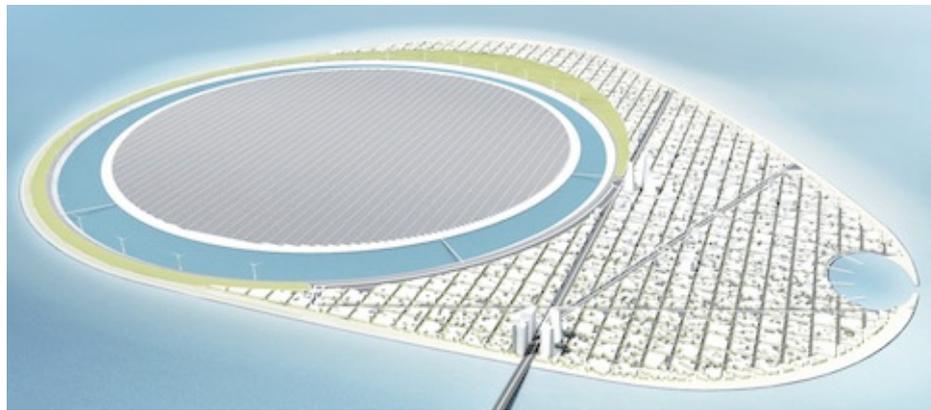


Рис. 10. Green Island (Зеленые острова) [13]

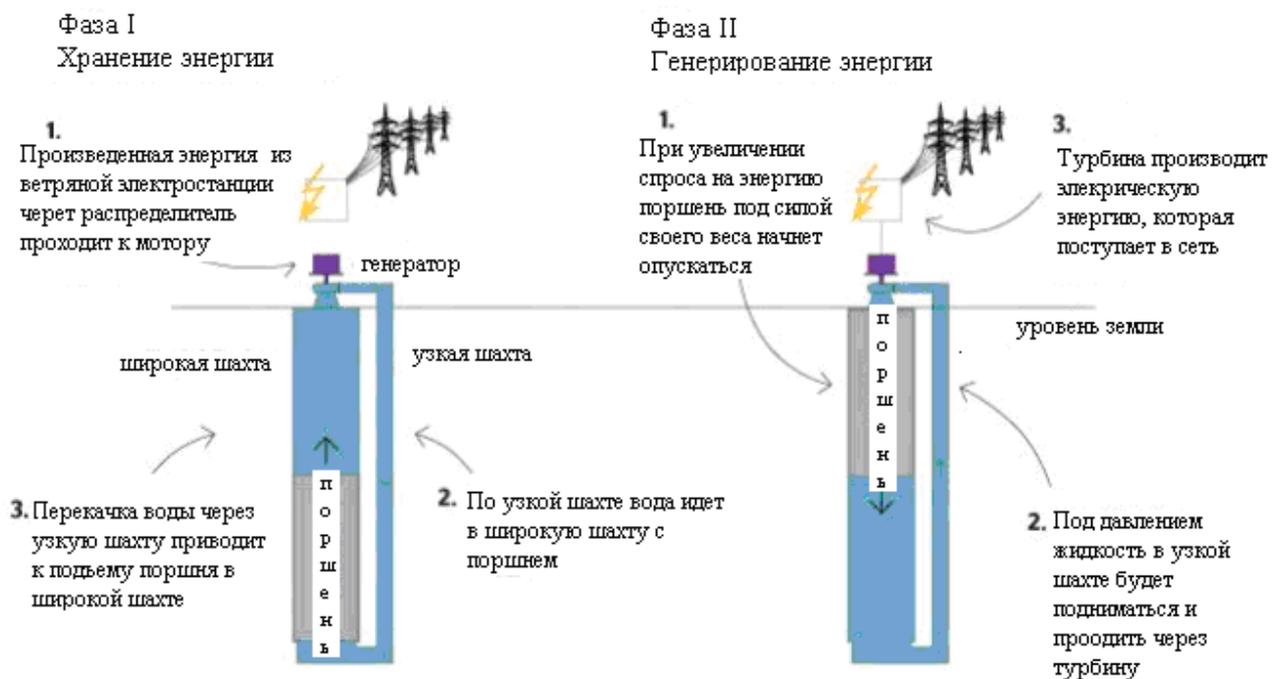


Рис. 11. Хранение энергии — GPM [14]



Рис. 12. CAES

технологии является низкая эффективность. По данным немецкой компании RWE CAES в германии имеет эффективность 42%, а в Алабаме не на много лучше. Проблема заключается в том, что воздух при сжатии нагревается, а при расширении охлаждается. В существующих системах CAES сжатие воздуха приводит к потери тепловой энергии и перед nasledующим расширением необходимо повторно нагревать воздух. Обычно в данной технологии используется природный газ, тем самым снижая эффективность системы и увеличение выбросов парниковых газов [10], [14].

г) Другие технологии хранения энергии [10]:

- Электрохимические батареи
- Сверхпроводящие индуктивные батареи
- маховики
- суперконденсаторы
- Топливных элементах

— Другие

Выше приведенные ресурсы используются для снижения потерь в сетях (выравниванием нагрузки), распределения управляемого потребления так, чтобы обеспечить удовлетворение наибольшего числа клиентов, оптимального использования сетей и повышения их пропускной способности, обеспечения системной службы поддержки в распространяемых системах, необходимых для правильной работы распределительных и энергосистем в целом, решения экстренных рабочих состояний чрезвычайными освещения в системе распределения и чрезвычайных положений и профилактики, утилизации и удаления его последствий, системы балансировки нагрузки от источника до потребления позволяет перемещать некоторой части электроэнергии с течением времени в зависимости от нагрузки.

Литература:

1. Petružela I.: Elektrizační soustava. Přednáška X15 PES, ČVUT, FEL, 2006. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://home.pilsfree.net/fantom/FEL/MR/FEL_CVUT/lekce02_06.pdf (дата обращения 25.7.2013).
2. Tyrbach J.: Základní elektrárenské pojmy, SPŠ SaE Ústí n. L., 2009. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://web.telecom.cz/tyrbach/Zakladni_elektr_pojmy.pdf (дата обращения 20.7.2013)
3. Noháč K.: Diagram zatížení a jeho pokrývání, podklady k předmětu EE1, ZČU. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://home.zcu.cz/~nohac/EE1/CV-EE1-1-DiagramZatizeni.pdf> (дата обращения 27.7.2013).
4. Energetická bilance zatížení. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/pmd/Spolecne/Program/Bk-500.pdf (дата обращения 15.7.2013).
5. Pohorský J.: HDO-Hromadné dálkové ovládání, BEN, 2002
6. Pražská energetika. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pge.cz> (дата обращения 29.7.2013).
7. ZPA smart energy. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.zpa.cz> (дата обращения 29.7.2013).
8. Sýkora T.: Komunikace po silových vedeních (6. Přednáška k předmětu X15DTE), ČVUT, FEL, 2011.
9. Přečerpávací vodní elektrárny u nás. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.energyweb.cz/web/index.php?display_page=2&subitem=1&ee_chapter=6.1.7 (дата обращения 16.7.2013).
10. Cesty k akumulaci elektrické energie. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/06/cesty_1.html (дата обращения 16.7.2013).
11. Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/dlouhe-strane.html> (дата обращения 29.7.2013).
12. Exkurze do přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://members.upc.cz/zdenda/strane/> (дата обращения 29.7.2013).

13. Přečerpávací elektrárny — ideální doplněk pro solární a větrné zdroje, 11.8.2010. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ekobydleni.eu/energie/precerpavaci-elektrarny-idealni-doplnek-pro-solarni-a-vetrne-zdroje> (дата обращения 10.7.2013).
14. Ekonom — Jak skladovat elektřinu v moři a podzemí, 25.3.2012. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://byznys.ihned.cz/c1-55152770-jak-zabalit-elektrinu> (дата обращения 19.7.2013).

Комплексная переработка сточных вод с высоким содержанием меди, марганца и железа

Мишурина Ольга Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;
 Медяник Надежда Леонидовна, доктор технических наук, профессор;
 Чупрова Лариса Васильевна, кандидат педагогических наук, доцент;
 Муллина Эльвира Ринатовна, кандидат технических наук, доцент
 Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

Предложена технология комплексной переработки кислых рудничных вод медноколчеданных месторождений, которая предполагает селективное извлечение ценных металлов в виде кондиционного сырья: меди — методом цементации, железа — методом кислотно-основного осаждения и марганца — путем сочетания двух электрохимических методов — электрокоагуляции и электрофлотации.

Ключевые слова: комплексная технология, активный хлор, электроокисление, электрокоагуляция, электрофлотация, цементация, кислотно-основное осаждение.

Горнодобывающие и обогащательные предприятия, совместно с занимаемой ими территорией образуют техногенные гидроминеральные отходы, которые оказывают загрязняющее воздействие на окружающую среду вообще и геоэкосистему регионов в особенности. Проведенные аналитические исследования техногенных вод ГОКов медноколчеданного комплекса Уральского региона показали, что, образующиеся рудничные воды отличаются высокой концентрацией ионов тяжелых и цветных металлов. При этом содержание металлов в попутных рудничных водах зачастую близко к их содержаниям в традиционном гидроминеральном сырье — минерализованных водах и россолах, что свидетельствует о потенциальной возможности использования их в качестве дополнительного источника получения металлов [2]. Наряду с этим техногенные стоки ГОКов являются одними из основных источников поступления токсичных металлов в поверхностные и подземные водоемы. По данным ученых Башкирского государственного университета приоритетными загрязнителями являются: медь, железо и марганец [1,6]. Анализ сточных

вод горнодобывающих предприятий Южного Урала (таблица 1) показал, что концентрации данных металлов варьируются в широких пределах, что естественным образом негативно сказалось на качестве воды прилегающих поверхностных водоемов. Например, превышение норм ПДК_{рх} по данным металлам в реке Карагайлы (г. Сибай) составило: меди — в 116 раз, марганца — в 485 раз, железа — в 60 раз [6]. Кроме того отмечено, что качество воды в реке Таналык не отвечало нормативным требованиям уже до сброса сточных вод ныне действующих предприятий. Очевидно, это связано с тем, что помимо сброса стоков в поверхностные водоемы происходит так же их загрязнение за счет подземной миграции ионов тяжелых и цветных металлов вследствие фильтрации кислых подотвальных вод.

Существующие на сегодняшний день технологии переработки техногенных гидроминеральных образований ГОКов медноколчеданных месторождений не предусматривают извлечение меди, железа и марганца в виде кондиционного сырья. Поэтому разработка экологически

Таблица 1. Основные среднегодовые показатели химического состава кислых подотвальных вод ГОКов Уральского региона за 2010–2011 г. г.

Техногенные воды ГОКов	Химический состав, мг/дм ³						
	pH	Eh	Cu ²⁺	Mn ²⁺	Fe _{общ.}	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Сибайский филиал Учалинского ГОКа	2,66	+375	238,5	235,2	216,4	105,2	2023,0
Бурибаевский ГОК	2,87	+406	284,3	197,3	507,6	689,3	1837,1
Учалинский ГОК	2,94	+425	170,1	184,5	474,3	215,9	1968,4

безопасной эффективной технологии, позволяющей селективно извлечь медь, железо и марганец из техногенных вод в виде товарных продуктов, с одновременным снижением их концентраций в стоке до норм ПДК, является одной из актуальных задач. Внедрение данной технологии на ГОКах позволит с одной стороны более эффективно использовать природные минеральные ресурсы, а с другой стороны — существенно снизить экологическую нагрузку в регионе.

Для извлечения ионов Mn (II) из водных растворов на практике применяются методы окислительного осаждения с последующим отделением образующейся дисперсной фазы от дисперсионной среды методами фильтрации или флотации [4]. Наиболее перспективными в технологии водоочистки являются электрохимические методы, которые характеризуются максимальными показателями извлечения металлов из технических растворов [2, 5]. Они позволяют корректировать физико-химические свойства перерабатываемой рудничной воды, концентрировать и извлекать из нее ценные компоненты, значительно упрощают технологические схемы и, кроме того, являются экологически чистыми, исключая «вторичное» загрязнение воды анионными и катионными остатками, характерными для реагентных методов.

Учитывая анионный состав техногенных вод ГОКов медноколчеданных месторождений (C_{Cl} — до 690 мг/дм^3), в работе для селективного извлечения марганца рассматривалась возможность применения двух электрохимических методов — электроокисление (с последующей электрокоагуляцией) и электрофлотационного [2, 5]. Первоначально протекает процесс окисления ионов Mn^{2+} до нерастворимых форм Mn^{3+} и Mn^{4+} под действием активных форм хлора, образующихся при электрообработке хлоридсодержащих технических растворов, затем процесс электрокоагуляционного осаждения гидроксидных соединений марганца в виде дисперсной фазы $MnO(OH)$ и $MnO(OH)_2$ и на последней стадии процесс электрофлотационного извлечения образующейся дисперсной фазы марганца. В обоих процессах применяются нерастворимые аноды.

Выбор электрофлотационного метода обусловлен отличительными особенностями извлекаемых катионов марганца, а именно: хрупкостью коллоидных хлопьев марганца, способностью к передиспергированию при интенсивном перемешивании суспензии, необходимостью проведения флотации при низкой скорости газового потока. С этой точки зрения электрофлотационный процесс, отличающийся высокой степенью дисперсности выделяющихся пузырьков, отсутствием в аппаратах движущихся частей, а так же возможностью плавного регулирования скорости изменения степени насыщения пульпы газовыми пузырьками, имеет явные преимущества по сравнению с другими флотационными методами извлечения металлсодержащих осадков. Кроме того, сочетание комбинации процессов осаждение-флотация позволяет достигать высоких показателей извлечения марганца из растворов в виде кондиционного сырья [5].

Исследования по извлечению марганца из растворов в виде дисперсной фазы проводили на двухкамерном электрофлотационном аппарате при значениях pH 2,7—3,0 с исходным содержанием хлорид-ионов в растворе не менее 600 мг/дм^3 [3]. Полученные результаты показали, что максимальные показатели извлечения ионов Mn^{2+} из водных растворов в виде дисперсной фазы достигаются при следующих параметрах работы электрофлотатора: *камера электрокоагуляции*: диапазон pH 4,5—7,5, время электрообработки раствора 1 минута, плотности тока на анодах (в зависимости от исходной концентрации марганца в растворе) от 200 до 300 А/м^2 ; *камера электрофлотации*: диапазон pH 5,5—7,5; времени флотации — 10 минут; плотности тока на катодах (в зависимости от исходной концентрации марганца в растворе) 60 — 80 А/м^2 .

Для извлечения ионов меди в работе использовали метод цементации, который, ввиду существенной разницы в значениях стандартных электродных потенциалов марганца и меди ($\varphi_{Mn}^0 = -1,18\text{В}$, $\varphi_{Cu}^0 = +0,34\text{В}$) позволяет, не изменяя концентрации ионов Mn^{2+} в водных системах, селективно извлечь медь в виде кондиционного сырья. Для процесса цементации в качестве цементаторов испытывалось железо, т. к. в железе слой оксидов является рыхлым, со множеством пор, поэтому, хотя железо не является самым активным восстановителем среди испытанных металлов, скорость цементации на нем достаточно высока. Полученные результаты экспериментальных исследований процесса цементации показали, что максимальные показатели извлечения ионов меди из кислых подотвальных ГОКа медноколчеданных месторождений наблюдаются при: pH от 2 до 3, продолжительности обработки в течение 15 минут, соотношении ионов меди и железа (осадителя) 1: 2.

Извлечение ионов железа осуществляли методом кислотно-основного осаждения, так как при доведении pH системы до 4,0, железо практически полностью осаждается в виде $Fe(OH)_3$.

Разработанная технологическая схема комплексной селективной переработки техногенных вод медноколчеданного комплекса представлена на рисунке 1.

Согласно представленной технологической схеме, на первой стадии процесса кислые подотвальные воды (pH 2 ÷ 3) подаются в цементатор (поз.1), заполненный железной стружкой, где происходит процесс стадийного извлечения ионов меди. Далее сточные воды поступают в реактор-нейтрализатор (поз. 2), где осуществляется процесс кислотно-основного осаждения ионов железа в виде дисперсной фазы $Fe(OH)_3$, с предварительным окислением ионов Fe^{2+} до ионов Fe^{3+} . Процессы окисления и последующее осаждение железа в виде гидроксида осуществляются путем дозированного введения очищенной оборотной воды ($pH = 6 \div 7$), обогащенной растворенным кислородом (CO_2 до 15 мг/дм^3), образующимся при электрообработке водной системы в электрофлотаторе (поз. 5). После процесса нейтрализации, образованная дисперсная система железа поступает в от-

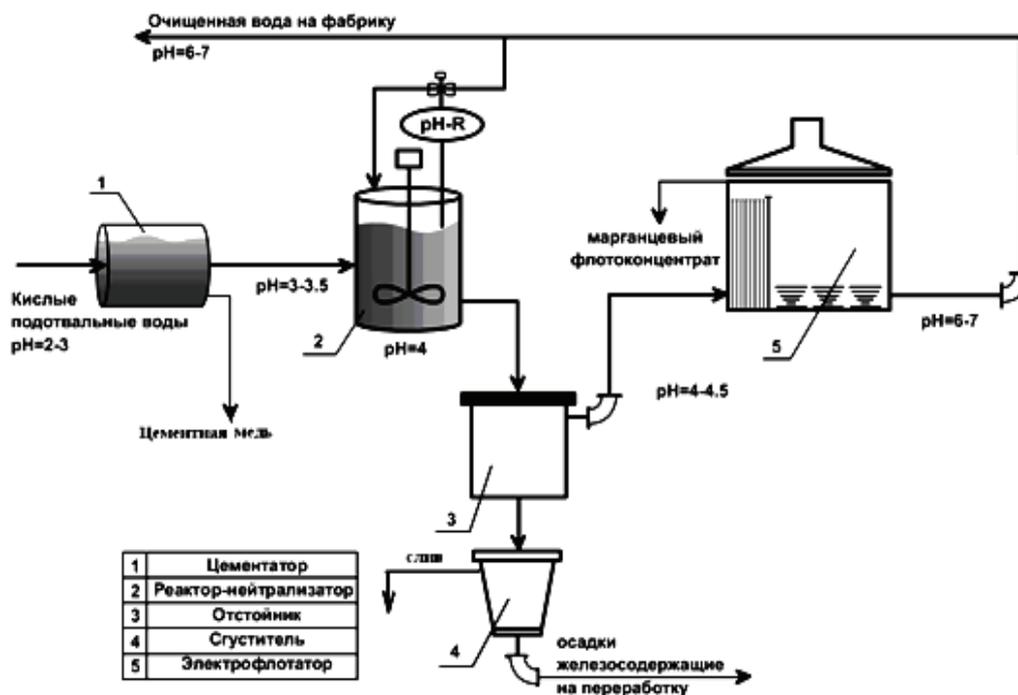


Рис. 1. Схема цепи аппаратов технологии селективной переработки гидротехногенных георесурсов медноколчеданного комплекса

Таблица 2. Результаты переработки кислых подтовальных вод Бурибаевского ГОКа

Компонент	Cu^{2+}	$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	Mn^{2+}
Исходная концентрация, мг/дм ³	284,1	487,6	197,3
Остаточная концентрация, мг/дм ³	0,06	1,16	0,01
Содержание металла в продукте, β%	66,5	62,4	50,1

стойник (поз. 3) для отделения гидроксида $\text{Fe}(\text{OH})_3$ из водного раствора и далее в сгуститель (поз. 4) для накопления и уплотнения железосодержащего осадка, который затем направляется на дальнейшую переработку. Осветленный раствор (рН 4,0 ÷ 4,3) из верхней части отстойника (поз. 3) поступает на стадию электрофлотации, где протекает процесс извлечения марганца путем перевода ионов Mn^{2+} под действием окислителя — «активного хлора», в нерастворимые формы Mn^{3+} и Mn^{4+} и последующего отделения скоагулированного осадка $\text{MnO}(\text{OH})$ и $\text{MnO}(\text{OH})_2$ электрофлотационным способом.

Разработанная комплексная технология была успешно апробирована в промышленных условиях. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Согласно приведенным данным (табл. 2), полученные продукты, являются кондиционным сырьем для металлургической промышленности.

Литература:

1. Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М. Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды Башкирского Зауралья и их охрана от загрязнения и истощения // Геологический сборник. 2006 № 6 Информационные материалы. С. 266–269.

Анализ данных полученных в результате применения комбинированной технологии (цементация — кислотно-основное осаждение — окислительное осаждение — электрофлотация) на реальных кислых подтовальных водах позволил сделать следующие выводы:

— предлагаемая комплексная технология поэтапного выделения ионов меди, железа и марганца достаточно проста, эффективна, не требует сложного аппаратного оформления и может использоваться как самостоятельно, так и в системе существующих очистных сооружений;

— данная технология может быть использована для организации замкнутого цикла водоснабжения на ГОКах медноколчеданного комплекса.

— внедрение данной технологии на ГОКах позволит с одной стороны более полно использовать природные минеральные ресурсы, а с другой стороны — существенно снизить экологическую нагрузку в регионе.

2. Мишурина О.А., Медяник Н.Л. Комплексные исследования и технологические решения по извлечению марганца из гидротехногенных ресурсов ГОКов Южного Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2009. № 8. С. 198–203.
3. Мишурина О.А., Медяник Н.Л. Аппарат для электрохимической очистки водных растворов. Патент РФ № 97123 БИМП. — 2010 год № 24. — С. 972–973
4. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Особенности химических способов извлечения марганца из технических растворов // Молодой учёный, 2013, № 3 С. 84–86.
5. Мишурина О.А., Муллина Э.Р. Химические закономерности процесса селективного извлечения марганца из техногенных вод // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 3. С. 58–62.
6. Мустафин А.Г., Ковтуненко С.В., Пестриков С.В., Сабитова З.Ш. Исследование экологического состояния реки Таналык республики Башкортостан // Вестник Башкирского университета, 2007, Т. 12. № 4. С. 43–44.

Подбор технологических режимов работы экструдера марки ШТАК-80М ООО «Апрель»

Мустюков Наиль Анварович, аспирант;
Зубкова Татьяна Михайловна, доктор технических наук, профессор
Оренбургский государственный университет

Компания ООО «Апрель», входящая в холдинг «ШТАК», с 1999 года занимается производством экструзионного пищевого оборудования и до сегодняшнего дня остается единственной компанией в России целенаправленно занимающейся разработкой и производством двушнековых экструдеров собственной конструкции и практической реализацией экструзионных технологий. На текущий момент оборудование марки «ШТАК» успешно работает на более чем 60 предприятиях в России, Казахстане, Латвии, Литве, Эстонии, Молдавии, Белорусии, Украине.

Среди запатентованных конструкций марки ШТАК ООО «Апрель» выделяют двушнековую модель ШТАК-72 в 3-х и 5-ти корпусном исполнении, а также, модернизированный одношнековый экструдер ШТАК-80М (рис. 1). Данные модели ориентированы на работу в условиях крупных производств для массового выпуска продуктов питания и пищевых полуфабрикатов [1].

ШТАК-80М — единственный одношнековый российский экструдер максимально приближенный по технологическим возможностям к двушнековым машинам, позволяющий получать требуемый продукт в различных экструзионных технологиях: соевый текстурат, подушечки и батончики с начинкой, хлебцы, корма для животных, пищевые отруби и др. [2]

В случае выпуска ассортимента продуктов с многократным переходом от одних продуктов к другим или возможных вариаций по сырью, типоразмеру и внешнему виду необходим высокий уровень «универсальности» оборудования. Под этим необходимо понимать не только возможность экструдера выпускать при минимальной переналадке широкий перечень продуктов, но и хорошую

управляемость и стабильность при работе на различном сырье, соответственно, требуется корректировка технологических режимов работы экструдера.

Рассчитывая экономику по каждому продукту, необходимо учитывать реальную производительность конкретного экструдера на конкретном продукте, а не только техническую, указанную в паспорте оборудования.

В таблице 1 представлено изменение производительности экструдера марки ШТАК-80М при изменении технологии.

Для реализации конкретной технологии экструдер должен обладать соответствующим комплексом определенных особенностей, главные из которых — это относительная (в диаметрах шнека) длина шнека (экструзионной зоны), диапазон управления частотой вращения шнеков,



Рис. 1. Одношнековый экструдер марки ШТАК-80М

Таблица 1. Производительность экструдера ШТАК-80М по отношению к технологиям

Наименование продукта (технология)	Значение производительности, кг/час
Кукурузная палочка (штатная производительность)	220
Хлебец и соломка	180
Подушечки с начинкой	400
Трубочки с начинкой (бамбук)	400
Пищевые отруби	300
Хлопья	-
Пеллета (на специальных модификациях)	100
Сухие завтраки	200
Модифицированный крахмал	100
Набухающая мука, панировка	220
Корм для домашнего скота (провар 50%)	450
Корм для кошек или собак	200
Корм для промысловых рыб	200
Корм для аквариумных рыб	-
Крахмалсодержащий реагент	220
Текстурат соевый пищевой	220

управление температурой экструзионной зоны, управление подачей сырья (производительностью) в зону экструзии, управление режущим устройством, управление подачей питьевой воды в зону экструзии. В связи с этим от оператора требуется постоянный контроль качества выходящего экструдата и подбор технологических параметров под каждый тип сырья.

Необходимо отметить, что подбор таких параметров экспериментальным путем на основе субъективной оценки оператором качества экструдата ведет к неизбежному увеличению бракованного продукта, а сложность процессов, которыми характеризуется экструзия, не позволяет рассчитать их обычными методами без использования современных информационных технологий.

К числу наиболее эффективных технологий, позволяющих выполнить эти требования, принадлежат так называемые САЕ-системы (computer-aided engineering). Данные системы представляют собой обширный класс систем, каждая из которых позволяет решать определенную расчетную задачу (группу задач), начиная от расчетов на прочность, анализа и моделирования тепловых процессов до расчетов гидравлических систем и машин, расчетов процессов литья. Среди программных продуктов выделяют следующие системы инженерного анализа экструзионного процесса: NEXTRUCAD, FLATCAD, LAYERCAD, FLUENT, POLYFLOW, PROVISION. Недостаток данных систем в решении рассматриваемой проблемы заключается в отсутствии модели оптимизации режимных параметров процесса экструдирования в соответствии с заданными технико-экономическими характеристиками.

Таким образом, актуальной задачей становится разработка системы поддержки принятия решений, предназначенной для определения наилучших режимных па-

раметров процесса экструдирования, обеспечивающих максимальный показатель КПД экструзионного агрегата ШТАК-80М при выполнении требований к показателям качества продукции в многоассортиментных пищевых производствах.

Оптимизация на основе имитационного моделирования (ИМ) заключается в совместном использовании имитационной модели процесса экструдирования и алгоритма оптимизации (рис. 2).

С помощью ИМ рассчитываются значения отклика для различных комбинаций значений факторов, которые предлагает алгоритм оптимизации.

В качестве ИМ была использована математическая модель программной системы «Расчет технико-экономических параметров одношнековых экструдеров» [3]. Набором входных параметров процесса являются реологические, конструктивные и кинематические параметры процесса, результатом моделирования — технико-экономические параметры.

Поисковый алгоритм оптимизации, в свою очередь, используя значения отклика, пытается улучшить решение, варьируя режимными параметрами экструдера.

В качестве модели оптимизации выбран генетический алгоритм поиска.

Генетический алгоритм (ГА) может работать не только с некоторой целевой функцией $Z(u_1, u_2, \dots, u_n)$, но и с каким-либо блоком (набором некоторых действий, операций и вычислений), который на вход получает некоторый набор значений u_1, u_2, \dots, u_n , а на выходе выдает результат, напрямую зависящий от входящих значений. Следовательно, для организации работы алгоритма не требуется нахождения производной от функции Z и других вычислений, которые подразумевают наличие какой-либо алгебраической функции [4].



Рис. 2. Схема взаимодействия модулей

ГА, включающий возможность задать различные критерии отбора, позволит учитывать граничные условия параметров, необходимые для успешного протекания процесса экструдирования и для соответствия показателей процесса требуемым значениям. Главным же преимуществом ГА является то, что он может применяться даже на сложных задачах, там, где не существует никаких специальных методов.

Таким образом, ГА является наиболее удобным методом при реализации подсистемы поддержки принятия решения.

На основе рассмотренных моделей была разработана программная система поддержки выбора наилучших ре-

жимных параметров процесса экструдирования, обеспечивающих максимальный показатель КПД при заданных технико-экономических характеристиках.

Перед проведением оптимизации указываются необходимые параметры конструкции экструдера (рис. 3).

После указания параметров конструкции экструдера загружаются реологические параметры обрабатываемого материала (рис. 4).

Далее возможно проведение оптимизации режимных характеристик процесса экструдирования на основе заданных параметров экструдера и материала. Для этого в пункте меню «Расчет» необходимо выбрать подпункт «Оптимизация». В открывшемся окне вводятся гра-

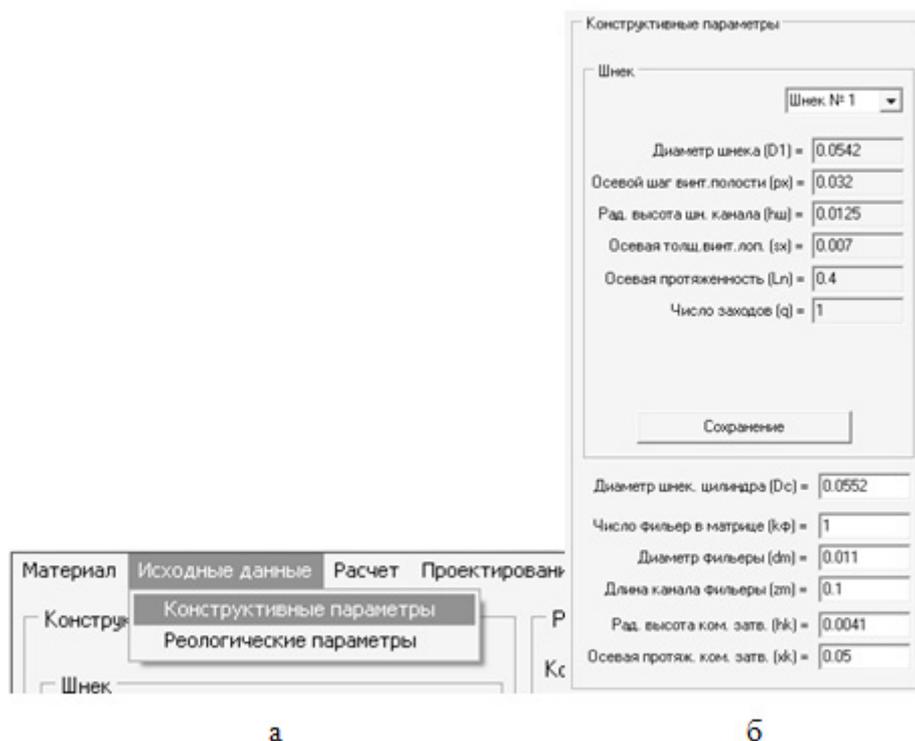


Рис. 3. Задание конструктивных параметров: а — выбор подпункта меню, б — интерфейс ввода



Рис. 4. Задание реологических параметров обрабатываемого материала: а — выбор подпункта меню, б — интерфейс ввода

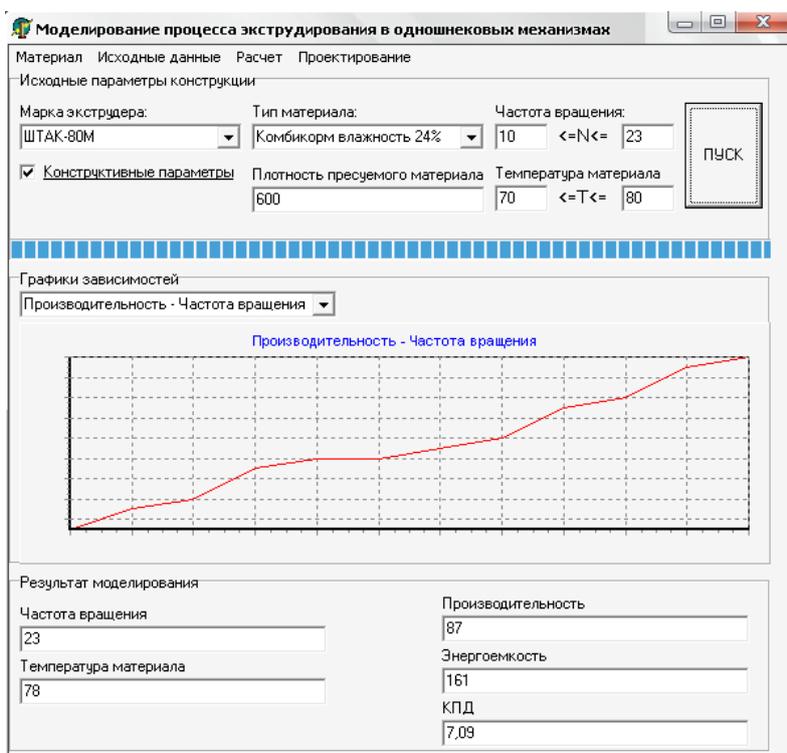


Рис. 5. Интерфейс модуля оптимизации

нические условия, уточняются реологические и конструктивные параметры и осуществляется расчет (рис. 5).

В результате проведенного тестирования были получены расчетные значения режимных параметров экструдера и критериальных показателей (производительности, энергоёмкости, КПД).

Таким образом, использование разработанной программной системы позволит подобрать режимные харак-

теристики процесса экструдирования при реализации нескольких технологий на одной экструзионной машине, в данном случае экструдере марки ШТАК-80М от производителя ООО «АПРЕЛЬ». Это позволит сократить объем бракованного продукта, уменьшит время на конфигурацию и подготовку экструзионного агрегата, повысит скорость внедрения экструзионной линии в производство.

Литература:

1. ООО «Апрель» сегодня [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.shtak.com/page.php?pg=21> — свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус.
2. Экструдер одношнековый ШТАК-80М [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.shtak.com/page.php?pg=17&i=18> — свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус.

3. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2011612043 Расчет технико-экономических параметров одношнековых экструдеров / Т. М. Зубкова, Н. А. Мустюков, М. А. Корякина РОСПАТЕНТ — № 2010617272 — Заявлено 19.11.2010. — Оpubл. 05.03.2011.
4. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования. — М: Физматлит, 2003. — 432 с.

Разработка методики повышения выполнимости административных регламентов

Науменко Владимир Викторович, аспирант
Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь)

В статье рассматривается методика повышения выполнимости административных регламентов на основе поиска и устранения информационных конфликтов, а также ее реализация в виде прикладного программного обеспечения.

Ключевые слова: административный регламент, среда радикалов.

Одной из важных задач административной реформы является повышение эффективности и качества осуществления функций исполнительных органов государственной власти, в том числе функций, связанных с оказанием государственных услуг. Федеральный закон 210-ФЗ [1] является правовой базой для улучшения исполнения государственных функций за счет оптимизации административного регулирования их исполнения путем разработки и применения административных регламентов в исполнительных органах государственной власти. В соответствии с данным законом регламент становится ключевым элементом системы государственного управления, от эффективности выполнения которого зависит эффективность всей системы государственного управления. Поэтому существует актуальная научная задача повышения выполнимости административных регламентов (АР). В данной статье автором предлагается методика, направленная на решение данной задачи.

В настоящее время исполнение АР осуществляется специализированными информационными системами, предназначенные для предоставления государственных и муниципальных услуг в электронном виде, а также связанных с ними государственных функций. На данный момент применяется множество программных решений, предназначенных для построения таких информационных систем, которые, в совокупности с информационной инфраструктурой организации, образуют систему исполнения регламентов (СИР). Основное назначение СИР — это исполнение АР государственных и муниципальных услуг в электронном виде, то есть выполнение электронных регламентов (ЭАР).

Рассмотрим показатели выполнимости АР. Так в Национальном стандарте Российской Федерации «Электронный регламент административной и служебной деятельности» от 29 декабря 2004 г. N 138-ст [2] используются обобщенный показатель выполнимости регламента — коэффициент выполнимости регламента:

$$K_{\text{вып } R} = \frac{N'}{N} 100\%,$$

где

N' — число выполненных сценариев или рабочих операций, в рамках которых предписания регламента не нарушались;

N — общее число сценариев или рабочих операций, предписанных для исполнения регламентом.

Данный показатель отражает меру выполнимости предписаний регламента исполнителями и его можно применять как к отдельному АР, так и к СИР в целом.

Анализ, проведенный в [3], показал, что проблемы выполнимости АР связаны с наличием в системе информационных конфликтов, которые в свою очередь связаны с:

- логической противоречивостью АР;
- недостаточностью ресурсов (исполнителей) при выполнении задач АР;
- несогласованностью показателей выполняемых задач АР и показателей информационно-технической платформы.

Автором предлагается методика повышения выполнимости АР, в которой применяются разработанные механизмы, реализуемые *активирующей подсистемой обеспечения выполнимости АР* [4] (реализованной на основе языка схем радикалов [5]), и которая при этом включает в себя *алгоритм устранения конфликтов при моделировании АР* и *алгоритм ухода от конфликтов (устранения конфликтов) при выполнении АР*.

Согласно [4] активирующая подсистема обеспечения выполнимости АР (см. рис. 1) включает в себя:

- формализованное описание СИР и выполняемых в ней АР;
- средства управления конфликтами, возникающими в СИР.

Важно отметить, что построение модели АР на языке схем радикалов является трудоемким процессом, поэтому существует необходимость разработки алгоритма

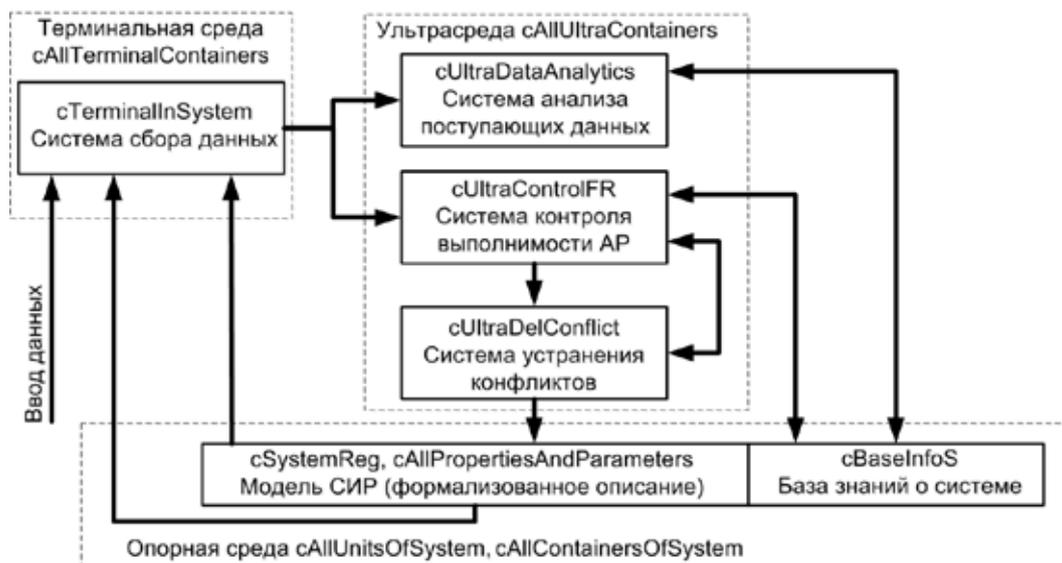


Рис. 1. Функциональная схема активирующей подсистемы обеспечения выполнимости AP

построения модели совместно выполняемых AP, заключающейся в переводе модели AP, выполненной в нотации BPMN (Business Process Management Initiative), предназначенной для воспроизведения базовой структуры и потока действий и данных внутри бизнес-процесса, (далее BPMN-описания) в язык схем радикалов.

Поэтому для решения поставленной научной задачи разработки методики повышения выполнимости AP был разработан алгоритм преобразования входных данных таких как BPMN модель AP, данные об информационных процессах, данные о сервисах СИР, данные о субъектах-исполнителях, данные о функциях субъектов-исполнителей.

Далее решается задача поиска и устранения конфликтов с помощью:

- алгоритма устранения конфликтов при моделировании AP;
- алгоритма ухода от конфликтов (устранения конфликтов) при выполнении AP.

Для описания AP в виде BPMN-диаграммы определяется соответствие элементов AP (ЭAP) и объектов BPMN [6]. На основании определенного соответствия

и правил языка BPMN строится схема AP. После этого формируется окончательная модель СИР, путем ввода в полученную координационную схему следующих радикалов и схем: сервисы СИР (uService), максимальные значения интенсивности поступающих заявок для каждого из сервисов, субъекты (uPerson), функции (на выполнении которых направлены задачи СИР), функции субъектов, связи функций с выполняющими их ролями, информационные процессы (cProcess):

Предлагаемый в данной работе алгоритм ухода от информационных конфликтов (устранения информационных конфликтов) основан на решении базовых задач о конфликтах, разработанным Пироговым [7], которое включают в себя:

- анализ текущей ситуации;
- выявление преобразований, которые могут привести к конфликтам;
- прогнозирование конфликтов и построение схем, которые обеспечат уход от них.

Механизм ухода от конфликтов согласно методике Пирогова заключается в преобразовании — перемещении



Рис. 2. Блок-схема алгоритма построения модели совместно выполняемых AP и модели СИР

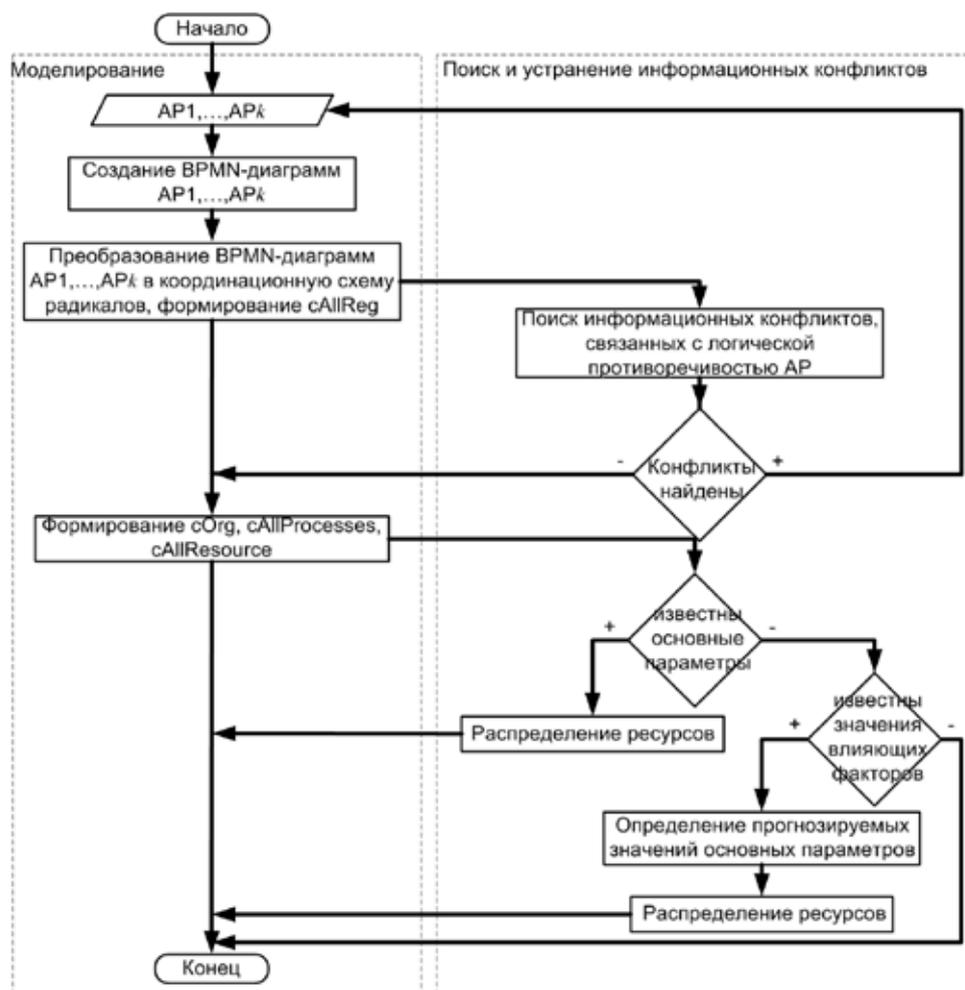


Рис. 3. Алгоритм устранения конфликтов при моделировании AP и СИР

и деформации, радикалов. При этом такие преобразования могут осуществляться как путем непосредственного воздействия на радикалы, так и автоматически, то есть средствами среды.

Итак, после преобразования BPMN-диаграммы в язык схем радикалов, администратор системы средствами терминального контейнера `sTerminalFindConflict` обнаруживает информационные конфликты, связанные с логической противоречивостью (задачи, не связанные с ролью, обрыв потока выполняемых задач, противоречивость сроков выполнения задач) и выполняет преобразования, направленные на их устранение. Данные действия повторяются снова до тех пор, пока система не станет бесконфликтной. После этого административная подсистема переходит к моделированию СИР, в процессе которого решается задача оптимального распределения ресурсов.

В случае если известны *основные параметры*, влияющие на выполнимость задач AP (фактическое время выполнения задачи t_k , интенсивность поступающих заявок λ_k), то администратором системы выполняется запрос к ультраконтейнеру `cUltraNoResource`, который, используя значения λ_k и t_k , перераспределяет субъектов между задачами, либо, в случае невозможности перера-

спределения, сообщает администратору системы о необходимости преобразования СИР, который принимает решение об изменении организационной структуры, либо AP. Затем проверяется возможность сервисов СИР обрабатывать поступающие заявки путем запроса к ультраконтейнеру `cUltraNowControlInService`. В случае если *основные параметры*, влияющие на выполнимость задач AP не известны, то используются прогнозируемые значения данных показателей λ_k и t_k .

В случае если при моделировании СИР невозможно получение ни основных параметров, влияющих на выполнимость задач AP, ни значений факторов, влияющих на эти параметры, то поиск и устранение конфликтов, связанных с недостаточностью ресурсов, проводится в процессе выполнения ЭАР.

Теперь рассмотрим *алгоритм ухода от информационных конфликтов (устранения информационных конфликтов)*, связанных с выполнением AP:

Как и при создании СИР часть решаемых задач по уходу и устранению информационных конфликтов решается только администратором системы, поэтому стоит разделять автоматический контроль (автоматическое преобразование) и контроль (преобразования системы),

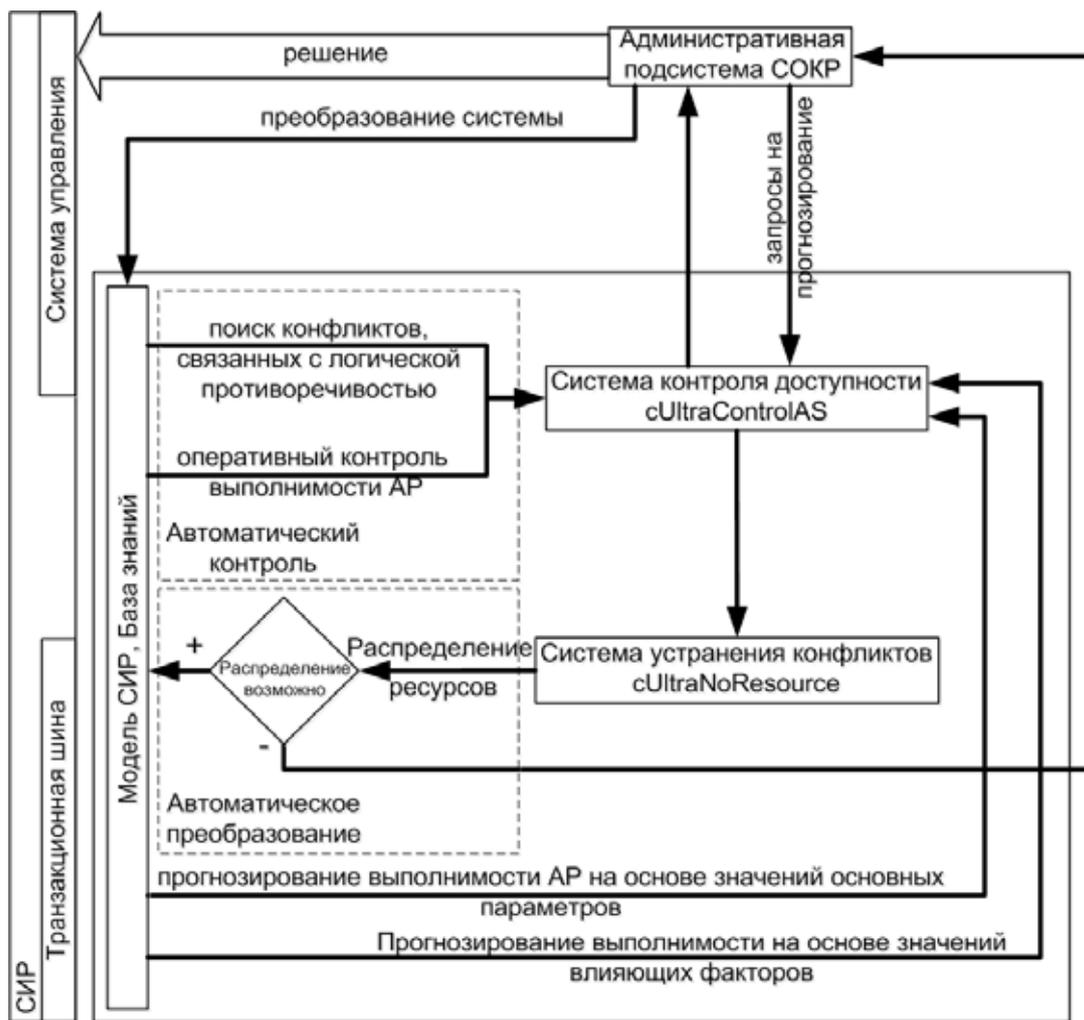


Рис. 4. Функциональная схема методики ухода от конфликтов (устранения конфликтов) при выполнении АР

связанный с взаимодействием администратора системы со средой радикалов. К автоматическому контролю относятся:

- поиск информационных конфликтов, связанных с логической противоречивостью;
- оперативный контроль выполнимости АР: выполнимость задач, наличие связанных с задачами объектов и проверка возможности сервисов СИР выполнять соответствующие группы информационных процессов.

К автоматическому преобразованию относится распределение субъектов между задачами АР — оптимизация выполнения задач АР. В свою очередь, контроль, связанный с взаимодействием администратора системы со средой радикалов, включает в себя:

- прогнозирование выполнимости СИР на основе значений *основных параметров*;
- прогнозирование значений *основных параметров* на основе *массива влияющих факторов*.

Разработанная методика повышения выполнимости АР реализована в виде прикладного программного обеспечения — «Информационная система контроля исполнения государственных и муниципальных услуг

(ИСКИГМУ)» (свидетельство № 2013613608 о государственной регистрации программы для ЭВМ).

Система ИСКИГМУ включает в себя две взаимосвязанных подсистемы: подсистема непрерывного контроля исполнения и проверки выполнимости электронных регламентов, а также интеграционная подсистема.

Подсистема непрерывного контроля исполнения и проверки выполнимости электронных регламентов является средством сопровождения процесса исполнения задач, направленных на реализацию государственных услуг. В основе построения данной подсистемы лежит разработанная методика повышения выполнимости АР а также реализуемые в рамках нее алгоритмы.

Интеграционная подсистема обеспечивает информационное взаимодействие ИСКИГМУ с информационными системами организаций, задействованных в предоставлении государственных и муниципальных услуг.

Система ИСКИГМУ взаимодействует с каждой из информационных системы и фиксирует все действия сотрудников организации, выполняемые в рамках АР оказания услуг. Собираемые в режиме реального времени данные могут использоваться для информирования заяв-



Рис. 5. Схема поиска и устранения информационных конфликтов при выполнении административных регламентов

вителей о ходе исполнения услуги, для контроля параметров выполнения регламентов оказания услуги, а также для формирования статистики с целью дальнейшего анализа и выработки решений, направленных на повышение качества процесса предоставления государственных и муниципальных услуг.

Внедрение методики повышения выполнимости административных регламентов в виде прикладного программного обеспечения «Информационная система контроля исполнения государственных и муниципальных услуг (ИСКИГМУ)» позволило решить ряд проблем, связанных с необходимостью повышения качества СИР, а именно:

— выработан единый подход к построению модели АР в виде BPMN-диаграммы, позволяющий применять ее в любой системе исполнения регламентов (в частности в применяемой системе электронного документооборота), а также выполнять проверку данной модели на предмет наличия противоречий;

— внедрен механизм, позволяющий отследить статус выполняемой задачи АР, который указывает на наличие, либо отсутствие информационных конфликтов, связанных с невозможностью выполнения временных нормативов;

— решена задача распределения ресурсов в СИР, применение которой в системе ИСКИГМУ позволяет повысить выполнимость АР.

Литература:

1. Федеральный закон «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» № 210-ФЗ от 27 июля 2010 года.
2. Национальный стандарт Российской Федерации «Электронный регламент административной и служебной деятельности» от 29 декабря 2004 г. N 138-ст.
3. Копытов В. В., Науменко В. В., Минин В. А., Зайцев А. А. Анализ проблем обеспечения бесконфликтного выполнения электронных административных регламентов // Сб. науч. ст. / Ставропольский филиал ИГУТИ. Ставрополь, 2012. Вып. XII. С. 72–78.
4. Науменко В. В. Реализация комплексного подхода по обеспечению выполнимости административных регламентов // журнал «Молодой ученый», № 7, 2013 — С. 65–69.
5. Чечкин А. В. Обеспечение информационно-системной безопасности сложной системы на основе среды нейрорадикалов ее проблемной области. — Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2008, № 7.
6. Науменко В. В., Демурчев Н. Г., Минин В. А. Моделирование и оценка выполнимости совместно выполняемых административных регламентов // Вестник Ставропольского государственного университета. — Ставрополь: Ставропольский государственный университет, 2011 вып. 75 (4). — С. 97–101.
7. Пирогов М. В. Разработка метода интеллектуализации сложных систем на основе среды радикалов [Электронный ресурс]: дис. канд. физ.-мат. наук: 05.13.17. — М.: РГБ, 2011.

Метод улучшения оценок метода максимального правдоподобия в автоматизированной системе ремонта электрооборудования

Русин Александр Юрьевич, научный руководитель, кандидат технических наук, доцент;

Теркин Илья Андреевич, аспирант

Тверской государственный технический университет

В работе [1], [2], была рассмотрена возможность создания адаптивной системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования (АСТОР).

Адаптивность системы технического обслуживания и ремонта (ТОР) — это свойство, которое можно охарактеризовать как способность системы самостоятельно настраиваться, приспосабливаться к изменению факторов, характеризующих процесс эксплуатации, условия эксплуатации оборудования, и к изменению надежности электрооборудования (ЭО).

Главная идея состоит в том что адаптивность системы ТОР обеспечивается изменением графика планово-предупредительного ремонта (ППР) в соответствии с изменением надежности оборудования. Это достигается тем, что период между проведением различных плановых работ ТОР рассчитывается по математическим моделям технического обслуживания, текущего и капитального ремонта с учетом функции распределения наработки на отказ, среднего времени восстановления и других показателей надежности эксплуатируемого ЭО. График ППР постоянно корректируется по мере накопления информации о надежности оборудования, работах по ТОР. Исследование оценок параметров функций распределения отказов по малым выборкам и достижение их максимальной точности — очень важная задача при создании системы АСТОР.

Для доказательства адекватности применяемых математических моделей в работе [1] было произведено моделирование отказов оборудования при помощи Программы моделирования отказов, написанной на языке программирования Visual FoxPro для ЭВМ. Исследование точности метода максимального правдоподобия при оценке параметров законов распределения по малым, многократно цензурированным справа выборкам показало что точность оценок параметров закона распределения отказов ЭО не является достаточной. Так например, относительное отклонение от истинного значения (заданного при моделировании) оценок для распределения по закону распределения Вейбулла в 5% случаев находил до 10. Таким образом, рассчитанный период ТОР будет значительно отличаться от оптимального.

Автором работы [1] был получен метод увеличения точности оценок, полученных методом максимального правдоподобия. Для построения математических моделей, повышающих точность оценок использовался регрессионный анализ. В результате эксперимента была установлена зависимость между относительным отклонением оценок метода максимального правдоподобия и параметрами, характеризующими структуру выборки. Все параметры измеряются в относительных единицах и не зависят от абсолютных значений случайных величин. Этим достигнута адекватность уравнений регрессии, полученных в эксперименте на ЭВМ с уравнениями регрессии, описывающими аналогичные зависимости для совокупности выборок наработок на отказ, которые должны быть сформированы в автоматизированной системе АСТОР. Экспериментальные данные показали, что после введения поправки, относительные отклонения оценок от истинного значения параметров распределения, в зависимости от вида закона распределения и объема выборки, не превышают 10–30%, в то время как начальные отклонения могут быть больше 100%. Исследование эффективности разработанной методики оценки параметров трех законов распределения показало что применение разработанной методики оценки параметров законов распределения отказов ЭО повышает точность оценок максимального правдоподобия экспоненциального распределения в 1,2–2 раза, Вейбулла — 1,5–5 раз, логарифмически нормального — в 1,1–1,5 раз и почти полностью устраняет смещение оценок.

Окончательно можно сделать вывод о том, что применение разработанной методики позволяет увеличить точность оценок максимального правдоподобия в 1,2–5 раз, в зависимости от вида закона распределения, параметра закона распределения и объема выборки.

В работе [1] при проведении исследований и моделировании случайных величин параметры исследуемого и цензурирующего закона распределения формировались с помощью генератора случайных чисел. Это позволило построить универсальные модели, которые можно использовать при расчете показателей надежности оборудования с сильно различающейся средней наработкой до отказа. Повысить эффективность предложенного метода можно путем моделирование случайных величин, близких по значению к показателям надежности исследуемого оборудования, например в области, ограниченной доверительными границами к оценке, рассчитанной по рассмотренной выше методике.

Решение этой задачи представляет собой интервалы значений параметров закона распределения, которые соответствуют выборке значений случайной величины с учетом ее объема и заданной доверительной вероятности.

Для расчета интервальных оценок может быть использован способ предложенный в [3].

В MATLAB Statistics Toolbox расчет точечных оценок параметров выполняется также методом максимального правдоподобия, функция максимального правдоподобия для непрерывной случайной величины примет вид

$$L = f(x_1, x_2, \dots, x_n, \bar{\theta}) = f(x_1, \bar{\theta}) \cdot f(x_2, \bar{\theta}) \cdot \dots \cdot f(x_n, \bar{\theta}) = \prod_{i=1}^n f(x_i, \bar{\theta})$$

где f — функция плотности вероятности непрерывной случайной величины X .

Как следует из приведенных выше выражений, функция максимального правдоподобия является функцией как выборочных значений x_i , $i = 1, \dots, n$, так и определяемых параметров заданного закона распределения.

Рассмотрим численное решение для непрерывной случайной величины на примере расчета параметров нормального закона. Поскольку для оптимизации используется функция минимизации *fminsearch* [4], то вместо функции максимального правдоподобия L будет использоваться обратная функция $1/L$.

Текст обратной функции максимального правдоподобия для нормального закона:

```
function out=L (param,x)
% обратная функция максимального правдоподобия для нормального закона
Mx=param (1);
sigma=param (2);
out=1;
for i=1:length (x)
out=out*normpdf (x (i),Mx,sigma);
end
out=1/out;
```

Текст сценария для генерации выборки по нормальному закону и расчета значений параметров соответствующих минимуму обратной функции максимального правдоподобия:

```
% Генерация выборки по нормальному закону
Mx=1;
sigma=2;
n=20;
x=normrnd (Mx,sigma,n,1);
% Расчет оценок методом максимального правдоподобия
x0= [0 1];
NumDecision=fminsearch (@L,x0, [],x)
AnalyticDecision= [mean (x) std (x)*sqrt ((n-1)/n)]
```

Вектор параметров представлен переменной NumDecision. Для проверки правильности полученного решения переменная AnalyticDecision содержит вектор параметров нормального закона для аналитического решения методом максимального правдоподобия. Вызов файла-сценария:

```
>> Prim1
NumDecision =
1.0061 1.3717
AnalyticDecision =
1.0061 1.3717
```

Точечные оценки параметров закона распределения рассчитываются по выборочным данным. Поскольку выборка формируется случайным образом, то и точечные оценки параметров будут случайными величинами. Качество оценок будет определяться способом формирования и объемом выборки.

Для оценки точности расчета параметров параметра закона распределения используются их интервальные оценки. Интервальные оценки принято представлять в виде доверительных интервалов, т.е. интервалов вида $[\theta_{Hi}, \theta_{Bi}]$, $i = 1, \dots, m$, где m — число параметров закона распределения. Интервал $[\theta_{Hi}, \theta_{Bi}]$ представляет границы в которые попадает значение оцениваемого параметра θ_i закона распределения с заданной доверительной вероятностью РД. Или иначе сказанное можно представить в виде

$$P[\theta_{Hi} \leq \theta_i \leq \theta_{Bi}] = P_{Д} = 1 - \alpha, \text{ где } \alpha \text{ — уровень значимости.}$$

Длина доверительного интервала $(\theta_{Hi} - \theta_{Bi})$ выполняет функцию оценки качества получаемых результатов. Малое значение разности говорит о высокой точности полученных результатов. Увеличение значения приводит к невозможности практического использования результатов статистических наблюдений.

Как следует из вышесказанного, длина доверительного интервала оцениваемого параметра зависит от доверительной вероятности, или уровня значимости, и объема выборки. Увеличение объема выборки и уменьшение доверительной вероятности приводит к уменьшению интервала $[\theta_{Hi}, \theta_{Bi}]$.

Расчет интервальных оценок параметров закона распределения выполняется по следующим этапам:

1) по выборке из n элементов рассчитываются точечные оценки, $i = 1, \dots, m$, параметров закона распределения каким либо известным методом, например методом максимального правдоподобия;

2) формируется статистика Y , являющаяся функцией оценок параметра, объема выборки n , и имеющая известную функцию распределения $F(Y)$;

3) задается доверительная вероятность P_D , как правило, значения принимаются из ряда 0,9, 0,95, 0,99, 0,999, 0,9973;

4) рассчитываются квантили статистики Y для вероятностей $a/2$ и $(1-2/a)$ из соотношений $P(Y(\theta_i) < c_1) = \frac{\alpha}{2}, P(Y(\theta_i) < c_2) = 1 - \frac{\alpha}{2}$;

5) исходя из функциональной зависимости $Y(\theta_i): Y(\theta_{Hi}) = c_1, Y(\theta_{Hi}) = c_2$, находят нижнюю и верхнюю границы доверительного интервала.

Рассмотрим пример расчета интервальных оценок параметров стандартного нормального закона. Приведенные ниже алгоритмы заложены в функцию `poymfit`.

Расчет границ доверительного интервала для математического ожидания случайной величины X , распределенной по нормальному закону при неизвестном среднем квадратическом отклонении, выполняется по следующим этапам:

1. для выборки, представленной вектором $x_i, i = 1 \dots 2$, методом максимального правдоподобия рассчитываются несмещенные точечные оценки математического ожидания $\hat{a} = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ и среднего квадратического отклонения

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2;$$

```
>> x=normrnd(0,1,20,1);
```

```
>> xmean=mean(x)
```

```
xmean =
```

```
0.1161
```

```
>> xstd=std(x)
```

```
xstd =
```

```
0.8773
```

2. для определения границ доверительного интервала математического ожидания вводится статистика t , распределенная по закону Стьюдента, рассчитываемая по формуле $\hat{a} = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

квадратическое отклонение генеральной совокупности, χ_{n-1}^2 — случайная величина распределенная по закону хи-квадрат $c(n-1)$ степенями свободы, n — объем выборки;

3. примем значение доверительной вероятности $P_D=0.99$;

4. расчет квантилей t_1, t_2 статистики t для вероятностей $a/2$ и $1-a/2$ и числа степеней свободы $(n-1)$ с помощью обратной функции распределения закона Стьюдента:

```
>> alpha = 1-0.99;
```

```
>> n = 20;
```

```
>> t1 = tinv(alpha/2,n-1)
```

```
t1 =
```

```
-2.8609
```

```
>> t2 = tinv(1-alpha/2,n-1)
```

```
t2 =
```

```
2.8609
```

5. расчет нижней и верхней границ доверительного интервала математического ожидания случайной величины X по формулам, $Mx_H = \bar{x} + t_1 \left(\frac{\alpha}{2}, n-1\right) \cdot \hat{\sigma} / \sqrt{n}, Mx_B = \bar{x} + t_2 \left(1 - \frac{\alpha}{2}, n-1\right) \cdot \hat{\sigma} / \sqrt{n} ::$

```
>> mu_low = xmean + t1*xstd/sqrt(n)
```

```
mu_low =
```

```
-0.4451
```

```
>> mu_high = xmean + t2*xstd/sqrt(n)
```

```
mu_high =
```

```
0.6774
```

Данный алгоритм может быть применен для улучшения оценок, полученных методом максимального правдоподобия в Программе моделирования отказов электрооборудования, написанной на языке Visual FoxPro.

Литература:

1. Русин А. Ю. Имитационное моделирование отказов электрооборудования с целью повышения эффективности системы технического обслуживания и ремонта. — Тверь, 1999. — С. 36–89.
2. Русин А. Ю. Адаптивная система планово-предупредительного ремонта электрооборудования на персональной ЭВМ: Тез. докл. 2-ой науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов ТвПИ. 13–14 мая 1991 г. — Тверь, 1991. — с. 49–50.
3. Matlab в инженерных и научных расчетах / А. Ф. Дашенко, В. Х. Кириллов, Л. В. Коломиец, В. Ф. Оробей. — Одесса: Астропринт, 2003. — 212 с.
4. Баталова З. Г. Анализ точности метода максимального правдоподобия для случайно цензурированных выборок // Статистические методы обработки результатов наблюдений при контроле качества и надежности машин и приборов. — Л.: ЛДНТП, 1979.
5. Чен К. Matlab в математических исследования / К. Чен, П. Джиблин, А. Ирвинг. — М.: Мир, 2001. — 341 с.

Аудит в дистанционном обучении

Серова Екатерина Алексеевна, магистр;
 Чумовицкая Екатерина Александровна, магистр
 Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Данная тема рассматривается на примере дистанционного курса: «Подготовка операторов по обслуживанию станков с ЧПУ». На промышленных предприятиях широко распространено использование станков с числовым программным управлением. Использование таких станков улучшает качество изготавливаемых деталей. Сегодня трудно найти область машиностроения, где они не используются. Цена станка с ЧПУ очень высока, поэтому необходимо готовить квалифицированных специалистов, которые могли бы работать на этом оборудовании. И представлять, что дает производству использование этого высокотехнологического оборудования. [1] Многие современные промышленные предприятия используют дистанционные курсы для обучения и повышения квалификации своих сотрудников. Внедрение системы дистанционного обучения приносит очевидную пользу предприятию. Но при некорректном использовании они становятся источником специфических рисков, которые могут повлечь за собой убытки. Аудит дистанционного обучения позволит выявить эти риски, оценить эффективность дистанционного курса и выбрать направление для его совершенствования. Риски в дистанционном обучении могут быть разнообразными. Например, из-за неверного подбора учебного материала учащийся может не получить необходимые знания и потратит свое время и деньги руководителя, затраченные на обучение сотрудника. Риски возникают как на этапе анализа целевой аудитории, так и в процессе эксплуатации. При планировании, разработке и внедрении дистанционных курсов это происходит вследствие:

- ошибок при проектировании;
- ошибок при расчете бюджета;

- ошибок при расчете сроков;
 - неэффективного использования технологий;
 - отсутствия кроссплатформенности;
 - устаревшей техники, которая не способна поддерживать работу дистанционного курса частично или полностью;
 - ошибок в расчетах нагрузки на инфраструктуру.
- Необходимо избегать этих угрозы, для этого на предприятии должны использоваться системы контроля и аудита.

Этапы аудита

1. Этап планирования

Уточняются перечни рисков и этапов проектирования курса, которые необходимо исследовать и оценить. Риски делятся на несущественные, приемлемые, выше среднего, высокие. Оцениваются риски для каждого этапа проектирования отдельно.

2. Аудит на месте

В рамках этого этапа проводится:

- интервью с сотрудниками предприятия;
- самооценка с использованием анкет подготовленных для каждого этапа проектирования;
- интервью с некоторыми учащимися, для уточнения результатов самооценки.

3. Итоги аудита

На заключительном этапе проводится анализ собранных анкет и результатов интервью, после делается итоговый вывод. Все заинтересованные стороны должны иметь возможность отслеживать преобразование результатов частных оценок в итоговые [2].

Таблица 1. Основные этапы проектирования как объекты аудита

Этапы проектирования дистанционного курса	Рисковые ситуации
<p>1. Определение целевой аудитории. Молодые специалисты, работающие на предприятии. Знание компьютера на уровне пользователя. С нулевым уровнем подготовки в области знаний планируемого курса.</p>	<p>1. Определением целевой аудитории часто пренебрегают, вследствие этого курс может быть составлен, совершенно для другого уровня подготовки сотрудников.</p>
<p>2. Формулировка целей и задач обучения Цели: — Повышение качества профессионального образования при подготовке молодых специалистов для обслуживания современных станков с ЧПУ в условиях информационно-технологической среды. Задачи: — Формирование профессиональных компетенций учащихся в соответствии с требованиями работодателей. — Модернизация образовательного процесса на предприятии за счет создания современной информационно-технологической среды обучения, внедрения инновационных подходов к разработке его содержания и форм.</p>	<p>2. Цели и задачи курса обучения должны быть четко определены. Неверное определение может повлечь за собой перерасход ресурсов, конфликтные ситуации как на всех уровнях, от руководства до учащихся.</p>
<p>3. Выбор темы и содержания учебного курса Тема: «Работа на токарном станке с ЧПУ» Содержание: 1. Классификация металлорежущих станков; 2. Изучение станка и правил работы токаря; 3. Подготовка к токарным работам; 4. Техническая подготовка токарной обработки; 5. Основы расчётов режимов резания; 6. Основные базовые виды токарной обработки; 7. Специальные виды токарной обработки.</p>	<p>3. Не оптимальная структура учебного материала, появляется дублирование данных. Отсутствие информационной архитектуры.</p>
<p>4. Выбор формы учебной деятельности Учебная деятельность проходит индивидуально, но учащийся всегда может обсудить тему очередного урока на форуме с другими учащимися.</p>	<p>4. Учащиеся не принимают участие в выборе формы учебной деятельности. Не все учащиеся хотели бы учиться индивидуально, некоторые лучше усваивают материал в групповых занятиях, работах в паре и малых группах.</p>
<p>5. Выбор организации занятий учащимися В курсе используются интерактивные лекции, семинары, лабораторные работы, вебинары.</p>	<p>5. Процесс обучения плохо организован: не отслеживается график выполнения заданий и трудозатраты.</p>
<p>6. Разработка учебного материала К данному курсу составлены: • видеолекции и лабораторные работы; • многоуровневая система контроля знаний; • словарь понятий;</p>	<p>6. Не всегда происходит изменение содержимого учебного курса параллельно с покупкой нового оборудования на предприятие. Лабораторные работы проходят только в виртуальной среде, а должны проходить непосредственно на производстве.</p>
<p>7. Размещение учебного материала на портале Проектирование структуры отдельных заданий и всего курса в целом. Наполнение каркаса содержанием. Поддержание непрерывности работы портала.</p>	<p>7. Для каждого курса должны быть четко описаны следующая информация, которая не всегда представлена: — цели; — задачи; — аннотация; — авторы курса; — требования к компетенциям учащегося; — требования к техническому оснащению. Не должно практиковаться плановое отключение портала для профилактических работ.</p>
<p>8. Оценка эффективности курса После прохождения данного курса учащийся должен без затруднений работать на станках с ЧПУ.</p>	<p>8. Неверно выбранная методика обучения, не ясное изложение материала и еще многие факторы могут привести к некорректному восприятию материала. Методика зависит от индивидуального опыта автора курса.</p>

Таблица 2

Фрагмент анкеты для самооценки этапа «Оценка эффективности курса»	
Критерий аудита	Самооценка от 0 до 5 баллов
Удобство работы с учебным материалом	3
Ясность изложенного материала	5
Эффективность потраченного времени	4
Эффективность методики обучения	4

Итоги

Результаты аудита используются для формирования зрелой системы управления рисками. Чем насыщеннее учебный курс, тем более зрелая система управления ему

должна соответствовать. Выявленные в ходе аудита замечания, должны быть использованы для модернизации учебных курсов, для системы внутреннего контроля, составлен план мероприятий который необходимо воплотить в жизнь.

Литература:

1. В. И. Аверченков [и др.] Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве: учеб. пособие для вузов // Брянск: БГТУ, 2010. 216 с.
2. Ф. Байновский Информационный аудит// <http://www.itexpert.ru/rus/biblio/articles/200406222006/article015/>

Анализ процедур генерации ключей криптографических алгоритмов. Программная реализация теста на оценку энтропии для равномерно распределенных последовательностей Draft SP 800–90b

Ставер Елена Владимировна

Основной алгоритм

Данный тест оценивает энтропию на выходе генератора равномерно распределенной величины, базирующийся на подсчете среднестатистического выходного значения, полученного в результате нескольких наблюдений [1]. Оценка энтропии генератора равномерно распределенной величины — простой процесс. Она используется для обеспечения верхней границы вероятности в 99%, p_{max} , что наиболее распространенные значения в выборке будут лежать в этих пределах. Также эта величина используется и для оценки минимального значения энтропии на выходе генератора [1].

Алгоритм выполнения теста следующий:

Получаем выборку из N элементов.

Находим наиболее часто встречающееся значение в выборке;

Считаем количество совпадений с этим значением, пусть это будет C_{max} ;

$$p_{max} = C_{max}/N;$$

$$C_{bound} = C_{MAX} + 2.3 \sqrt{N p_{max}(1 - p_{max})};$$

$$H = -\log_2(C_{bound}/N);$$

Пусть W будет количество бит в каждом элементе выборки (т.е. размер элемента);

$\min(W, H)$ — это нижняя граница оценки энтропии.

Например, если набор данных {0, 1, 1, 2, 0, 1, 2, 2, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 2, 2, 1, 0, 2, 1}, наиболее часто встречающееся значение — 1, $C_{MAX} = 8$ и $p_{max} = 0.4$.

$$C_{BOUND} = 8 + 2.3 \sqrt{4.8} = 13.04.$$

$$H = -\log_2(0.652) = 0.186.$$

$$W = 3.$$

Абстрактный автомат получим, если укажем алфавит A, B, C, I, R и программу P , как совокупность команд вида: $i_x a_j \rightarrow b_x c_y$.

В нашем случае:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4 \dots a_N\}, B = \{b_1\}, C = \{c_1, c_2, c_3\}, I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}, R = \{r_1\}$$

$$\delta: I \times A \rightarrow B \times C = \{a_1 i_1 \otimes b_1 c_1, a_2 i_2 \rightarrow b_1 c_1, a_n i_n \rightarrow b_1 c_1, a_1 i_1 \rightarrow b_1 c_2, a_2 i_2 \rightarrow b_1 c_2, a_n i_n \otimes b_1 c_2, a_1 i_1 \rightarrow b_1 c_3, a_2 i_2 \rightarrow b_1 c_3, \text{ где } w_1 c_3 \rightarrow r_1\}$$

Имеем следующий абстрактный автомат, как математическую модель схемы оценки минимальной энтропии в равномерно распределенной последовательности.

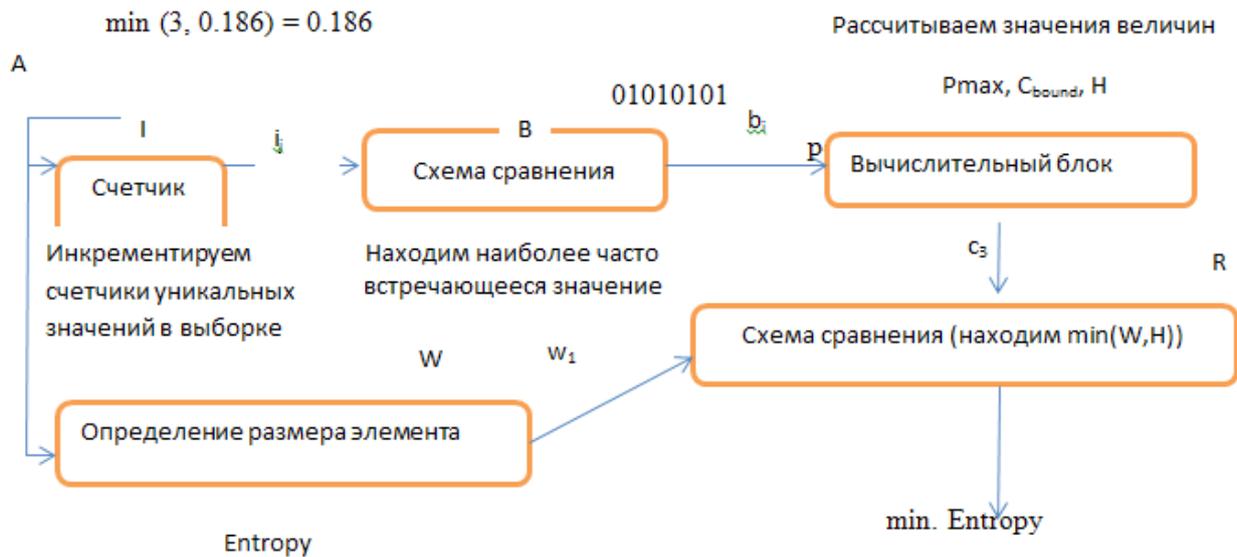


Рис. 1. Абстрактный автомат алгоритма теста на оценку энтропии для равномерно распределенных последовательностей

Программная реализация

```
#include "stdafx.h"
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#include <math.h>
#ifdef _WIN32
#include <fcntl.h>
#include <io.h>
#include <conio.h>
#else
#include <unistd.h>
#endif
#define log2of10 3.32192809488736234787
static long ccount[256];
static double ent, scoun, sclast, scou0, scct1, scct2, scct3;
static int scfirst;
static long totalcounter = 0;
static void help()
```

```
{
    printf("Calculate entropy of bitstream file. Call");
    printf("\n    with entropy [input-file]");
}
static void add(unsigned char *buf, int bufl)
{
    unsigned char *bp = buf;
    int oc, c, bean;
    while (bean = 0, (bufl-- > 0))
    {
        oc = *bp++;
        do
        {
            c = !(oc & 0x80);
            ccount[c]++;          /* Update counter for this bin */
            totalcounter++;
            sccun = c;
            if (sccfirst)
            {
                sccfirst = 0;
                scclast = 0;
                sccu0 = sccun;
            }
            else
            {
                sct1 = sct1 + scclast * sccun;
            }
            sct2 = sct2 + sccun;
            sct3 = sct3 + (sccun * sccun);
            scclast = sccun;
            oc <<= 1;
        } while (++bean < 8);
    }
}
```

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    FILE *fp = stdin;
    if (argc == 2)
    {
        if ((fp = fopen(argv[1], "rb")) == NULL)
        {
            printf("Cannot open file %s\n", argv[1]);
            return 2;
        }
    }
    else
    {
        help();
        return 0;
    }
#ifdef _WIN32
    _setmode(_fileno(fp), _O_BINARY);
#endif
    ent = 0.0;          /* entropy accumulator */
    unsigned char ocb;
    long totalc = 0;
    sccfirst = 1;     /* Mark first time for serial correlation */
    for (int i = 0; i < 256; i++) {
        ccount[i] = 0;
    }
    int oc = 0;
    while ((oc = fgetc(fp)) != EOF)
    {
        unsigned char ocb;
        ocb = (unsigned char) oc;
        totalc += 8;
        int b;
```

```

        unsigned char ob = ocb;
        for (b = 0; b < 8; b++)
        {
            ob >>= 1;
        }
        add(&ocb, 1);
    }
    fclose(fp);
    scct1 = scct1 + scclast * sccu0;
    scct2 = scct2 * scct2;
    double scc = totalc * scct3 - scct2;

    if (scc == 0.0) {
        scc = -100000;
    } else {
        scc = (totalc * scct1 - scct2) / scc;
    }
    double cexp = totalc / 2.0; /* Expected count per bin */
    static double prob[256]; /* Probabilities per bin for entropy */
    for (int i = 0; i < 256; i++) {
        prob[i] = ((double) ccount[i]) / totalc;
    }
    for (int i = 0; i < 256; i++)
    {
        if (prob[i] > 0.0)
        {
            ent += prob[i] * log2of10 * log10(1 / prob[i]);
        }
    }
    printf("Entropy = %1.10f bits per bit.\n", ent);
    _getch();
    return 0;
}
#ifdef _WIN32
    _setmode(_fileno(fp), _O_BINARY);

```

```
#endif
    ent = 0.0;          /* entropy accumulator */
    long totalc = 0;
    sccfirst = 1;      /* Mark first time for serial correlation */
    for (int i = 0; i < 256; i++)
    {
        ccount[i] = 0;
        {
            ent += prob[i] * log2of10 * log10(1 / prob[i]);
        }
    }
    printf("Entropy = %1.10f bits per bit.\n\n", ent);
}
```

Литература:

1. <http://esrc.nist.gov/publications/PubsSPs.html> «DRAFT — SP800—90b».

Выбор оптимального сорбента для очистки эвтектического сплава свинец (44,5%) — висмут (55,5%)

Чабань Андрей Юрьевич;

Асхадуллин Радомир Шамильевич, кандидат технических наук, доцент;

Мартынов Петр Никифорович, доктор технических наук, профессор;

Китаева Наталья Константиновна, кандидат химических наук, заместитель директора по НИОКР

Обнинский центр науки и технологий (Калужская обл.)

Исследован процесс сорбционного фильтрования эвтектики свинец (44,5%) — висмут (55,5%) при 150 °С в условиях низкой термодинамической активности растворенного в жидкометаллической среде кислорода. На основании полученных кинетических данных рассчитаны коэффициенты очистки сплава свинец-висмут с помощью стеклоткани, силикагеля, цеолита, активированного угля и термоксида. Показано, что наиболее эффективным сорбентом для извлечения примесей из сплава свинец-висмут является силикагель КСМ-6.

Показано, что увеличение температуры очистки свинца-висмута с 150 °С до 250 °С с помощью силикагеля КСМ-6 приводит к значительному уменьшению степени очистки.

Ключевые слова: жидкометаллический теплоноситель, свинец-висмут, эвтектика, сорбция.

Введение

В настоящее время активно ведутся исследования по возможности извлечения из сплава свинец (44,5%) — висмут (55,5%) электроположительных и интерметаллидообразующих примесей сорбционным методом, осно-

ванным на пропускании жидкометаллической среды, содержащей примеси, через слой твердых сорбентов [1, с. 102].

Так в работе [2, с. 58] показано, что при относительно низких температурах (ниже 200 °С) и раскислении эвтектики до уровня термодинамической активности кислорода

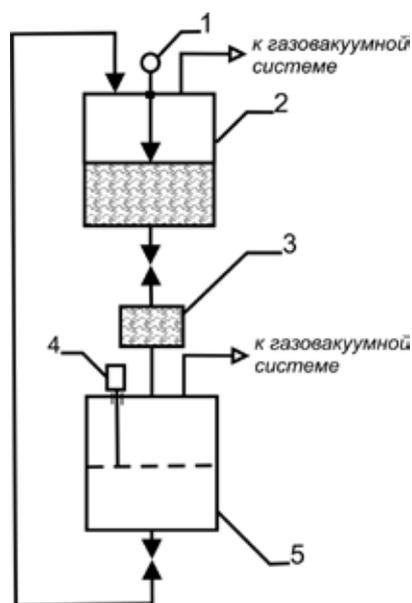


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования сорбционного фильтрования сплава свинец-висмут: 1 – датчик термодинамической активности кислорода ДАК-45; 2 – верхняя емкость; 3 – сорбционный фильтр; 4 – пробоотборник; 5 – нижняя емкость

10^{-6} силикагель КСМ-6 и цеолиты Са-А и Са-Х проявляют высокую сорбционную эффективность извлечения из свинца-висмута примесей меди и теллура. Однако в процессе эксплуатации в жидкометаллическом теплоносителе накапливает не только примеси меди и теллура, а также примеси марганца, железа, титана и др. [3, с. 278; 4, с. 125; 5, с. 142; 6, с. 11; 7, с. 63].

Целью данной работы являлось экспериментальное обоснование выбора оптимального сорбента для извлечения наибольшего количества примесей из сплава свинец-висмут, моделирующего жидкометаллический теплоноситель ядерно-энергетических установок (ЯЭУ).

Экспериментальная часть

Экспериментальная установка по изучению сорбционного процесса очистки свинцово-висмутовой эвтектики представлена на рис. 1.

В качестве сорбирующих материалов в экспериментальной установке использовали:

- силикагель КСМ-6;
- активированный уголь БАУ;
- стеклоткань МКТТ-2,2А;
- цеолит Са-Х;
- термоксид-5.

Эксперименты проводились в следующем порядке. В реакционную (верхнюю) емкость (2) установки загрузи-

жалось 3 дм³ (~31,5 кг) металлического свинца-висмута, обогащенного примесями меди, теллура, марганца, титана, алюминия и железа (концентрации примесей приведены в табл. 1). Данные элементы в качестве примесей эвтектического сплава были выбраны исходя из следующего: медь, марганец, железо и титан могут поступать в свинцово-висмутовый теплоноситель из конструкционных материалов; алюминий является генетической примесью свинца-висмута; медь может поступать в эвтектику при ее производстве (материал электродов в электролитическом синтезе свинца и висмута); теллур в свинец-висмут был введен специально с целью моделирования сорбционного извлечения полония-210 (химический аналог теллура), указанные изотопы полония могут образовываться в теплоносителе в процессе его эксплуатации в ЯЭУ.

В фильтр (3) загружался слой испытываемого сорбционного материала (стеклоткань МКТТ-2,2А, силикагель КСМ-6, активированный уголь БАУ, цеолит Са-Х и термоксид-5) массой 100 г. Установка герметизировалась и с помощью газовакуумной системы в ней производилась замена воздушной среды на инертную (аргон). Давление в газовых полостях установки поддерживалось на уровне ~1,3 атм. Затем включали нагрев элементов установки. Сплав свинец-висмут разогревали до 150 °С и при этой температуре расплавляли. До этой же температуры разогревали фильтр, нижнюю емкость (5) и все трубопроводы

Таблица 1. Концентрации примесей в сплаве свинец-висмут

Наименование	Cu	Te	Mn	Ti	Al	Fe
Концентрация, мас. %	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$6,0 \cdot 10^{-3}$

связи. После расплавления сплава температуру в реакционной емкости повышали до 450 °С. Далее включали вторичный прибор датчика активности кислорода ДАК-45 (1). Убедившись по его показаниям, что уровень термодинамической активности растворенного кислорода в сплаве соответствует 1, осуществляли замену инертной газовой среды в реакционной емкости на восстановительную водородо-аргоновую смесь с содержанием водорода ~40 об. %.

После 4 ч выдержки сплава при температуре 450 °С с помощью газовакуумной системы производили замену восстановительной среды снова на инертную. Давление аргона в реакционной емкости составляло ~1,3 атм. Затем осуществляли термоциклирование свинца-висмута, заключающееся в последовательных снижениях и подъемах температуры сплава в диапазоне температур 350–450 °С.

По данным вторичного прибора ДАК-45 определяли достигнутый уровень раскисления. В случае, когда в восстановленном свинце-висмуте полученное значение термодинамической активности растворенного кислорода превышало 10^{-5} , операцию по регенерации сплава повторяли согласно описанной выше последовательности. Если достигнутый уровень термодинамической активности растворенного кислорода в эвтектике был ниже 10^{-5} , то далее снижали температуру сплава в реакционной емкости до 150 °С. Затем, сбросив избыточное давление в фильтре и нижней емкости, с помощью газовакуумной системы осуществляли прокачивание сплава по линии «реакционная емкость – фильтр – нижняя емкость». При этом фиксировали время фильтрования. Далее с помощью пробоотборника (4), не нарушающего герметичность установки, отбирали пробу очищаемого сплава. Затем с помощью газовакуумной системы возвращали эвтектику в реакционную емкость. По указанной схеме было проведено четыре цикла фильтрования, после чего очищенная эвтектика извлекалась из установки. Отобранные в ходе эксперимента пробы свинец-висмут анализировались химико-спектральным методом на содержание контролируемых примесей.

По результатам химико-спектрального анализа проб сплава свинец-висмут, подвергавшегося сорбционной очистке строили кинетические зависимости $C = f(\tau)$, где

C – содержание контролируемой примеси в эвтектике; τ – время очистки.

Из полученных зависимостей рассчитывали интегральный коэффициент очистки сплава (ψ):

$$\psi = \frac{C_0}{C_p},$$

где C_0 – исходное содержание примеси в эвтектике, мас. %; C_p – равновесное (остаточное) содержание примеси после очистки, мас. %.

Результаты и их обсуждение

Кинетики сорбции примесей из эвтектического сплава свинец-висмут различными сорбентами представлены на рис. 2–6.

Математическая обработка данных рис. 2–6 показала, что кинетика изменения содержания примесей в эвтектике может быть описана уравнением первого порядка

$$\frac{dC}{d\tau} = -k \cdot (C - C_p),$$

где k – константа скорости сорбции, c^{-1} .

Сравнительный анализ рис. 2–6, приведенный в табл. 2, показал, что изучаемые сорбенты проявляют разную селективность извлечения примесей из эвтектического сплава.

Так, силикагель КСМ-6 лучше других сорбционных материалов извлекает из свинца-висмута примеси меди и теллура. Стеклоткань МКТТ-2,2А более эффективна в отношении примеси титана и железа. Термоксид-5 несколько уступает силикагелю в эффективности извлечения примеси меди, но наилучшим образом извлекает примеси алюминия.

Активированный уголь БАУ и цеолит Са-Х в отличие от других сорбентов менее эффективно извлекают примеси из свинца-висмута, но при этом указанные сорбенты обладают приблизительно одинаковой селективностью по отношению к изучаемым примесям.

Такое различие сорбционных материалов в селективности извлечения примесей из эвтектики связано как с различием в состоянии примесей в свинце-висмуте при температуре очистки, так и с различием в полярности и пористой структуре сорбентов.

Таблица 2. Сравнение селективности сорбционной очистки свинца-висмута от примесей

Примесь	Сорбент				
	стеклоткань МКТТ-2,2А	силикагель КСМ-6	цеолит Са-Х	активированный уголь БАУ	термоксид-5
Cu	1,4	3,3	1,4	1	2,5
Te	1,3	2,3	1,2	1,4	1
Mn	2,5	2	1,3	2,2	2,2
Ti	20	1,3	1,3	1,4	6,3
Al	1,1	1,3	1,7	1,1	3
Fe	2	1,3	1,2	1,2	1,2

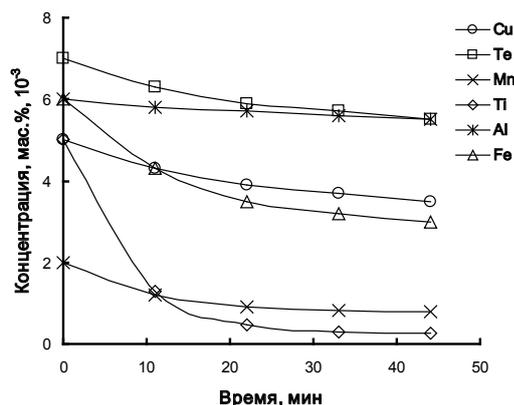


Рис. 2. Кинетика сорбционной очистки свинца-висмута при температуре 150 °С с помощью стеклоткани МКТТ-2,2А

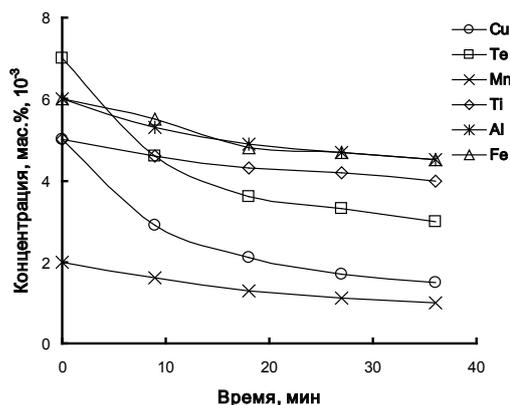


Рис. 3. Кинетика сорбционной очистки свинца-висмута при температуре 150 °С с помощью силикагеля КСМ-6

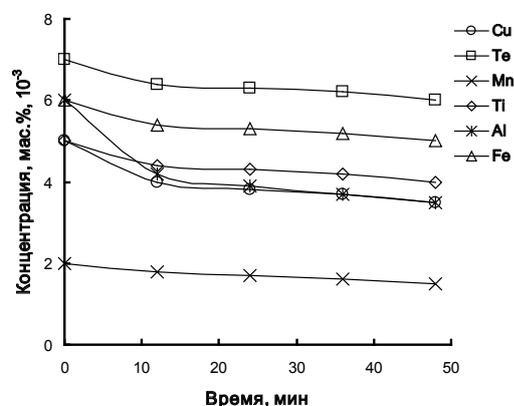


Рис. 4. Кинетика сорбционной очистки свинца-висмута при температуре 150 °С с помощью цеолита Са-Х

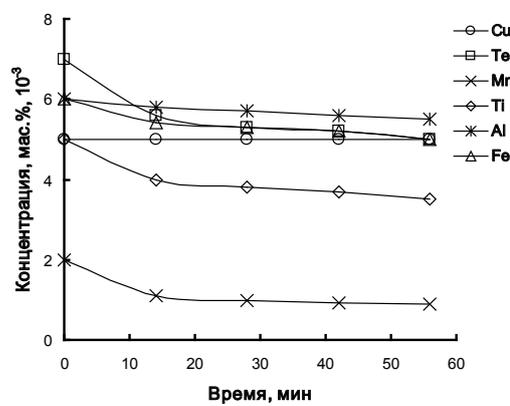


Рис. 5. Кинетика сорбционной очистки свинца-висмута при температуре 150 °С с помощью активированного угля БАУ

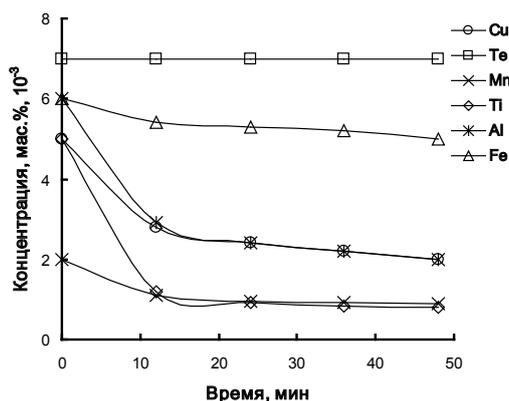


Рис. 6. Кинетика сорбционной очистки свинца-висмута при температуре 150 °С с помощью термоксида-5

Согласно данным о растворимости меди, теллура, марганца, алюминия, титана и железа в свинце-висмуте при 150 °С [3, с. 155], примеси титана и железа при исходном содержании на уровне $n \times 10^{-3}$ мас. % находятся в избыточной твердой фазе в высокодисперсном состоянии, а остальные примеси при тех же условиях — в растворенной форме. То есть удаление примесей титана и железа будет происходить за счет механической фильтрации, для которой основное

значение будет иметь поровая структура сорбционного материала, а удаление остальных примесей будет происходить за счет сорбции, для которой основное значение будет иметь химическая природа поверхности сорбента.

Так, хорошо доступная поровая структура стеклоткани МКТТ-2,2А (плетеная волоконная текстура) позволила данному материалу наиболее эффективно удалять из эвтектики примеси титана и железа, в связи с чем, можно

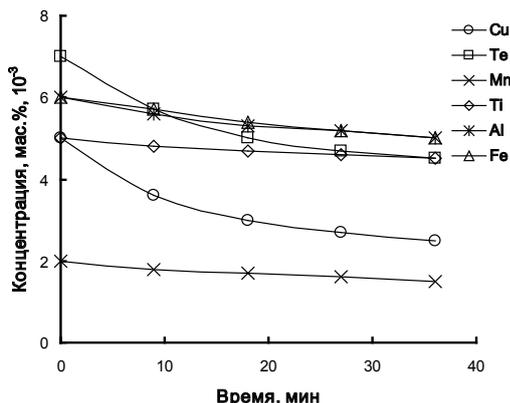


Рис. 7. Кинетика сорбционной очистки свинца-висмута при температуре 200 °С с помощью силикагеля КСМ-6

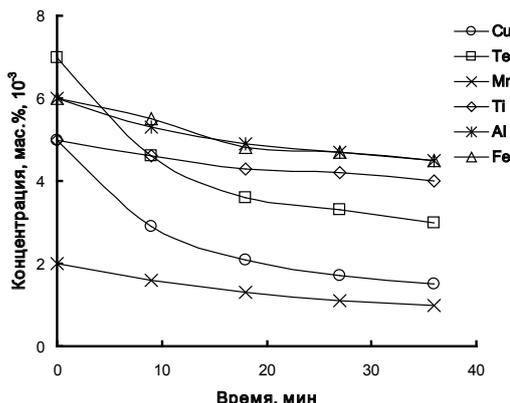


Рис. 8. Кинетика сорбционной очистки свинца-висмута при температуре 250 °С с помощью силикагеля КСМ-6

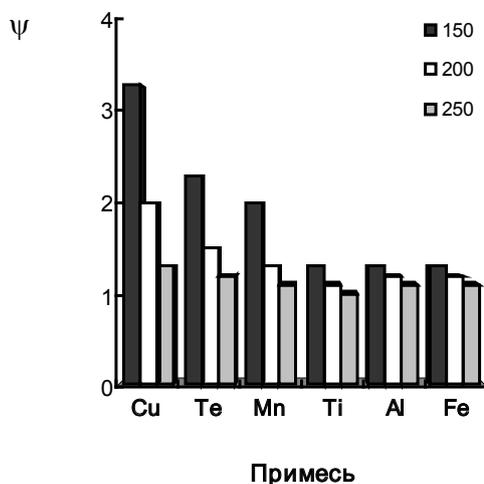


Рис. 9. Селективность очистки свинца-висмута от примесей с помощью силикагеля КСМ-6 при разных температурах

рекомендовать применение стеклоткани для очистки свинца-висмута от взвешенных примесей.

Преимущества сорбционных свойств силикагеля КСМ-6 по отношению к растворенным примесям меди и теллура объясняются, с одной стороны, присутствием на поверхности силикагеля отрицательно заряженных силанольных групп, способных притягивать положительно заряженные ионы примесей, с другой стороны, большой величиной удельной поверхности за счет развитой пористой структуры, что также повышает сорбционную эффективность силикагеля.

Цеолит Са-Х, как и активированный уголь БАУ, в отличие от силикагеля имеет поры меньшего размера, к тому же цеолит еще и плохо смачивается.

Таким образом, для сорбционной очистки жидкометаллической среды, т.е. для удаления из нее растворенных примесей, наиболее эффективным сорбентом является силикагель КСМ-6. Поэтому в работе также было изучено влияние температуры процесса на эффективность сорбционной очистки эвтектики свинец-

висмут с помощью силикагеля КСМ-6.

На рис. 7 и 8 приведена кинетика сорбционной очистки сплава свинец-висмут от примесей с помощью силикагеля КСМ-6 при температурах 200 и 250 °С. На рис. 9 приведен сравнительный анализ селективности извлечения примесей из эвтектического сплава с помощью силикагеля КСМ-6 при трех разных температурах.

Как видно из данных рис. 9 увеличение температуры сорбционной очистки эвтектики свинец-висмут с 150 °С до 250 °С приводит к уменьшению селективности очистки.

Таким образом, 150 °С является оптимальной температурой сорбционной очистки от растворенных примесей сплава свинец-висмут с помощью силикагеля КСМ-6.

Заключение

Проведено исследование процесса сорбционной очистки эвтектического сплава 44,5% Рb — 55,5% Вi в условиях низкой термодинамической активности растворенного кислорода.

В результате сравнительных испытаний стеклоткани МКТТ-2,2А, силикагеля КСМ-6, цеолита Са-Х, активированного угля БАУ и термоксида-5 при 150 °С установлено, что для сорбционной очистки свинца-висмута от примесей меди, теллура, марганца, титана, алюминия и железа, находящихся в эвтектике в растворенной форме на исходном уровне $n \cdot 10^{-3}$ мас.%, наиболее эффективным сорбентом является силикагель КСМ-6.

Показано, что оптимальной температурой сорбционной очистки с помощью силикагеля КСМ-6 является 150 °С.

В дальнейших исследованиях предлагается для увеличения эффективности сорбционной очистки свинца-висмута исследовать влияние добавки в силикагель комплексообразователя для более полного извлечения растворенных примесей.

Литература:

1. Асхадуллин Р.Ш. Сорбционная очистка жидкометаллических теплоносителей ядерных установок: Галлий, свинец-висмут, свинец. Дис. канд. техн. — Обнинск, 1997. — 161 с.
2. Мартынов П.Н., Орлов Ю.И., Русанов А.Е., Симаков А.А., Асхадуллин Р.Ш., Сысоев Ю.М., Скворцов Н.С. Твердофазный метод регулирования заданной термодинамической активности кислорода в свинцовом теплоносителе // Труды международного семинара «Теплофизические свойства веществ» 11–15 июня. Нальчик: КБГУ, 2001. — 116 с.
3. Теплофизические и физико-химические свойства жидкометаллических теплоносителей: Справочный материал. — Обнинск: ФЭИ, 1992. — 335 с.
4. Мартынов П.Н., Лаврова О.В., Иванов К.Д. Примеси в теплоносителях свинец и свинец-висмут. Доклад на конференции «Тяжелые жидкометаллические теплоносители в ядерных технологиях», Обнинск, 2003, с. 122–130.
5. Ефанов А.Д., Иванов К.Д., Мартынов П.Н. Технология свинцово-висмутового теплоносителя на ЯЭУ первого и второго поколений // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. № 1, 2007. — с. 138–144.
6. Асхадуллин Р.Ш., Мартынов П.Н., Сысоев Ю.М. и др. Сорбционное фильтрование электроположительных примесей из галлиевого расплава. Обнинск: ГНЦ РФ ФЭИ, Т. 2447, 1995. — 23 с.
7. Асхадуллин Р.Ш., Мартынов П.Н., Симаков А.А., Сысоев Ю.М. Галлий как возможный жидкометаллический теплоноситель нейтроногенерирующих мишеней // Труды международного семинара «Теплофизические свойства веществ» 11–15 июня. Нальчик: КБГУ, 2001. — 133 с.

БИОЛОГИЯ

Особенности спектров мощности ЭЭГ при переживании чувства страха

Спиридонова Мария Дмитриевна, учитель биологии
МБОУ «Гимназия №83» (г. Ижевск)

Страх — это неотъемлемая часть жизни каждого из нас. Страх является эмоцией большой силы, которая оказывает заметное влияние на восприятие, мышление и поведение индивида.

Нормальный страх имеет биологическую значимость, так как охраняет нас от многих опасностей, без чувства страха мы оказались бы легко уязвимы. Страх средней степени даже полезен, потому что готовит человека к столкновению с реальными опасностями и будущими ограничениями.

Высшая форма страха — ужас — дезорганизует поведение человека, сопровождается подавленным состоянием, депрессией и может перейти в фобию.

Вопрос о страхе оставался и остаётся в центре внимания практикующих аналитиков, которые за это время, не пришли к единому и окончательному решению этого вопроса, но сумели задать его таким образом, чтобы дать повод для дальнейшего размышления, а не поставить в нём точку.

Эмоциональные состояния человека находят отражение в электроэнцефалограмме головного мозга (ЭЭГ) скорее всего в изменении соотношения основных ритмов: дельта, тета, альфа и бета. Изменения ЭЭГ, характерные для эмоций, наиболее отчетливо возникают в лобных областях. По некоторым данным отрицательные эмоциональные состояния сопровождаются усилением альфа-активности в правом и усилением дельта-активности в левом полушарии [1].

Первые исследования электрической активности показали, что энцефалограмма головного мозга складывается из ритмических процессов. Ганс Бергер зарегистрировал в 1929 г [2] электроэнцефалограмму (ЭЭГ) человека, выделив альфа- и бета-ритмы. Во всех аналогичных работах обращалось внимание на доминирующие частоты, а малоамплитудные, как правило уходили из поля зрения исследователей. Среди всех ритмов ЭЭГ наиболее вероятно отражение знака эмоционального реагирования в альфа-, бета- и тета-ритме.

Что касается *альфа-ритма* (частота 8–13 Гц), есть мнение, что он генетически обусловлен и высоко индиви-

дуализирован. В некоторых исследованиях было установлено, что альфа-ритм подавляется при эмоциональных переживаниях [3], а смена его на дельта-ритм отражает развитие стрессовой реакции. Другие данные свидетельствуют о специфичности отражения различных эмоций в мощности альфа-ритма. Например, такой результат был получен Костюниной и Куликовым, которые исследовали частотные характеристики спектров ЭЭГ при воображении испытуемым различных эмоций. Они получили следующие данные: при «страхе» и «горе» происходит подавление альфа-ритма, а при «радости» и «гневе» — возрастание [4]. *Бета-ритм* (частота 18–30 Гц) значительно усиливается при различных видах деятельности, связанных с активацией рабочих механизмов мозга. Есть мнение, что наиболее сильное увеличение мощности бета-ритма происходит при стрессе [5]. В работах Афанаса с соавторами (Афанас L. I., 2005) было показано, что некоторые особенно интенсивные эмоции — отвращение и страх — вызывают соответственно десинхронизацию в полосе альфа-2 (10–12 Гц) и бета-1 (12–18 Гц) ритмики и изолированно бета-1 ритмики в височных областях правого полушария. Видимо, таким образом отражается роль неспецифической активации в осуществлении эмоциональной реакции. Также было зафиксировано усиление бета-активности при предъявлении больным объекта фобии [6]. *Тета-ритм* (4–8 Гц). Вопрос о функциональном значении тета-ритма по настоящее время является предметом дискуссий. Однако существуют факты, позволяющие рассматривать этот ритм как показатель состояния психофизиологической направленности человека, индикатор эмоционального возбуждения, «ритм напряжения» [7]. Несмотря на недостаточность сведений о функциональном значении частоты тета-ритма, есть основания связывать рост этого показателя с процессами снижения торможения (или роста возбуждения). Тета-ритм особым образом связан с процессом запоминания, так как одной из структур, генерирующих тета-ритм, является гиппокамп, участвующий в процессе формирования следов долговременной памяти. В гиппокампе тета-ритм имеет максимальную амплитуду и вы-

раженность. Фактически, в экспериментах по «обусловливанию страха» тета-активность (4–7 Гц) охватывает амигдаларно-гиппокампальные пути. Тем не менее, эта активность совпадает во времени исключительно с образованием условного рефлекса, а не при актуализации аффективной памяти или поведенческом проявлении страха. *Дельта-ритм* (0,5–4 Гц) проявляется отчетливо при тормозных состояниях коры и опухолях мозга. Существуют также данные об изменении *гамма-ритма* (30–90 Гц) под влиянием эмоциональных реакций. Так было показано асимметричное изменение в гамма-ритме при предъявлении положительной, отрицательной и нейтральной эмоциогенной стимуляции [6]. Мощность ритмики 30–50 Гц была максимальной в теменных отведениях при отрицательной стимуляции. Также отмечено усиление гамма-ритма в лобных отведениях при эмоциональной стимуляции безотносительно знака. Усиление гамма-ритма в левой лобной доле при предъявлении испытуемым объекта фобии [6] может объясняться общим изменением уровня активации, с дополнительным участием таламуса. Таким образом, по данным разных авторов эмоциональные реакции, состояния тревожности, напряженности и стресса находят свое отражение во всем частотном диапазоне ЭЭГ. Как отмечает Русалова (1998), можно говорить об определенных паттернах ритмики ЭЭГ, специфичных для различных эмоций.

На базе Удмуртского государственного университета были проведены исследования по изучению особенностей спектров мощности ЭЭГ при переживании чувства страха.

Цель данной работы — изучение нейрофизиологических механизмов переживания чувства страха у лиц с различным уровнем страха.

Исследование выполнялось на 43 здоровых испытуемых студентах девушках в возрасте от 19 до 32 лет. Регистрация ЭЭГ при помощи Электроэнцефалографа — анализатора ЭЭГ — 21/26 «Энцефалан — 131-03». В качестве показателя степени эмоционального напряжения использовали увеличение частоты сердечных сокращений. Для записи ЭКГ применяли 2-е стандартное отведение. Запись ЭЭГ, сопровождающаяся эмоциональным переживанием отрицательного характера, основанная на модели ожидания болевого раздражения электрическим током. Также запись ЭЭГ производилась в состоянии покоя (без болевых раздражений) до болевого раздражения током — фон и после болевого раздражения — последствие. А именно проводилась регистрация ЭЭГ по 21 отведению, запись производилась монополярно. Индифферентный электрод располагался на мочке уха. Регистрировали электрические потенциалы мышц, управляющие движениями глаз с помощью электроокулограммы (ЭОГ).

Такая методика была выбрана неслучайна. Боль — первый и важнейший из естественных активаторов страха. Любой объект, событие или ситуация, связанные с переживанием боли, могут стать условными стимулами, повторная встреча с которыми напоминает индивиду о прошлой ошибке и о переживании боли. О специфич-

ности эксперимента испытуемому сообщалось непосредственно перед самим исследованием.

Результаты настоящего исследования позволили выявить различное отражение в ЭЭГ амплитудных характеристик при переживании негативных эмоций (страх, испуг, тревога). В классическом варианте в результате исследования у испытуемых вследствие переживания чувства страха должно наблюдаться торможение ЦНС (уменьшение мощности бета-ритма, увеличение мощности дельта-ритма).

В проведенном исследовании получилось, что испытуемые переживают различные эмоции. Картина распределения мощности не говорит об однозначном чувстве страха. В полученные результаты не указывают на процессы ярко вызывающие торможение ЦНС по сравнению с фоном и последствием (ПД) (см. рис. 1).

Альфа-ритм традиционно рассматривался как ритм покоя, ритм «холостого хода» [3]. Однако, как показали многочисленные исследования, колебания мощности в α -полосе могут дать ценную информацию не только для оценки функционального состояния мозга, но и об изменении активности соответствующих мозговых образований, вовлеченных в определенную деятельность [8]. В получившихся результатах происходит уменьшение мощности α -ритма (α_1 , α_2 , α_3) в пробах по сравнению с фоном, говорит о неспецифическом росте активации ЦНС. На ряду с этим происходит *уменьшение Тета-ритма*, что скорее всего также указывает на повышение уровня неспецифической активации ЦНС.

Увеличение Дельта-ритма говорит о развитии в ЦНС тормозных процессов, *уменьшение мощности Бета-ритма* также свидетельствует о торможении ЦНС. В итоге на фоне роста неспецифической активности ЦНС, активность коры снижается.

На основании данных о природе электрической активности мозга (а именно, в общих чертах: более быстрые волны (бета, альфа) генерируются в более поверхностных структурах мозга, более медленные (тета, дельта) в более глубоких, кроме того, известно, что кора принимает участие в модуляции всех корковых ритмов), можно сказать, что снижение мощности альфа ритма и рост мощности дельта ритма при переживании чувства страха отражает реакцию активации. Учитывая локализацию в центральных областях, эти изменения можно интерпретировать как усиление активности подкорковых лимбических структур. Скорее всего в данном случае испытуемые испытывают страх, который побуждает к действию, т. к. происходит активация подкорковых структур и некоторые признаки торможения коры больших полушарий. В связи с этим страх, который испытывают испытуемые побуждает их на моторные действия, т. е. активация избегания из той ситуации, в которую они попали.

Страх диктует стратегию поведения в сложных опасных ситуациях. Он отражается в смене настроения и влияет на мотивацию и поведение, обеспечивает сохранение организма от потенциальной или реальной опасности.

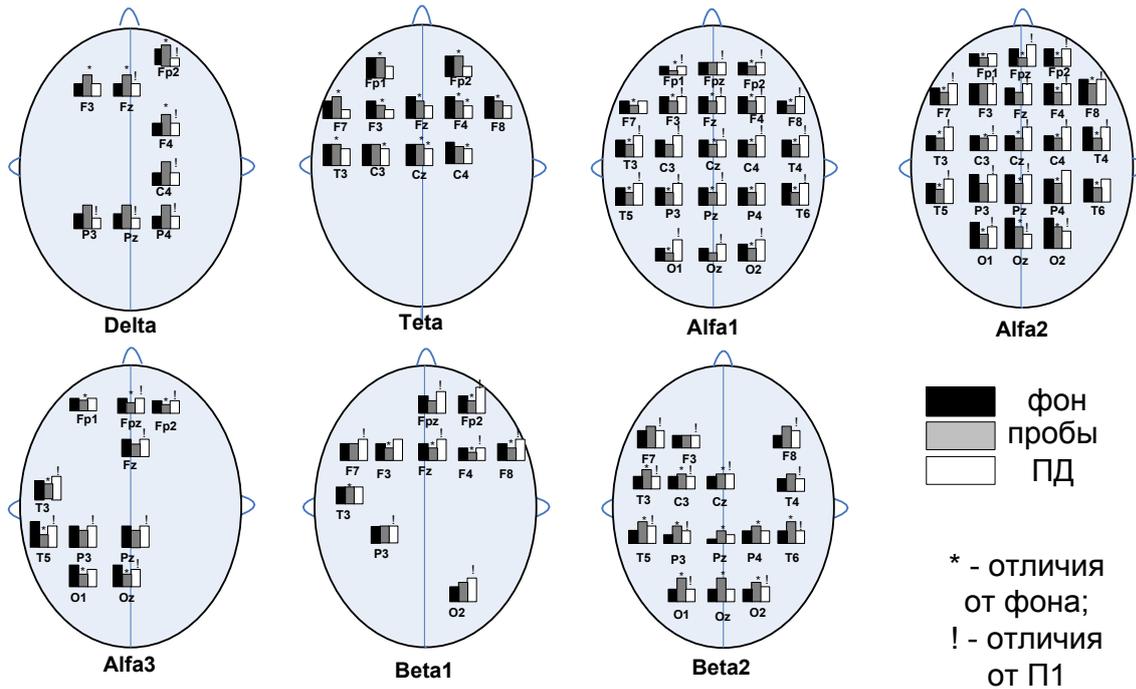


Рис. 1. Изменение значений мощности ЭЭГ при исследовании реакции страха

Литература:

1. Беленков Н. Ю., Вальдман А. В. Экспериментальная нейрофизиология эмоций. «Наука» Ленинград 1972.
2. Hinrichs H., Mashleidt W. Basic emotions reflected in EEG-coherences / Int. J. Psychophysiology. 1992 v.13
3. Коган А. Б. Выражение процессов ВНД в электрических потенциалах коры мозга при свободном поведении животного // ЭЭГ исследования ВНД. М.: АН СССР, 1962.
4. Костюнина М. Б., Куликов М. А. Частотные характеристики спектров ЭЭГ при эмоциях // Журнал ВНД 1995. Т. 45. № 3
5. Ильюченко И. Р. Различия частотных характеристик ЭЭГ при восприятии положительно- эмоциональных, отрицательно-эмоциональных и нейтральных слов // Журнал ВНД. 1996 Т. 46. № 3
6. Хомская Е. Д., Батова Н. Я. Мозг и эмоции (нейропсихологическое исследование). М.: Изд-во МГУ, 1992.
7. Анохин П. К. Эмоции. — БМЭ, 2-е изд., 1964, т. 35
8. Русалова М. Н., Костюнина М. Б. Отражение в межполушарном распределении частотно-амплитудных показателей ЭЭГ силы эмоционального переживания // Физиология человека. 2000. Т. 26. № 1.

МЕДИЦИНА

Проблемы кадровой политики в оказании амбулаторно-поликлинической помощи

Баянова Наталья Александровна, кандидат медицинских наук, старший преподаватель
Оренбургская государственная медицинская академия

Смирнова Светлана Алексеевна, заместитель главного врача по медицинской части, врач-психиатр
ГУЗ «Областная психиатрическая больница № 2» (г. Оренбург)

Совершенствование амбулаторно-поликлинической службы широко обсуждается организаторами общественного здравоохранения на протяжении последних 20 лет в поиске оптимального пути развития и рационального внедрения с минимальными потерями многолетнего опыта территориально-участкового принципа обслуживания населения. Организация участковой службы оценивается с критических позиций как населения, так и самих специалистов, работающих в этой системе, особенно представляет планово-организационный интерес для руководителей сравнительный аспект в условиях модернизации первичного звена. Именно от состояния амбулаторно-поликлинической помощи зависят эффективность и качество деятельности всей системы здравоохранения, а также решение многих медико-социальных проблем [1]. Первичное звено должно обеспечить гарантированный минимум медицинской, психологической и социальной помощи, доступность медицинских и социальных услуг, комплексность обслуживания, координацию с другими службами здравоохранения, непрерывность наблюдения за ведением пациентов, их информированность о состоянии здоровья, методах лечения, ожидаемых результатах и т. д. [2]. Развитие амбулаторно-поликлинической службы являлось одним из главных элементов приоритетного национального проекта «Здоровье»: укрепление первичного звена здравоохранения и повышение роли участковой службы, используя метод экономического стимулирования. В условиях модернизации, по-нашему мнению, не был учтен компонент «психологической устойчивости» специалистов участковой службы, а также не предусматривался элемент повышения престижа участкового врача, что в дальнейшем привело к изменениям показателей кадровых ресурсов.

Нами проведен анализ и дана оценка показателей штатов участковой службы г. Оренбурга в динамике за 2008–2011 гг. Проведено анкетирование студентов медицинского ВУЗа с выявлением заинтересованности бу-

дущих специалистов в желании работать участковым врачом.

Для анализа оценки показателей использовались информационно-аналитические сборники о состоянии здоровья населения и деятельности муниципальных ЛПУ г. Оренбурга в 2008–2011 гг. При анкетировании студентов использовалась специально разработанная анкета на основе методологических принципов проведения социологических исследований, предложенная А. В. Решетниковым [3].

Экономическое стимулирование участковых врачей в рамках Национального проекта «Здоровье» по данным официальной статистики отдела автоматизации управления здравоохранения администрации г. Оренбурга привело к 100% укомплектованности участковой службы города на конец 2006 года, сохраняя этот показатель в течение следующего года. Появились врачи на участках частного типа расселения, а также отдаленного от поликлиники более среднего радиуса обслуживания учреждения, население которых не имело постоянного врача более 7 лет. Далее на фоне снижающейся численности взрослого населения, следовательно и снижающегося количества территориальных участков, происходит снижение и показателя укомплектованности участковыми терапевтами (до 92,1% в 2011 г.) и до 96,8% снизился показатель укомплектованности участковыми педиатрами, сопровождающейся высокой текучестью молодых специалистов. Объясняют увольнение врачи нахождением другого места работы с другими условиями труда в 44,3% случаях, невозможностью справиться с высокой нагрузкой и большим объемом работы — 32,9%.

Нами проведено анкетирование студентов 5 курса лечебного и педиатрического факультетов в 2007 г. (297 студентов) и 2013 г. (312 студентов) после прохождения летней производственной практики в поликлиниках области на производственных базах. За период прохождения студенты ознакомились с организацией работы поликлиники медицинского учреждения, с организацией

работы персонала медицинского учреждения, с медицинской документацией, с формами и методами повышения квалификации врачебного и сестринского персонала поликлиники в условиях реальной работы медицинской организации. Студенты имели возможность сравнить теоретическую информацию, ранее полученную на цикле по курсу общественное здоровье и здравоохранение, и реализации нормативно-организационных документов на практике, абсолютно не обремененные зависимостью от руководства, приближенные к уровню экспертной оценки с позиции населения и врача одновременно и с максимально информирование в вопросах модернизации общественного здравоохранения. Так как анкетирование носило пилотажный характер, нами не учитывался уровень подготовки студента (успеваемость по основным специальностям).

В 2007 году на вопрос «Хотите ли Вы работать участковым терапевтом (педиатром)», «нет» ответило 87,7% респондентов. Рассматривают как вариант, если не найдут

другую должность 32,4% из выбравших отрицательный ответ. Принадлежность к факультетам не имела существенных различий в ответах, поэтому нами представляется в виде показателей от общего числа респондентов. Результаты опроса 2013 года поразили отсутствием минимальной заинтересованности: 99,4% респондентов не хотят работать участковыми врачами (всего 2 студента дали положительный ответ). Заинтересовывает денежное стимулирование 30,4% опрошенных студентов, 92,6% респондентов высказали интерес к условиям труда. Из негативного влияния на ответ в выборе должности участкового врача среди всех вариантов ответов студенты ставили на 1-е место отсутствие престижа профессии (52,4%), на 2-е место — высокой нагрузке (23,4%) и 3-е место занял ответ «Это не мое» (11,4%).

Результаты анализа показателей укомплектованности кадрами, а также данных анкетирования убеждают в необходимости пересмотра и поиска механизмов, обеспечивающих повышение престижа участкового врача.

Литература:

1. Ключовкин К. С. Научное обоснование совершенствования организации, планирования и финансирования амбулаторно-поликлинической помощи в крупном городе: диссертация... доктора медицинских наук. — Санкт-Петербург, 2009. — 342 с.: ил.
2. Ростовцева Н. Ю. Роль участковой терапевтической службы в повышении качества амбулаторно-поликлинической помощи населению: диссертация... кандидата медицинских наук. — Красноярск, 2004. — 198 с.
3. Решетников А. В. «Социология медицины»: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 864 с.

Особенности психических расстройств и расстройств поведения в структуре заболеваемости Оренбургской области

Борщук Евгений Леонидович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой;
Оренбургская государственная медицинская академия

Тубольцев Александр Александрович, врач-психиатр
ГУЗ «Областная психиатрическая больница № 2» (г. Оренбург)

Психические расстройства и расстройства поведения являются стресс-ассоциированной группой заболеваний, негативно влияющей не только на соматическое здоровье человека, но и на окружающих, обуславливая особую актуальность проблемы. До 40% населения имеют признаки какого-либо нарушения психической деятельности [1]. На долю лиц, нуждающихся в систематической психиатрической помощи, приходится 3–6% населения, а наиболее тяжелые пациенты составляют 0,3–0,6% [2]. Минимум 5% населения страдает хроническими психическими расстройствами и нуждается в постоянном наблюдении психиатра [3]. В любой момент времени явные психические расстройства имеются у 12–15% населения [4]. Психические расстройства и расстройства поведения выявляются у 25–30% людей, об-

ращающихся за помощью в поликлиники и амбулатории (т. е. в первичное звено здравоохранения) [5]. Показатель первичной заболеваемости психическими расстройствами служит косвенной характеристикой социального расслоения общества и нарушения адаптивных механизмов психики индивидуума [6].

Цель исследования: изучение заболеваемости психических расстройств и расстройств поведения в Оренбургской области с выявлением особенностей тенденции показателя.

Объекты и методы анализа. Изучена и обработана статистическая информация, полученная методом выкопировки данных из официальных Статистических ежегодников Оренбургской области территориального органа Федеральной службы государственной статистики

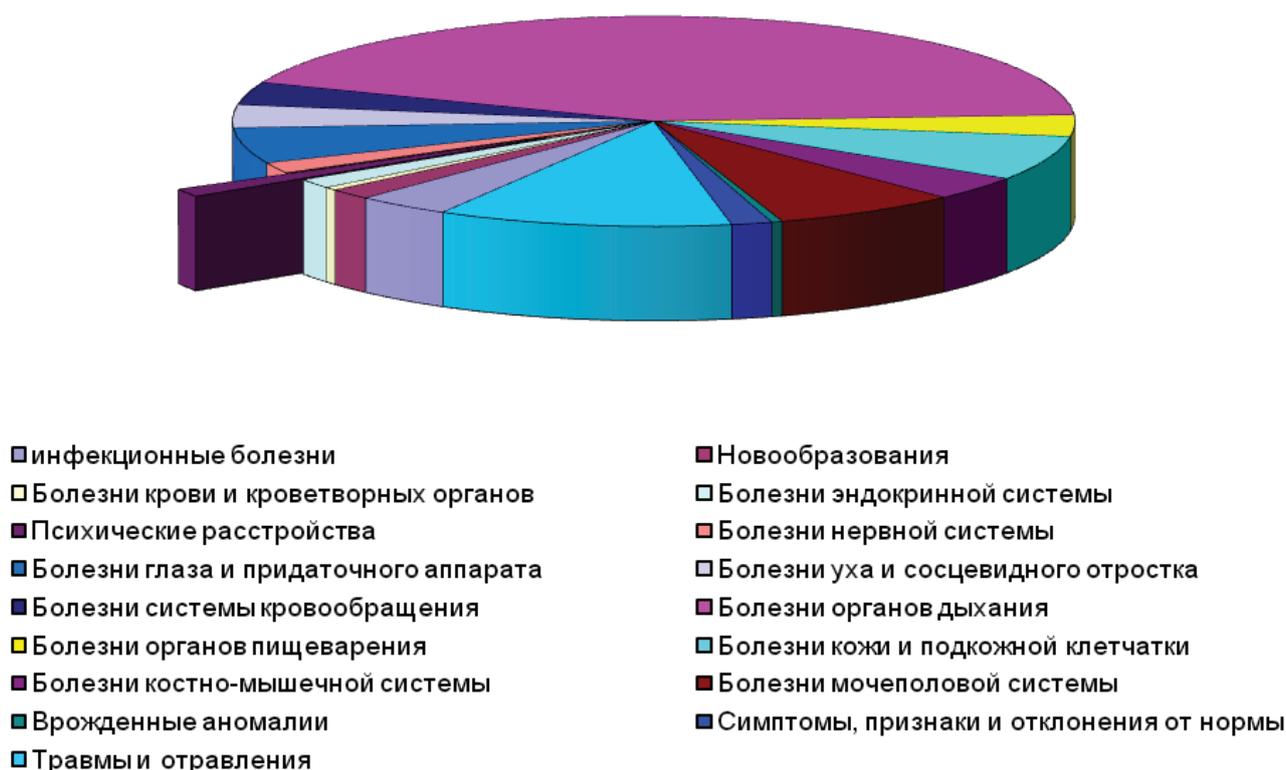


Рис. 1. Структура первичной заболеваемости населения Оренбургской области в 2011 году

по Оренбургской области за десятилетний период (2002–2011 гг.). Использовался метод построения динамических рядов и линии экспоненциального тренда.

По уровню первичной заболеваемости, которая составляла в 2011 году 851,9 на 1000 человек населения, Оренбургская область занимала 7 ранговое место в Приволжском Федеральном округе (ПФО). Первые три ранговые позиции в структуре первичной заболеваемости всего населения Оренбургской области в 2011 году занимают болезни органов дыхания (41,5%), травмы и отравления (10,9%), болезни мочеполовой системы (6,9%). Такое распределение не меняется за последний пятилетний период. Психические расстройства и расстройства поведения в структуре первичной заболеваемости Оренбургской области всего населения занимают 13 место, опережая лишь болезни крови и кроветворных органов (14 место) и врожденные аномалии (15 место) (рис. 1). Но этот факт не свидетельствует об отсутствии медико-социальной значимости психических расстройств и расстройств поведения.

По используемым нами данным анализа трехлетней динамики первичной заболеваемости по всем классам болезней, выявлены некоторые особенности тенденций интенсивного коэффициента. Среди всех классов болезней, учитываемых в официальной статистической отчетной и аналитической документации, психические расстройства и расстройства поведения являются единственным классом болезней, имеющих тенденцию к росту показателя, наряду с болезнями, в уровнях которых замети-

лась тенденция к снижению. Это инфекционные болезни, болезни крови и кроветворных органов, болезни эндокринной системы, болезни нервной системы, болезни кожи и подкожной клетчатки, болезни костно-мышечной системы, болезни мочеполовой системы, травмы и отравления, а также симптомы, признаки и отклонения от нормы. Остальные классы болезней имеют неопределенный характер тенденции показателя, отражаясь скачкообразными значениями уровня (таблица 1).

Наиболее показательную оценку психического здоровья и психического потенциала населения территории дает снижение или рост число лиц взятых под наблюдение по поводу психических расстройств и расстройств поведения впервые. Динамика взятых под наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания в Оренбургской области представлена на рисунке 2.

Наименьшее число взятых под наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания за десятилетний период отмечен в 2003 году (1456 человек), максимальное — в 2008 году — 2032 человека, что на 576 человек больше по сравнению с 2003 годом. Среднее число лиц ежегодно взятых под наблюдение больных по поводу психических заболеваний за десятилетний период составляет 1758 человек. Абсолютный прирост наблюдался с 2004 по 2008 годы, со средним ежегодным приростом 115 человек, абсолютная убыль наблюдалась в 2003, 2009, 2010, 2011 годах.

Таблица 1. Динамика первичной заболеваемости по всем классам болезней среди всего населения Оренбургской области с выделением характера тенденции значений показателя

Классы болезней	2009	2010	2011	Тенденция
Всего	867,6	826,1	850,4	не определена
Инфекционные болезни	33,8	30,0	29,9	снижение
Новообразования	13,4	12,6	14,0	не определена
Болезни крови и кроветворных органов	5,2	4,6	4,1	снижение
Болезни эндокринной системы	13,0	12,2	12,2	снижение
Психические расстройства	9,8	9,9	10,4	рост
Болезни нервной системы	14,8	14,3	13,7	снижение
Болезни глаза и его придаточного аппарата	48,9	41,3	45,3	не определена
Болезни уха и сосцевидного отростка	28,0	26,2	28,5	не определена
Болезни системы кровообращения	27,1	27,0	28,5	не определена
Болезни органов дыхания	338,5	318,5	352,5	не определена
Болезни органов пищеварения	29,4	31,1	27,3	не определена
Болезни кожи и подкожной клетчатки	60,3	56,6	55,8	снижение
Болезни костно-мышечной системы	34,1	32,5	30,4	снижение
Болезни мочеполовой системы	62,0	59,0	58,8	снижение
Врожденные аномалии	3,9	4,3	3,7	не определена
Симптомы, признаки и отклонения от нормы	17,3	17,0	13,0	снижение
Травмы и отравления	96,2	96,9	92,8	не определена

Динамика интенсивного коэффициента числа взятых под наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания (на 100 000 человек населения) наиболее значима для сравнительного ежегодного анализа первичной заболеваемости психических расстройств и расстройств поведения (Рис. 3).

Динамика интенсивного коэффициента числа взятых под наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания соответствует таковой в абсолютных значениях. Как показано на рисунке 3 линией экспоненциального тренда, наметилась тенденция к росту этого показателя, а, следовательно, и к росту числа больных, взятых под наблюдение больных

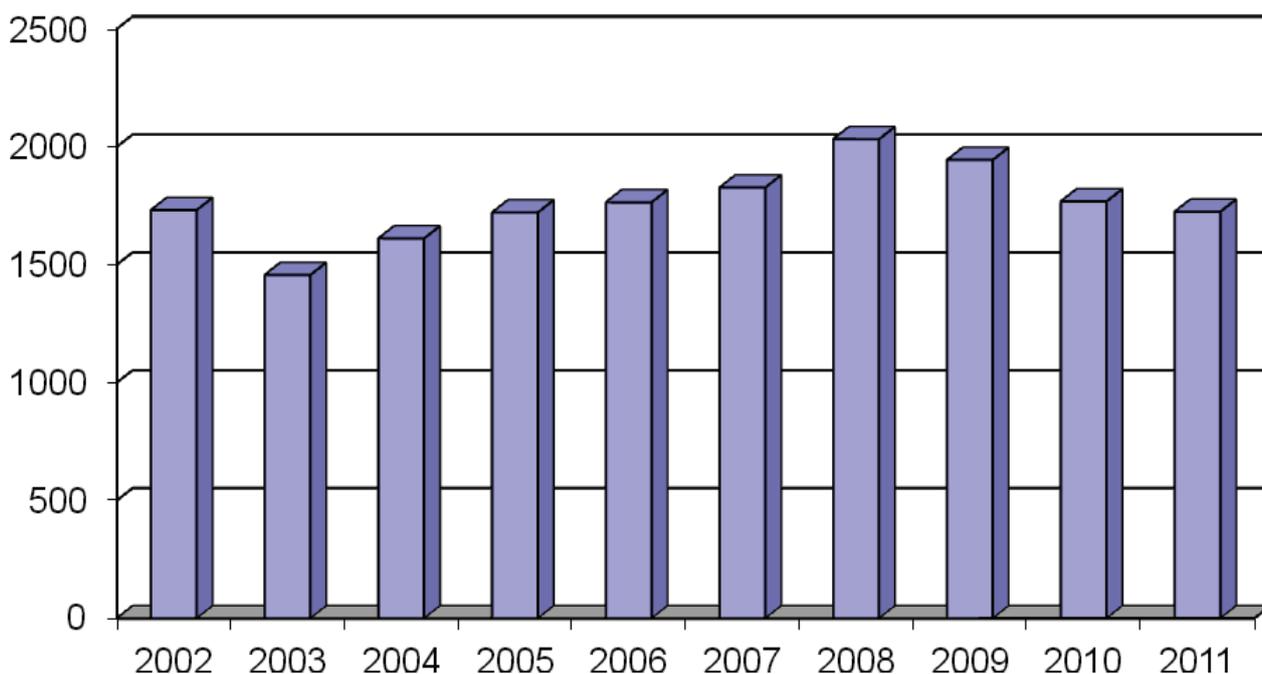


Рис. 2. Динамика числа взятых под наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания за 2002–2011 гг.

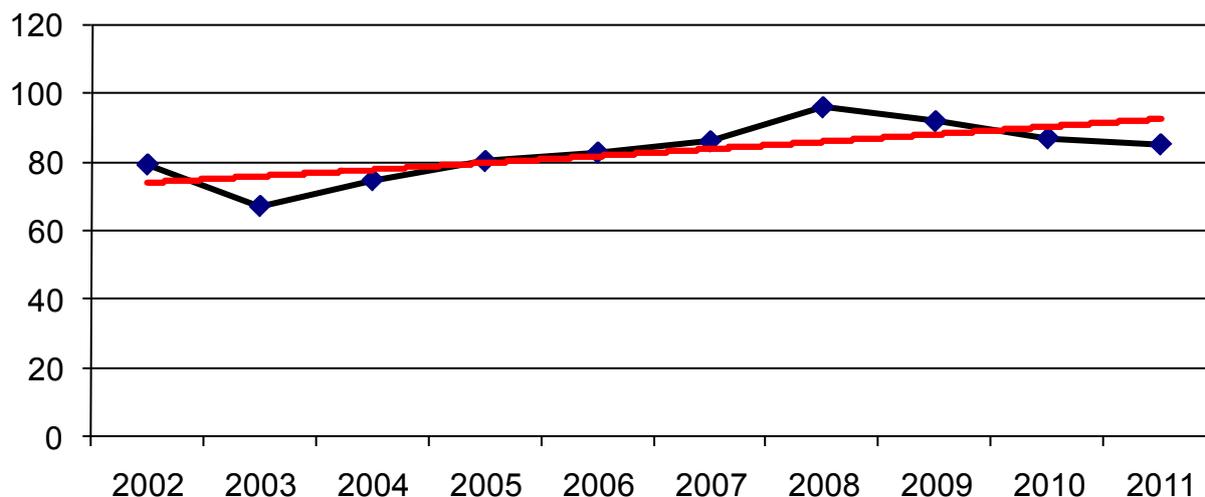


Рис. 3. Динамика интенсивного коэффициента числа взятых под наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания (на 100 000 человек населения) за 2002–2011 гг. с линией экспоненциального тренда

с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания в Оренбургской области.

Выводы

В структуре нозологических причин заболеваемости среди населения Оренбургской области психические расстройства и расстройства поведения занимают 13 ранговое место.

Первичная заболеваемость психическими расстройствами и расстройствами поведения в Оренбургской области является единственной нозологической группой причин, имеющей рост интенсивного коэффициента.

Десятилетняя вариабельность числа лиц, взятых под наблюдение с впервые в жизни установленным диагнозом пси-

хического заболевания колеблется от 1,5 до 2 тыс. человек.

Экспоненциальная линия тренда интенсивного коэффициента числа взятых под наблюдение больных с впервые в жизни установленным диагнозом психического заболевания (на 100 000 человек населения) также указывает на ускоряющийся темп процесса.

Научное обоснование роста показателя требует проведение дальнейшего исследования, с учетом медико-социальных и организационно-экономических факторов.

Анализ основных показателей психических расстройств и расстройств поведения актуален в современных условиях, необходим для комплексной оценки распространенности психических заболеваний и рационального планирования психиатрической помощи на территории Оренбургской области на различных этапах ее оказания.

Литература:

1. [www.psycarespb.com/article/12/]
2. Клименко С. В. Договор возмездного оказания неклинических психологических услуг в Российской Федерации: диссертация... кандидата юридических наук: Москва, 2007. — 228 с.
3. Евсегнеев Р. А. Психиатрия для врача общей практики. — Мн.: Беларусь, 2001. — 426 с.
4. Политика и планы в области охраны психического здоровья детей и подростков. (Свод методических рекомендаций по вопросам политики и оказания услуг в области психического здоровья) Всемирная организация здравоохранения, 2006 г.; Child and adolescent mental health policies and plans. Geneva, World Health Organization, 2005 (Mental Health Policy and Service Guidance Package).
5. Евсегнеев Р. А. Психиатрия в общей медицинской практике. Руководство для врачей. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2010. — 592 с.
6. Щепин О. П., Медик В. А. Общественное здоровье и здравоохранение: учебник. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. — 592 с.

Возрастные значения частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления мальчиков периода второго детства, страдающих аллергическим ринитом

Гуртовая Марина Николаевна, соискатель;
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор;
Колунин Евгений Тимофеевич, кандидат биологических наук, доцент
Тюменский государственный университет

В статье представлены результаты возрастных разбросов величины частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления у мальчиков 8–12 лет г. Тюмень, страдающих аллергическим ринитом.

Ключевые слова: гемодинамика, аллергический ринит, период второго детства.

Актуальность исследования. Аллергический ринит (АР) является одним из наиболее распространенных заболеваний, которым страдают от 20 до 40% населения земли [3, 4, 5, 6, 8, 11, 12, 13], причем частота круглогодичного АР может достигать 18% [7, 9, 10]. Мы не встретили исследований, характеризующих возрастные и половые разбросы величины систолического и диастолического артериального давления у детей периода второго детства, страдающих аллергическим ринитом [1, 2].

Цель исследования: изучить возрастные разбросы величины частоты сердечных сокращений, систолического и диастолического артериального давления у мальчиков периода второго детства г. Тюмень, страдающих аллергическим ринитом.

Материал и методы исследования. Проведено обследование 138 мальчиков периода второго детства, страдающих аллергическим ринитом, и 126 здоровых мальчиков того же возраста, входящих в первую и вторую группу здоровья (табл. 1). Все мальчики являются учащимися общеобразовательных школ г. Тюмень и проживают в его различных административных районах.

Легкая степень (ЛСТ) выраженности клинических проявлений АР диагностирована у 92 мальчиков, средняя степень (ССТ) клинических проявлений у 46 человек.

Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС) проводилось пальпаторным методом на лучевой артерии, а также по интервалу R — R электрокардиограммы (ЭКГ) во 2-м стандартном отведении электрокардиографом ЭК1Т-03М2,3 класса точности, с записью на теплочувствительную бумагу в положении мальчиков сидя. Скорость движения бумаги 50 мм/с. Для статистической точности измерения частоты пульса рассчитывали среднюю арифметическую величину R-R из 50 циклов подряд. ЧСС рассчитывали по формуле:

$$\text{ЧСС} = 60 / R - R.$$

Число сердечных сокращений считали за одну минуту.

Определение артериального давления проводили по методу Н. С. Короткова на правом плече с помощью электронного измерителя артериального давления со звуковым и световым сигналами, в положении сидя.

Регистрировали систолическое (САД, мм. рт. ст.) и диастолическое (ДАД, мм. рт. ст.) артериальное давление.

Результаты исследования обработаны методами математической статистики с использованием t-критерия Стьюдента. Все исследования соответствовали Приказу МЗ РФ № 226 от 19.06.2003 «Правила клинической практики в РФ». Соблюдены принципы добровольности, прав и свобод личности, гарантированных ст. 21 и 22 Конституции РФ.

Результаты и их обсуждение. Если рассматривать ЧСС в зависимости от возраста (табл. 2), то просматривается выраженная тенденция к урчанию в связи с созреванием мальчиков, причем одинаковая в обеих сравниваемых группах.

Так, у мальчиков с АР за период с 8 до 12 лет ЧСС стала реже на 11 уд/мин, тогда как у здоровых мальчиков на 12 уд/мин. Если рассматривать разброс значений ЧСС в строгом соответствии с возрастом мальчиков сравниваемых групп, то в абсолютных значениях он составил 5–7 уд/мин.

Изучение возрастной динамики значений величины САД у мальчиков сравниваемых групп свидетельствовало о его повышении. Так, за период с 8 до 12 лет САД в абсолютных значениях увеличилось на 3–6 мм. рт. ст. При этом возрастной разброс САД у мальчиков 8 лет с АР составил 18 мм. рт. ст., тогда как в возрасте 12 лет — 20 мм. рт. ст.

Что касается разбросов величины значений ДАД, то оно колебалось в абсолютных значениях от 49 до 73 мм. рт. ст. у мальчиков с АР и от 49 до 72 мм. рт. ст. у их здоровых сверстников. Изучение возрастных колебаний ДАД показало, что в абсолютных значениях оно было весьма незначительным и находилось в пределах 2 мм. рт. ст. у мальчиков обеих групп.

Таким образом, проведенное исследование позволяет заключить:

1. Показатели центральной гемодинамики мальчиков периода второго детства г. Тюмень, страдающих аллергическим ринитом и их здоровых сверстников подчиняются физиологическим закономерностям роста и развития детей.

Таблица 1. Численный и возрастной состав мальчиков периода второго детства г. Тюмень с аллергическим ринитом и их здоровых сверстников

Возраст, лет	Аллергический ринит		Здоровые
	ЛСТ	ССТ	
8	13	9	24
9	21	10	26
10	17	9	25
11	19	10	27
12	22	8	24
Всего:	92	46	126

Таблица 2. Возрастные колебания САД и ДАД у мальчиков периода второго детства г. Тюмень

Возраст, лет	Показатели гемодинамики		
	ЧСС	САД	ДАД
Страдающие аллергическим ринитом			
8	83–89	92–110	50–71
9	79–86	93–113	49–73
10	77–82	93–114	49–72
11	75–80	92–115	51–71
12	74–78	96–116	50–73
Здоровые мальчики			
8	82–88	92–109	50–70
9	78–86	93–113	49–71
10	77–82	93–115	49–72
11	75–80	92–115	51–71
12	74–78	95–116	50–71

2. По мере увеличения возраста мальчиков частота сердечных сокращений имеет выраженную тенденцию к урчанию, тогда как значения систолического артериального давления к его повышению, не зависящие от проявлений АР.

3. Диастолическое артериальное давление у мальчиков периода второго детства, проживающих в г. Тюмень, является стабильно консервативным и не зависит от наличия заболевания АР.

Литература:

1. Гуртовая М. Н. Центральная гемодинамика у мальчиков 8–12 лет, страдающих аллергическим ринитом, в период обострения заболевания / М. Н. Гуртовая // Вестник Шадринского государственного педагогического института. — 2013. — № 1 (17). — С. 11–14.
2. Гуртовая М. Н. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы детей периода второго детства, страдающих аллергическим ринитом / М. Н. Гуртовая // олодой ученый. — 2013. — № 4. — С. 643–646.
3. Cap P. Exhaled leukotriene's and bronchial responsiveness to meth choline in patients with seasonal allergic rhinitis / P. Cap, M. Maly, F. Pehal, Z. Pelikan. // Ann Allergy Asthma Immunology, 2009. — Feb; 102 (2). — P. 103–109.
4. Cirillo I. Impact of allergic rhinitis on asthma: effects on bronchial hyperreactivity / I. Cirillo, A. Pistorio A, M. Tosca, G. Ciprandi. // Allergy, 2009. — V. 64. — P. 439–444.
5. Mucci T. Allergic rhinitis / T. Mucci, I. Govendorai, I. Tversky. // Mt Sinai J. Med, 2011. — 78. — № 5. — p. 634–644.
6. Nielsen L. P. Serum eosinophil granule proteins predict asthma risk in allergic rhinitis / L. P. Nielsen, C. G. Peterson, R. Dahl. // Allergy, 2009. — May; 64 (5): 733–737.
7. Roitt I. Immunology / I. Roitt, J. Brostoff, D. Male. 5th ed. Mosby International Ltd., 1998.
8. Salib R. J. Allergic rhinitis: past, present and the future / R. J. Salib, A. Drake Lee, P. H. Howarth. // Clin. Otolaryngology Allied Sci, 2003; 28: 291–303.

9. Settipane R. A. Complication of allergic rhinitis / R. A. Settipane. // Allergy Asthma Proc, 1999. — Vol. 20. — P. 209–213.
10. Settipane R. A. Demographics and epidemiology of allergic and no allergic rhinitis / R. A. Settipane. // Allergy Asthma Proc, 2001; 22. 185–189.
11. Thomas M. Asthma related health care resource use among asthmatic children with and without concomitant allergic rhinitis / M. Thomas, V. S. Kocevar, Q. Zhang, D. D. Yin, D. Price. // Pediatrics, 2005. — Jan; 115 (1): 129–134.
12. Thomas M. Allergic rhinitis: evidence for impact on asthma / M. Thomas. // BMC Pulm Med, 2006. Nov 30; 6 Suppl 1: S 4.
13. Vandenplas O. The impact of concomitant rhinitis on asthma related quality of life and asthma control / O. Vandenplas, M. Dramaix, G. Joos, R. Louis, A. Michils, G. Verleden, W. Vincken. // Allergy, 2010. — Apr 7. Epub ahead of print.

Опыт лечения транспозиции магистральных сосудов методикой предсердного переключения Сеннинга

Ханенова Валентина Анатолиевна, научный сотрудник

Научно-практический медицинский центр детской кардиологии и кардиохирургии МОЗ Украины (Киев)

Руденко Надежда Николаевна, доктор медицинских наук, профессор

Национальная академия постдипломного образования имени Шупика (Киев, Украина)

Вступление. Транспозиция магистральных сосудов (ТМС) — сложный врожденный порок сердца (ВПС), который включает в себя конкордантное соединение между предсердиями и желудочками и дискордантное соединение между желудочками и магистральными сосудами. По данным разных авторов, ТМС составляет 7–15% от всех врожденных пороков сердца.

В современной кардиохирургии существует две методики коррекции ТМС. Первая представляет собой восстановление конкордантности между желудочками и магистральными сосудами путем пересадки аорты и легочной артерии в их нормальное положение и реимплантацию коронарных артерий в неоаорту (операция артериального переключения, операция Jatene).

Вторая методика — гемодинамическая коррекция (предсердное переключение), при которой сохраняется транспозиционное отхождение аорты и легочной артерии, но изменяется внутрисердечный кровоток таким образом, что артериальная кровь из левого предсердия через трикуспидальный клапан попадает в правый желудочек (ПЖ), и потом в аорту, а венозная кровь — из правого предсердия через митральный клапан в левый желудочек (ЛЖ) и в легочную артерию (ЛА). Результатом такого переключения кровообращения является то, что функцию системного желудочка берет на себя ПЖ. Одну из модификаций гемодинамической коррекции ТМС в 1958 году предложил шведский хирург А. Senning [1]. Для пациентов с ТМС и интактной межжелудочковой перегородкой, которым не была проведена операция артериального переключения до 14-дневного возраста, операция Сеннинга является операцией выбора. Идеальный возраст для проведения гемодинамической коррекции ТМС — 4–6 мес. В послеоперационном периоде встречаются

такие осложнения: дисфункция правого (системного) желудочка, нарушения ритма сердца, обструкция оттока из легочных вен, обструкция оттока из верхней полой вены. Из перечисленных осложнений наиболее часто встречается дисфункция ПЖ, которая сопровождается клиническими симптомами правожелудочковой недостаточности [2].

В 1992 году была проведена первая успешная операция Сеннинга в отделении хирургии новорожденных Института сердечно — сосудистой хирургии АМН Украины пятимесячной девочке с ТМС и интактной межжелудочковой перегородкой.

Цель работы: проанализировать результаты операции Сеннинга, как метода хирургического лечения ТМС.

Материалы и методы. За период с января 1992 по декабрь 2012 года в отделении хирургии новорожденных Института сердечно — сосудистой хирургии АМН Украины и Научно — практическом медицинском центре детской кардиологии и кардиохирургии было выполнено 140 коррекций ТМС методикой предсердного переключения Сеннинга. Средний возраст прооперированных пациентов составил 8,5 мес. ± 7,4 мес. (от 7 дней до 7 лет), средний вес — 6,9 кг ± 5,6 кг (от 3,2 кг до 14 кг). Особенности распределения по диагнозам представлены в таблице 1.

Баллонная атриосептэктомия (процедура Рашкинда) проводилась перед операцией в 92,5% случаях.

Основной причиной проведения операции Сеннинга было позднее направление пациентов с ТМС в кардиохирургический стационар, что приводило к снижению давления в полости ЛЖ и детренированности его миокарда. Другими причинами были особенности коронарной анатомии, диагностированные во время зондирования, или на-

Таблица 1. Особенности распределения прооперированных пациентов по диагнозам

Диагноз	Количество	%
TGA, IVS	114	81,7
TGA, VSD	10	7
TGA, IVS, LVOTO	8	5,7
TGA, IVS, LVOTO, p/o RBTSh	1	0,7
DORV,TGA,VSD	2	1,4
TGA, IVS, SP, CoAo	1	0,7
TGA, VSD, TAPVC	1	0,7
DORV, TGA, VSD, p/o CoAo repair + PAB	1	0,7
Dextrocardia, TGA, IVS	1	0,7
Dextrocardia, PA I type, TGA, VSD, p/o RBTSh.	1	0,7
Всего	140	100

Таблица 2. Основные нелетальные осложнения раннего послеоперационного периода

Осложнения	Количество	%
Осложнения со стороны дыхательной системы	20	41,9
Полная А — V блокада (ЭКС)	8 (2)	16,6 (4,1)
Правожелудочковая недостаточность	16	33,3
Нарушения мозгового кровообращения	2	4,1
Реоперации по поводу кровотечения	2	4,1
Всего	48	100

Таблица 3. Основные причины летальных исходов в раннем послеоперационном периоде

Причины смерти	Количество	%
Кровоизлияние в головной мозг	6	28,7
Стеноз туннеля легочных вен	2	9,5
Инфаркт правого желудочка	4	19,3
Склероз сосудов легких	2	9,5
Воздушная эмболия	2	9,5
ТЭЛА	1	4,7
Сепсис	1	4,7
Инфаркт-пневмония правого легкого	1	4,7
ОПН	1	4,7
Буллезная пневмония легких	1	4,7
Всего	21	100

личие внесердечной патологии (гипербилирубинемия, некротический энтероколит (НЭК), поражения центральной нервной системы), что значительно увеличивало риск оперативного вмешательства в периоде новорожденности.

В отдаленном периоде все пациенты были обследованы с помощью общеклинических методов, также проводилась электрокардиография (ЭКГ), эхокардиография (ЭхоКГ), магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца и сосудов. Кроме того, функция ПЖ оценива-

лась при проведении ЭхоКГ с помощью стандартных методик, тканевой импульсной доплерографии, расчета Myocardial Performance Index, расчета TAPSE (tricuspid annulus plane systolic excursion) [3,4,5]. МРТ для оценки фракции выброса и конечно-диастолического объема, к сожалению, на данный момент используется редко из-за высокой стоимости обследований.

Результаты. За период с января 1992 по декабрь 2012 года было выполнено 140 операций Сеннинга. Среднее

время пребывания в стационаре составило $12,8 \pm 5,2$ суток (от 1 до 28 суток). Неосложненный послеоперационный период наблюдался у 71 (68%) пациентов, осложненный — у 48 (32%) пациентов. Наиболее частые нелетальные осложнения раннего послеоперационного периода показаны в таблице 2. Для нормализации функции сердечно — сосудистой системы проводилась инфузия симпатомиметиков (допамин, добутамин, адреналин) и вазодилаторов (нитроглицерина, нитропрусида натрия).

Однако, несмотря на проведенное лечение, в раннем послеоперационном периоде умер 21 пациент, госпитальная летальность составила 15%. Основные причины летальных исходов показаны в таблице 3.

Выписалось из стационара 119 (85%) пациентов.

В отдаленном периоде было обследовано 87 пациентов (73%). Отдаленный послеоперационный период составил $7,8 \pm 3,7$ года (от 6 месяцев до 20,5 лет). Ни один из обследованных не имел клинических симптомов правожелудочковой недостаточности. По переносимости физических нагрузок 76 пациентов (87,3%) находились в I функциональном классе NYHA, 11 пациентов (12,7%) — во II.

Среди осложнений, которые встречались в отдаленном послеоперационном периоде, были 7 случаев умеренного стеноза туннеля легочных вен, которые были диагностированы клинически (у пациентов отмечались одышка и склонность к бронхо-легочным заболеваниям). По данным ЭхоКГ отмечалось повышение скорости кровотока на туннеле легочных вен и визуализировалось сужение туннеля на МРТ сердца и сосудов. В 3 случаях была проведена реоперация, пациенты были выписаны из ста-

ционара в удовлетворительном состоянии. У 6 пациентов отмечалась брадикардия со снижением частоты сердечных сокращений до 45–55 ударов в минуту, одному из них был в плановом порядке имплантирован кардиостимулятор через 5 лет после операции Сеннинга.

В позднем послеоперационном периоде умерло 6 пациентов. Причинами смерти стали: пневмония, которая привела к выраженной дыхательной недостаточности и развитию правожелудочковой недостаточности; выраженный стеноз туннеля легочных вен; решунтирование заплаты туннеля легочных вен, которое привело к развитию склероза сосудов легких и смерти пациентки после реоперации; инфекционный эндокардит с тромбозом правого предсердия; острая фибрилляция желудочков; прогрессирующая гипертензия в системе легочной артерии и смерть на фоне легочного криза.

Выводы. В эру артериального переключения операция Сеннинга остается актуальным методом хирургической коррекции ТМС в случаях поздней диагностики порока, при наличии у пациента сложной коронарной анатомии или при сопутствующей внесердечной патологии. Эта операция сопровождается невысокой послеоперационной летальностью, а своевременная диагностика послеоперационных осложнений позволяет вовремя оказать помощь и избежать летальных исходов в позднем послеоперационном периоде. Пациенты в отдаленном послеоперационном периоде находятся в хорошем клиническом состоянии, что позволяет утверждать, что правый желудочек после операции Сеннинга способен полностью обеспечить системное кровообращение.

Литература:

1. Senning A. Surgical correction of transposition of great vessels. *Surgery* 1959; 45: 966–80.
2. Moons P., De Bleser L., Budts W., Sluysmans T. et al. Health status, functional abilities, and quality of life after the Mustard or Senning operation. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 1359–65.
3. Edythe B. C. Tham and Norman H. Silverman. Measurement of the Tei index: a comparison of M — Mode and pulse Doppler methods. *Journal of the American Society of Echocardiography* 2004; vol. 17: 1259–1265.
4. Juan C. Grignola, Fernando Gine's, Daniel Guzzo. Comparison of the Tei index with invasive measurements of right ventricular function. *International Journal of Cardiology* 2006; 113: 25–33.
5. Ueti O.M., Camargo E.E., Ueti A. de A., Lima-Filho E.C. de and Nogueira Lima-Filho E.A. and Nogueira E. A. Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: comparison with radionuclide angiography. *Heart* 2002; 88; 244–248.

Monoclonal Antibodies in Immunology and Medicine

Холамов Алексей Игоревич, студент
Белорусский государственный медицинский университет (г. Минск)

Holamov Alexey Igorevich, 3 year student
Belarusian State Medical University

Monoclonal antibodies are antibodies that are the same because they are made by identical B-lymphocytes that are all clones of a unique parent cell. They are prepared by lymphocyte hybridization. Nowadays scientists try to join monoclonal antibodies with radioactive isotope or toxic chemical substance, which destroy a tumor cell or cell infected with virus. Modern opinions concerning structure and functions of antibodies, mechanisms of producing monoclonal antibodies, their experimental and clinical using in Immunology are described by the author.

Key words: monoclonal antibodies, lymphocyte hybridization, magic bullets.

36 years ago Cambridge researchers Drs. Cesar Milstein and George Köhler found a way how to make any required antibody in the test tube. It was a breakthrough because scientists invented a «magic bullet» — a tailored weapon that can home in and destroy the causes of disease. Antibodies, the complex glycoprotein molecules produced by the immune system, are the first line of defense against disease. The human immune system can make more than two million different antibodies, each of which recognizes, binds itself to and begins the process of destroying just one target, a protein antigen on a bacterium or virus. Antibodies are a crucial component of the immune system, circulating in the blood and lymphatic system, and binding to foreign antigens expressed on cells. Once bound, the foreign cells are marked for destruction by macrophages and complement. They are produced by white blood cells called plasma cells. Before Milstein and Köhler's achievement it was only possible to make antibodies in tiny quantities and messy mixtures. But they found a way how to stimulate cells for production antibodies, and then make those cells into «immortal» cell cultures, that could be grown to any required size and are able to produce just the one antibody for as long as it was required [4].

An antibody also known as an «immunoglobulin» is a large Y-shaped protein circulating in the blood stream. Antibody recognizes a unique part of the foreign target, called an antigen. In 1959 Rodney Porter tried to hydrolyse rabbit's immunoglobulin IgG with the help of enzyme *papain*. He got three fragments. Two were the same and saved the ability of connecting with antigens. That is why the author termed them as *Fab*-fragments (Fragment, Antigen Binding). The third one could crystallize and was called as *Fc*-fragment (Fragment, Crystallizable). An organism has the same *Fc*-fragments of all his antibodies. They don't lash antigens but can react with macrophages, lymphocytes and complement factors. In 1961 Jerald Edelman and Powlik dissociated the whole molecules of antibodies. They understood that the chains of an immunoglobulin are connected with the help of disulfide bonds [3]. Each antibody is composed of two heavy (H, 53–75 kDa) and two light (L, 23 kDa) identical poly-

peptide chains. Each heavy and light chain can be divided into domains consisting of 110 amino acids. There are five heavy chain classes: mu (μ), delta (δ), gamma (γ), alpha (α) and epsilon (ϵ). There are two light chain types: kappa (κ) and lambda (λ). The light chain consists of two domains, indicated as V_L and C_L . V_L is a variable region of the light chain and is a region participating in antigen binding. C_L is a constant region which is invariant for a given light chain type. Each light chain is a product of three structural genes. The heavy chain has the same domains. They are called V_H (antigen binding) and C_H (constant). They are the product of at list four various genes. In addition the heavy chains of most immunoglobulins have a region known as the *hinge* (between C_{H1} and C_{H2}) with the help of which *Fab*-fragment can move in relation to the *Fc*-fragment. Disulfide bonds are important for maintaining the tertiary structure of the immunoglobulin subunit and the quaternary structure of the whole antibody as well. Light chain has two and heavy chain — four disulfide bonds. Finally, immunoglobulins are glycoproteins. Different heavy chain classes have different types of carbohydrate groups and different locations of carbohydrate attachment. It is important for correct immunoglobulin folding and is transported during synthesis. The immune system acts to identify and remove «foreign» agents. The role of the immunoglobulin molecule is to provide a means for linking the recognition of «foreign» to the mechanisms that can act on the «foreign» agent. Variable regions bind antigenic determinants, while constant regions interact with other molecules and cells of the immune system [1,7].

Production of desired specificity antibodies in quantity and with reproducible characteristics had always been a challenge. These goals were achieved by the introduction of hybridoma technology by Köhler and Milstein in the 1970s. Since that, monoclonal antibodies have been playing a great role in biological research and are of great interest for clinical purposes. Monoclonal antibodies are typically made by fusing immortal myeloma cells which with the spleen cells from a mouse immunized with the desired antigen. *Polyethylene glycol* or a strong electric field is used to fuse plasma membranes. To get only fused hybridomas special selective

medium is used. It is called *HAT-medium* because it contains *hypoxanthine*, *aminopterin* and *thymidine*. Unfused myeloma cells cannot grow because they lack *hypoxanthine-guanine-phosphoribosyl transferase (HGPRT)*, an enzyme necessary for the synthesis of nucleic acids, and thus cannot replicate their DNA. Unfused spleen cells die because of their limited life cycle. Only fused hybrid cells, are able to grow indefinitely in the media because the spleen cell partner supplies *HGPRT* and the myeloma partner has traits making it immortal (as it is a cancer cell). Aminopterin poisons the *de novo* synthesis of purines. The myeloma cells, mutagenized and selected to be HGPRT-negative, are killed by HAT-containing medium unless they have fused and therefore contain the enzymes of the spleen cell. Thus for several days after a fusion there is extensive cell death. Periodically, the myeloma cells should be cycled through selective medium such as *8-azaguanine*, to assure that they have not reverted to a drug-resistant cells. Then mixture of cells is diluted and clones are grown from single parent cells. The antibodies secreted by the different clones are assayed for their ability to bind to the antigen (with a test such as ELISA, Antigen Microarray Assay or immuno-dot blot). The most productive and stable clone is selected for future use. The hybridomas can be grown indefinitely in a suitable cell culture media, or they can be injected into mice (in the peritoneal cavity), they produce tumors containing antibody-rich fluid called *ascites fluid*. One mouse can produce 50 mg of antibodies. Antibodies large quantity production is beside the purpose and needs a lot of animals. The medium must be enriched during selection to further favourable hybridoma growth. This can be achieved by the use of a feeder fibrocyte cells layer. Culture-medium conditioned by macrophages can also be used. Production in cell culture is usually preferred as the ascites technique is painful to the animal and if replacement techniques exist, this method is considered to be unethical [7].

Plants are potential biopharming factories because they are capable to produce unlimited numbers and amounts of recombinant proteins safely and inexpensively. Plants have several advantages, which include the lack of animal pathogens and low cost of production. Two general methods are used to introduce transgenes encoding a suitable antibody into plants. They are agrobacterium-mediated transformation and particle bombardment. Agrobacterium-mediated transformation is used to transfer foreign genes into the genome of the plant nucleus where individual genes encoding the heavy and light chains are co-expressed to produce full-size monoclonal antibody. Chloroplast transgenic plants have been obtained for stable expression of antibodies in the chloroplast genome. Chloroplasts can process foreign proteins with disulfide bridges but they lack the glycosylation processing machinery required for the proper functionality of the antibody. Viral vector systems can be used for the expression of both heavy and light chain genes and the assembly of full-size monoclonal antibody in tobacco plants. A large number of different crops can be used to produce antibodies including tobacco (*Nicotiana tabacum* and *N. ben-*

thamiana), cereals (rice, wheat, maize), legumes (pea, soybean) and fruit and root crops (tomato, potato) [5,6].

Monoclonal antibody therapy is the use of monoclonal antibodies to specifically bind to target cells. This may then stimulate the patient's immune system to attack those cells. It is possible to create a monoclonal antibody specific to almost any extracellular/cell surface target, and thus there is a large amount of research and development currently being undergone to create monoclonals for numerous serious diseases (such as rheumatoid arthritis, multiple sclerosis and different types of cancers). *Infliximab* and *Adalimumab* bind to tumor necrosis factor-alpha and show promise against some inflammatory diseases such as rheumatoid arthritis. There is a number of ways for monoclonal antibodies to be used in therapy. For example: they can be used to destroy tumor cells and prevent tumor growth by blocking specific cell receptors. Monoclonal antibodies can be modified in many ways depending on their intended use. They may be conjugated with specific markers (enzymes, radioisotopes, toxins, chemotherapies etc.) but it is also possible to produce bispecific antibodies with two different antigen binding sites by biochemical or cell fusion techniques. One of the most successful ways they having been used, has been in the field of diagnosis. If a monoclonal is «tagged» with a fluorescent dye, a doctor can see immediately when it has attached to a specific antigen [4]. Among 150 diagnostic monoclonal antibodies a third is used to detect pregnancy. No sooner than embryo obtains the womb, it fastens to its side. This process is called implantation. Afterwards with the help of *chorionic gonadotropin* signal goes to woman's ovary to product hormones, which countenance womb's endometrium. Menses are stopped and embryo is kept. By the time of the next menses the level of chorionic gonadotropin is so high that it can be found out in urine. Antibodies to this hormone can be produced. These sets are sold and one is able to get result in 5 minutes. It is possible to set pregnancy earlier. In this way the blood is used for the test. The main problem of organs transplantation is patient's system immune response. The only way is to suppress it. Monoclonal antibodies interact with antigens on the surface of all T-cells rejecting transplanted organs. For example, *Muromonab-CD3* binds to the CD3 molecule on the surface of T-cells, used to prevent acute rejection of kidney transplants. *Daclizumab* has also showed promise against T-cell lymphoma. Monoclonal antibodies are much more effective than medicine used to quell immune system. They quell only T-cells and not the whole organism like drugs do. Afterwards the patient is able to resist various infections [2]. Passive immunotherapy with monoclonal antibodies has important advantages over active immunization. Firstly, significantly larger doses of antibodies can be administered, and protection is immediate. Secondly, the duration of action is more predictable than antibody generated by active immunization. Thirdly, unlike active immunizations, there is no immunological memory of the abused drug and the possibility of unexpected cross reactivity with endogenous ligands is less likely with monoclonal antibodies.

Although monoclonal antibodies have significant promise as therapeutic agents, they are not without problems. The 3 major problems are the high cost, the risk of toxicity, and the potential for allergic-type reactions. The current cost for monoclonal antibody medications for treating cancer and other health problems is thousands of dollars per month. Nonspecific toxicity may occur, including infusion reactions, cytokine release, and hypersensitivity to foreign immunoglobulins. For example, infliximab and adalimumab can convert a latent case of tuberculosis into active disease and induce the formation of autoantibodies. Hypersensitivity reactions to the xenogeneic component of chimeric and humanized antibodies can occur upon the first dose of antibody and following repeated exposure. Those two types of antibodies were invented by Dr. Greg Winter. Chimeric antibodies combine the antigen-binding part (variable region) of a mouse antibody with the effector

parts (constant regions) of a human antibody. Humanized antibodies combine only amino acids responsible for making the antigen binding site (the hypervariable regions) of the mouse with the rest of the human antibody molecule [4].

Nowadays with the development of bioengineering and progress in Immunology it is possible to create «magic bullets» for treating a large number of serious diseases. These bullets are called monoclonal antibodies. Though it is rather difficult to produce them and that is why they are so expensive we believe that in future it will be possible to save lives with the help of such drugs all over the world. At least forty different antibodies are awaiting approval for use in medicine. Dr Milstein thinks the next big breakthrough may come in the development of antibodies able to penetrate the surfaces of cancer cells and target the abnormal proteins inside. That could lead to a revolution in cancer therapy.

Literature:

1. Марри Р. Биохимия человека: в 2-х т. Т. 2 / Р. Марри, Д. Греннер. — М.: Мир; БИНОМ, 2009. — С. 321–325.
2. Тейлор Д. Биология: в 3-х т. Т. 3 / Д. Тейлор, Н. Грин. — М.: Мир, 2006. — С. 70–73, 175–177.
3. Хаитов Р. М. Иммунология: учебник для студентов медицинских вузов / Р. М. Хаитов. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. — С. 60–63.
4. BBC-News [Electronic recourse]. Regime of access: <http://www.news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/833042.stm>
5. Fischer. Production of antibodies in plants and their use for global health / R. Fischer, R. Twyman, S. Schillberg // Vaccine. 2003. Vol. 21. P. 820–825.
6. Kisung, Ko. Plant biopharming of monoclonal antibodies / Ko Kisung, H. Koprowski // Virus research. 2005. Vol. 111. P. 93–100.
7. Paul W. Fundamental Immunology / W. Paul. New York: Raven Press, 1989. — P. 6, 209–231, 347–351.

Об оценке эффективности фиксации полных съемных протезов

Чуйко Анатолий Николаевич, кандидат технических наук

Украинский аналитически-исследовательский центр в области медицины М. Угриня, (г. Львов)

Левандовский Роман Адамович, кандидат медицинских наук, доцент

Буковинский государственный медицинский университет (г. Черновцы, Украина), частная стоматологическая клиника д-ра Р. Левандовского (г. Коломыя, Украина)

Максымов Олег Олегович, ассистент;

Беликов Александр Борисович, доктор медицинских наук, профессор

Буковинский государственный медицинский университет (г. Черновцы, Украина)

В статье показана возможность оценки эффективности фиксации съемных протезов за счет функциональной присасываемости и адгезии не только качественно, но и количественно. Варьируя, в зависимости от конкретной клинической ситуации, различные способы фиксации съемных протезов при условии численной оценки их эффективности можно достичь решающего результата для удержания протеза на челюсти в течении длительного времени.

Ключевые слова: адгезия, вязкость, когезия, прилипаемость, поверхностное натяжение, функциональная присасываемость, полный съемный протез, качественные и количественные характеристики.

Актуальность исследования. Лечение пациентов, при полном отсутствии зубов, с применением съёмных протезов, одно из наиболее актуальных и сложных направлений ортопедической стоматологии, которое имеет

достаточно обширную библиографию, как в популярных учебниках [1,2], так и в более поздних монографиях [3,4,5].

Среди большого количества проблем, возникающих при полном отсутствии зубов (полной адентии), одной из

основных является проблема *фиксации* и *стабилизации* съемного протеза. Как правило, эти вопросы обсуждаются качественно, количественные оценки, в известных нам публикациях, отсутствуют.

Кроме того, на наш взгляд, отсутствует четкое, общепринятое понимание многих терминов, согласованных с их общенаучным, механическим, в первую очередь, пониманием. Например, многие авторы [3,5,6] широко используют термин *устойчивость* съемного протеза, хотя его определения не приводят. В то же время, в технике термин *устойчивость* имеет вполне конкретное содержание. Можно механически сформулировать и математически описать *устойчивость твердого тела* (на примере куба, стакана или табуретки) и *устойчивость упругого тела* (на примере стержня, пластинки или оболочки), но как описать и количественно оценить степень «*устойчивости протеза*», этот вопрос остается открытым. Если система после снятия нагрузки возвращается в исходное состояние, значит, деформации были упругими. Если же система после снятия нагрузки не возвращается в исходное состояние, то причиной этому могут быть остаточные (неупругие) деформации, что не говорит о неустойчивости системы в классическом понимании.

На наш взгляд, термины *фиксация* и *стабилизация съемного протеза* полностью удовлетворяют запросы клинической практики, если их понимать так, как предложено в [8]: «**Фиксация** (от лат. *fixus* — прочный, закрепленный) (фиксирование), закрепление чего-либо в определенном положении». Применительно к биомеханике термин «*фиксация*» можно считать синонимом понятия «*закрепление*» или «*неподвижность*» твердого тела в пространстве. «**Стабилизация** (от лат. *Stabilis* — устойчивый), упрочение, приведение в постоянное устойчивое состояние или поддержание этого состояния, а также само состояние устойчивости, постоянства». Таким образом, термин *фиксация* носит структурный характер, показывающий, как обеспечена неподвижность элемента системы (твердого тела) в пространстве, а термин *стабилизация* отражает «качество» фиксации, в первую очередь, по величине возможных перемещений в системе под действием внешних сил.

В литературе [1–4] выделяют *механические, физические, хирургические, анатомические, биофизические, биомеханические* и *физико-биологические* методы фиксации протезов на беззубых челюстях. По мнению некоторых авторов, основными являются механические, физические и физико-биологические методы. Все остальные или включают перечисленные, или (например, хирургические) являются вспомогательными и направлены на подготовку полости рта к ортопедическому лечению для эффективного использования указанных выше методов фиксации протезов. Наиболее проверенные из всех известных методов *механические способы фиксации протезов*. Они основаны на использовании для укрепления

пластиночных протезов различных механических приспособлений.

При протезировании пациентов с полным отсутствием зубов особое значение имеет фиксация протезов, которая обеспечивается за счет *анатомической ретенции, адгезии, функциональной присасываемости* и *мышечной стабилизации*. Важным условием для их осуществления является точное соответствие между базисом протеза и рельефом слизистой оболочки (СО) протезного ложа.

Цель исследования: обосновать возможности количественной оценки эффективности фиксации полных съемных протезов за счет функциональной присасываемости и адгезии.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Оценка эффективности функциональной присасываемости полных съемных протезов

Среди физических методов фиксации съемных протезов большую популярность получил метод функциональной присасываемости, основанный на разности атмосферного давления снаружи и внутри специальной камеры — «клапанной зоне». На рис. 1 (рис. 167 [2]) показаны возможные способы конструктивной реализации этого метода. Необходимо такое совмещение края протеза со слизистой оболочкой протезного ложа, которое обеспечивает образование краевого замыкающего клапана по периферии съемного протеза для создания условий его фиксации на челюсти, препятствуя попаданию воздуха под протез при функционировании, и содействуют удержанию за счет разницы давления воздуха, находящегося в пространстве между протезом и СО протезного ложа [6].

Основными силами, способствующими эффективной фиксации полного съемного протеза (ПСП) на челюсти, как в покое, так и во время эксплуатации, являются силы функциональной присасываемости F , которые могут быть определены по формуле

$$F = (p_a - p_k) A = \Delta p \cdot A_k, \quad (1)$$

где p_a , p_k и Δp — атмосферное давление, давление внутри «клапанной зоны» и разность между ними;

A_k — активная площадь «клапанной зоны».

Активная площадь «клапанной зоны» достаточно точно может быть определена после изготовления протеза. Сложнее обстоит вопрос со степенью разрежения внутри «клапанной зоны». В известной нам литературе этот вопрос освещается только качественно. Разница давления в пространстве между базисом протеза и СО полости рта поддерживается до тех пор, пока не будут преодолены капиллярные силы и не произойдет выравнивания давления. Вследствие этого длительность удержания ПСП тем продолжительнее, чем больше поверхность базиса, чем точнее соприкосновение края протеза с окружающими его тканями, чем больше сопротивление трению, чем выше вязкость слюны, чем длиннее путь течения жид-

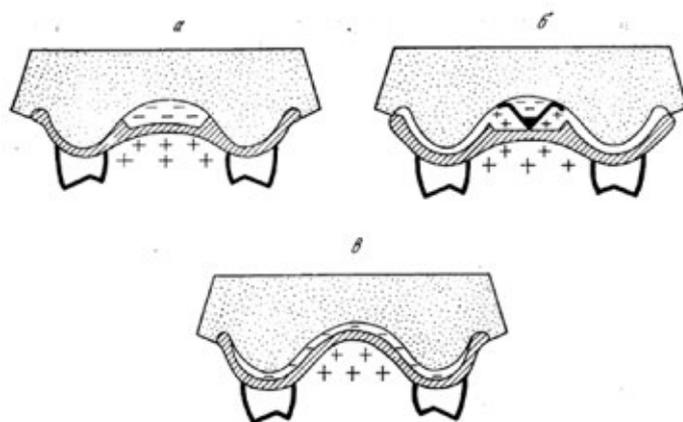


Рис. 1. Возможные методы конструктивной реализации метода функциональной присасываемости (рис. 167 [2])

кости в промежуточном пространстве, чем короче период нахождения протеза без нагрузки. Это говорит о необходимости дополнительного исследования.

В качестве ориентира легко подсчитать, что при полном разрезании внутри клапанной зоны, и $A_k = 10 \text{ см}^2$ сила фиксирующая протез $F = 10 \text{ кг}$ или $F = 98 \text{ Н}$.

Отметим, что знаки «-» на рис. 1 условно отражают зоны разрежения, но не «отрицательное давление», как указывается в некоторых источниках. Давление отрицательным не бывает — оно может быть выше атмосферного, атмосферным и ниже атмосферного, т. е. с определенной степенью разрежения.

На верхней челюсти (ВЧ) функциональная присасываемость протеза обеспечивается наличием в задней трети нёбного свода податливой СО, которая переходит на мягкое нёбо и даёт возможность получить клапан со слизистой, замыкающий глоточный край протеза, а также наличием переходной складки, расположенной в преддверии полости рта [7].

Технологически функциональная присасываемость обеспечивается путём создания вокруг протеза кругового клапана. Способность СО переходной складки следовать за протезом при его перемещении препятствует проникновению воздуха под протез, что удерживает его на челюсти. Степень фиксации протеза зависит от взаимосвязи его базиса с тканями протезного ложа, взаимосвязи наружной поверхности протеза с мускулатурой рта и лица и от других факторов. Один из способов улучшения функциональных свойств протезов на беззубых челюстях — оформление наружной поверхности и границ протезов, включая объёмное моделирование. Однако если на верхней беззубой челюсти в подавляющем большинстве случаев удаётся добиться хорошей фиксации, то на нижней челюсти (НЧ) из-за её анатомо-физиологических особенностей этот метод, как правило, малоэффективен. Это свидетельствует о том, что вопрос о фиксации протезов на беззубой НЧ с резко выраженной атрофией альвеолярной части до конца не решён. Из-за плохой фиксации протез во время жевания постоянно смещается,

совершая микроэкскурсию относительно СО альвеолярного отростка, травмируя НЧ, что ещё больше усугубляет атрофию челюстной кости и вызывает изменения СО протезного ложа [7].

Стабильность протезов на беззубых челюстях обусловлена собственными свойствами протеза, в первую очередь его жесткостью, и механическими силами, которые возникают под влиянием жевательного давления, и физическими процессами, протекающими между базисом протеза и СО протезного ложа. Стабильность зависит от сокращений жевательных и мимических мышц. Протез на верхней беззубой челюсти оказывается в этом отношении в более благоприятных условиях, так как к ВЧ прикрепляется небольшое количество мимических мышц, которые при сокращении не могут оказать существенного влияния на его фиксацию. Гораздо труднее, а иногда невозможно, изготовить функционально полноценный протез на беззубой НЧ при резкой её атрофии из-за анатомо-физиологических особенностей, таких как небольшая протяжённость протезного ложа, большая подвижность челюсти в результате прикрепления к ней жевательной мускулатуры и наличия часто гипертрофированного языка [7]. Влияние гипертрофированного языка на присасываемость и адгезию протезов на беззубой, атрофированной НЧ, который работает, как сильно разбалансированный маховик очень мало изучена. Его подвижность и масса в разы превосходящие эти параметры в протезе и с биомеханической точки зрения они очень сильно влияют, а следовательно и значительно ухудшают как фиксацию, так и стабилизацию полных съёмных протезов на НЧ.

Степень фиксации протезов, в первую очередь, зависит от анатомо-физиологических условий протезного ложа. Они во многом определяют стабильность протеза на челюсти и функциональную ценность ортопедического лечения. Поэтому, наилучшей стабильности протезов можно достигнуть на челюстях с хорошо выраженным альвеолярным отростком и альвеолярной частью, когда места прикрепления мышц, уздечек губ, языка, складок СО располагаются на достаточном расстоянии от альве-

олярного гребня. Именно в этих случаях условия способствуют механическому удержанию протезов на челюстях, препятствуют их горизонтальным сдвигам [7].

2. Оценка эффективности фиксации полных съемных протезов за счет поверхностного натяжения жидкости

Как средство удержания протезов на беззубых челюстях в стоматологической литературе [1–6] широко описываются такие физические явления, как адгезия и когезия. *Адгезия* (от лат. *adhaesio* — прилипание) подразумевает возникновение молекулярной связи между поверхностными слоями двух разнородных (твёрдых или жидких) тел, приведённых в соприкосновение. *Когезия* — сцепление молекул, атомов, ионов в физическом теле, обусловленное межмолекулярным взаимодействием и химической связью. Адгезия представляет собой крайне сложное явление, именно с этим связано существование множества теорий, трактующих явление адгезии с различных позиций. Наиболее известные эффекты адгезии — *капиллярность*, *смачиваемость/несмачиваемость*, *поверхностное натяжение*, *мениск жидкости в узком капилляре* и др.

Достаточно полно явление адгезии за счет поверхностного натяжения описано в [1]: «Жидкость, попадая на поверхность твёрдого тела, может смачивать его, т.е. создавать на его поверхности прочную пленку, или не смачивать. Смачивание происходит в том случае, когда силы взаимодействия между молекулами жидкости меньше сил взаимодействия между молекулами жидкости и твёрдого тела. Одной из основных характеристик этого процесса является искривление поверхностного слоя жидкости вблизи поверхности твёрдого тела. При смачивании последнего образуется вогнутый, при несмачивании — выпуклый мениск. Это играет определенную роль в распределении давления внутри жидкости и вне ее в связи с тем, что поверхностный слой жидкости находится в напряженном состоянии вследствие явлений поверхностного натяжения.

Нечто подобное происходит на границе протеза и жидкости (слюны). Вследствие смачиваемости слюной поверхности протеза и слизистой оболочки на краю образуется вогнутый мениск. Сила, с которой мениск пытается расправиться, направлена наружу и действует как отсасывающий насос,

вследствие чего протез прилипает к слизистой оболочке твёрдого неба. Если последний плотно прилегает к слизистой оболочке мениска, то радиус мениска довольно мал и сила, с которой протез прижимается к небу, значительна. При увеличении расстояния между протезом и слизистой оболочкой радиус мениска увеличивается и сила, с которой протез прижимается к нему, уменьшается». Эти рассуждения с небольшими вариациями приводятся во многих последующих изданиях [2,4].

Рассмотрим приведенные рассуждения более конкретно, следуя [9]. «Если сложить две отшлифованные смоченные пластинки, то между ними возникает заметная сила сцепления. Это явление имеет следующее объяснение.

Поверхность жидкости в зазоре между пластинками сильно искривлена (рис. 2). Следовательно, давление внутри жидкости будет меньше атмосферного на величину Δp

$$\Delta p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (2)$$

где α — коэффициент поверхностного натяжения жидкости;

R_1 и R_2 — радиусы кривизны поверхности жидкости.

При полном смачивании $R_1 = d/2$, где d — величина зазора между пластинками. Радиус R_2 сечения плоскостью, параллельной пластинкам, значительно больше, чем R_1 . Поэтому можно положить

$$\Delta p = \alpha \frac{1}{R_1} = \frac{2\alpha}{d}. \quad (3)$$

Если величина смоченной жидкостью поверхности каждой пластинки равна A , то пластинки будут прижиматься друг к другу силой, равной

$$F = \Delta p A = \frac{2\alpha A}{d}. \quad (4)$$

Величина зазора между пластинками определяется размерами шероховатостей на их поверхностях». В технике, пришлифовывая металлические пластинки, легко достигнуть зазора порядка микрон ($\mu\text{к}$) и тогда сжимающая сила может достигнуть значительных величин [9].



Рис. 2. Схема возникновения сил сцепления

В нашем случае, учитывая, что коэффициент поверхностного натяжения воды

$\alpha = 0,073 \text{ Н/м}$ [9], принимая $A = 85 \text{ см}^2 = 85 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ (для протеза ВЧ) и толщину слоя слюны $d = 0,2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ получим

$$\Delta p = \frac{2\alpha}{d} = \frac{2 \cdot 0,073}{2 \cdot 10^{-4}} = 730 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \quad (5)$$

$$F = \frac{2\alpha A}{d} = \frac{2 \cdot 0,073 \cdot 85 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = 6,2 \text{ Н} = 0,63 \text{ кг}. \quad (6)$$

В соответствии с формулой (4), сила адгезии находится в прямой зависимости от коэффициента поверхностного натяжения, площади соприкасающихся поверхностей и толщины слоя слюны, находящейся между ними. Варьируя этими параметрами, в первую очередь, площадью соприкасающихся поверхностей и толщиной слоя слюны, можно получать значение силы прилипания в некоторых пределах. Предварительный расчет по формуле (6), а также данные Городецкого Ш.И. и Оксмана И.М., показывают, что сила адгезии изменяется в пределах 320–910 г (3–9 Н), что совершенно недостаточно для удержания протеза, как в покое, так и при сокращении мимических и жевательных мышц.

Таким образом, силы адгезии возникающие за счет присасывающей способности капиллярного тока слюны, расположенного между базисом протеза и СО протезного ложа, не имеют решающего значения для удержания протеза на челюсти. Должны быть рассмотрены и другие эффекты адгезии.

3. Оценка эффективности фиксации полных съемных протезов за счет прочности жидкости.

В предыдущем разделе показано, что силы поверхностного натяжения, которые, как правило, обстоятельно описываются в стоматологической литературе [1,2,4], не обеспечивают необходимой степени фиксации протеза. Поэтому рассмотрим цикл работ С.И. Иголкина [10,11] по сравнительному анализу поверхностного натяжения и проблемы прочности жидких капель, в которых показано, что поверхностные напряжения в пленке и возможные напряжения внутри объема той же пленки не разделены. Более того, объемные напряжения внутри жидкости в классической постановке [1,2,4] не принимались во внимание. С этой целью в работе [10] прове-

дено уточнение роли объемных и поверхностных сил при взаимодействии жидкой и твердой фазы. В эксперименте тело с плоским, смачиваемым дном, опускалось в сосуд с водой, уравновешенный на весах. После погружения всей поверхности, в процессе вертикального подъема измерялась сила отрыва F твердой плоскости от поверхности жидкости, рис. 3.

Определено, что силы отрыва твердой поверхности от поверхности жидкости не пропорциональны смачиваемому периметру. Эта сила прямо пропорциональна площади плоской поверхности тела вынимаемого из жидкости. Измерения проводились с набором пластин, цилиндров разной формы и площади, тел с необычной формой, например — металлических дисков с несколькими отверстиями разного диаметра и изготовленных из разных материалов. Варьирование в широких пределах абсолютных размеров и химического состава используемых образцов является принципиальным отличием этих экспериментов от аналогичных «классических» опытов.

Основные выводы, имеющие прямое отношение к рассматриваемому вопросу.

«Напряжения, действующие вдоль свободной поверхности, в опытах не обнаружены, и поэтому поверхностное натяжение, как реально действующая сила, в равновесных жидких структурах или отсутствует, или настолько мало, что им можно пренебречь по сравнению с силами объемного взаимодействия между молекулами жидкости и твердого тела.»

Коэффициент поверхностного натяжения в силовых расчетах логично заменить практически постоянным коэффициентом объемного натяжения, пределом прочности (текучести) межфазной контактной границы, или — предельным напряжением адгезии.

Для хорошо смачиваемых поверхностей можно считать, что максимальная сила отрыва определяется не адгезией, а пределом прочности самой воды, точнее — пределом ее текучести σ_T , который может быть определен по аналогии с пределом прочности твердых тел. В соответствии с результатами представленных опытов, для воды его значение близко к $\sigma_T = 40 \text{ Н/м}^2$ » [10]. Это значение $\sigma_T = 40 \text{ Н/м}^2$ в 18 раз меньше, чем полученное выше (5) значение давления за счет поверхностного натяжения. Кроме того,

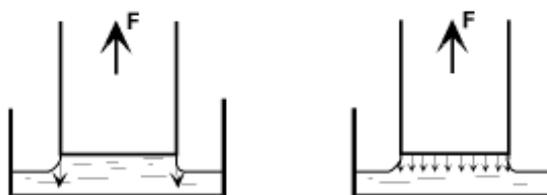


Рис. 3. Схема проведения эксперимента

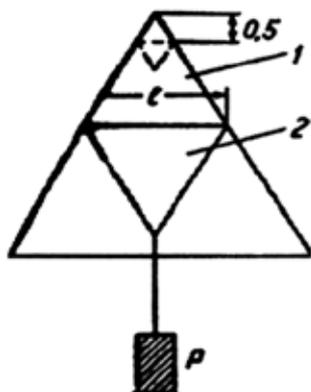


Рис. 4. Схема определения клеящей способности адгезивных средств: 1 — подложка из базисной пластмассы; 2 — слизистая оболочка животных; P — сила сцепления материала с подложкой; l — отрезок линии, на котором прекращается отслаивание

для смачиваемой пластины площадью 1 м^2 сила отрыва от воды равна около 4-х кг, что вызывает сомнение и требует дополнительной проверки.

Принимая, как и в разделе 2, площадь протеза ВЧ $A = 85 \text{ см}^2 = 85 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ получим

$$F = \sigma_{\tau} A = 40 \cdot 85 \cdot 10^{-4} = 0,34 \text{ Н} = 0,035 \text{ кг},$$

т. е. значение силы адгезии за счет прочности воды (предела текучести) более чем на порядок меньше, полученного выше за счет поверхностного натяжения. Эти выводы требуют глубокого критического анализа, как методики и результатов эксперимента, так и выводов по нему.

4. Анализ экспериментальных данных по оценке адгезионной прочности

Экспериментальные исследования при условии их корректной постановки и обработке результатов имеют особую ценность для обоснования любых теоретических исследований. В работе [12] для сравнительной оценки клеящей способности адгезивных средств лабораторными методами были использованы две методики. По первой методике исследования проводились путем склеивания пластин, изготовленных из базисной пластмассы «Стомакрил», со слизистой оболочкой кишки барана, схема которой представлена на рис. 4.

Была изучена адгезионная прочность нескольких композиций. Для оценки клеящей способности использовались данные по равномерному отрыву полоски кишки барана от поверхности базисного пластика. Полученные данные представлены на рис. 5. Как видно из представленных данных, хитозан и КЭХ в качестве составляющих композиции обуславливают разную адгезивную прочность, 1152,94 и 1647,06 Н/м², соответственно.

По второму методу степень адгезии оценивали непосредственно на съёмных зубных протезах, укрепленных с помощью адгезивных средств на гипсовых моделях воспроизводящих анатомическую форму протезного ложа (рис. 6).

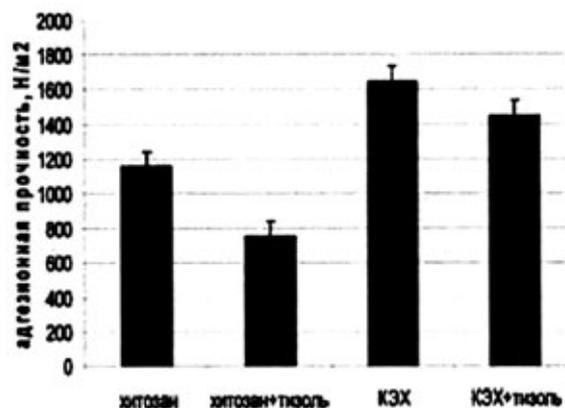


Рис. 5. Адгезионная прочность различных клеевых композиций при равномерном отрыве

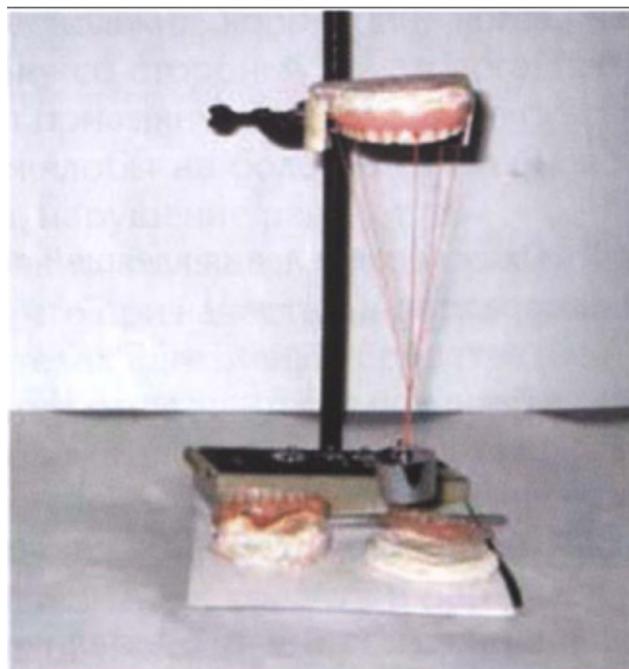


Рис. 6. Исследование степени адгезии на моделях челюстей

Исследования проводились на трех различных гипсовых моделях челюстей, поверхность протеза прилегающая к протезному ложу обрабатывалась адгезивом по специальной технологии. Площадь этой поверхности составляла в среднем 29,3 см². Гипсовую модель закрепляли в штативе и затем при добавлении груза определяли вес, при котором происходил отрыв протеза от протезного ложа модели (рис. 6). Эксперимент повторяли до удовлетворительной схожести результатов — относительная погрешность составила 7%.

Адгезионную прочность (σ_A) рассчитывали как частное от деления нагрузки M (в граммах) на площадь A (см²):

$$\sigma_A = M / A. \quad (7)$$



Рис. 7. Протез верхней челюсти с металлической пластиной, закреплённой на самоотвердеющую пластмассу, для определения силы фиксации

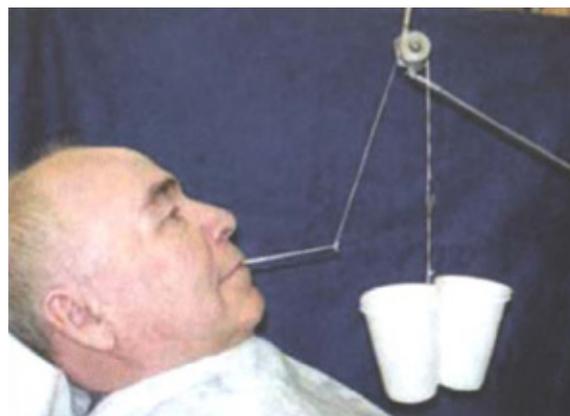


Рис. 8. Пациент с зафиксированным в полости рта протезом и подготовленными резервуарами для металлической дроби

Формула (7) предполагает, что нагрузка по площади распределяется равномерно, что при описанной методике проведения эксперимента практически возможно.

В работе [12] отмечается, что проведенные лабораторные методы позволили оценить адгезионную способность средств, для улучшения фиксации протезов по отношению к акриловому материалу базиса протеза, а также выявить влияние водной среды на адгезивные свойства во времени. К сожалению, в работе не приводятся цифровые данные при описанной методике проведения эксперимента (рис. 6).

Вторая методика в большей степени соответствовала клинической ситуации и позволила оценить адгезивность по отношению к протезному ложу, учитывая фактор анатомической ретенции. Оценку фиксации полных съёмных протезов верхней челюсти провели непосредственно в полости рта у 32-х пациентов.

Сравнивалась сила фиксации протеза, для чего к протезу на самоотвердеющую пластмассу фиксировали металлическую пластину (рис. 7). К наружному кончику металлической пластины привязывали капроновую нить, пропустив её через ролик для беспрепятственного скольжения. Протез с нанесённым на его внутреннюю поверхность адгезивным средством вводили в полость рта и плотно прижимали к протезному ложу на пять минут. Затем равномерно добавляли мелкую металлическую

дробь в специально закрепленный за нить резервуар (рис. 8). Определяли массу груза, при которой происходил отрыв протеза от протезного ложа на электронных весах.

В работе [13] повторяется рис. 8 и приводится таблица адгезионной прочности, определяемой на моделях челюстей при разных адгезионных составах (табл. 1).

Легко установить, что обработка результатов проводилась по формуле (7), а площадь поверхности склеивания составляла в среднем 29,3 см². Для удобства сравнения данные адгезионной прочности в г/см² (третий столбец таблицы) следует умножить на 98,1 (приблизительно 100) для перевода в систему СИ, получая размерность Н/м². Эти цифровые данные в полтора-два раза ниже, чем данные на диаграмме (рис. 5). В качестве примера, для клея Corega FIX, принимая площадь протеза верхней челюсти $A = 85 \text{ см}^2 = 85 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, получим

$$F = \sigma_A \cdot A = 10,3 \cdot 98,1 \cdot 85 \cdot 10^{-4} = 8,5H = 0,86 \text{ кг}, \quad (8)$$

т. е. сила адгезии, действующая на челюсть близка к 1 кг.

Подход, близкий по конструктивному решению и методике проведения эксперимента, описан в [14]. Устройство содержит металлическую пластинку, состоящую из внутриротовой и внеротовой частей с отверстием на конце для связи посредством нити со средством для измерения силы, при котором произошел отрыв протеза от протезного ложа (рис. 9). Внутриротовая часть выполнена в виде перфорированной подковы, обращенной

Таблица 1. Адгезионная прочность, определяемая на моделях челюстей

№п/п	Адгезионные составы	Мср, г	Адгезионная прочность (средняя) $M \pm SD$
1.	Lacalut Dent (гель)	122,2	4,2 ± 0,05
2.	Тизоль + 25% прополиса гель	134,5	4,6 ± 0,05
3.	Corega FIX & FEST Ultra halcremo	290,6	10,3 ± 0,05
4.	«Супер корега» (порошок)	263,7	9,0 ± 0,1
5.	Пектафикс (порошок)	177,0	6,0 ± 0,08
6.	Пектафикс (гель)	97,9	3,3 ± 0,06

основанием к внеротовой части. Внеротовая часть выполнена продолговатой формы, сужающейся к краю. На внутриротовую часть устройства фиксируют искусственные зубы ПСП с помощью самотвердеющей пластмассы. Устройство с протезом вводят в полость рта пациента и плотно прижимают к протезному ложу. К отверстию фиксируют нить с измерительным прибором. Пациента просят приоткрыть рот на 1–1,5 см и, прилагая равномерную нагрузку, оттягивают измерительный прибор, фиксируя силу F , при которой произошел отрыв протеза от протезного ложа. Степень адгезии рассчитывают по формуле, аналогичной (7).

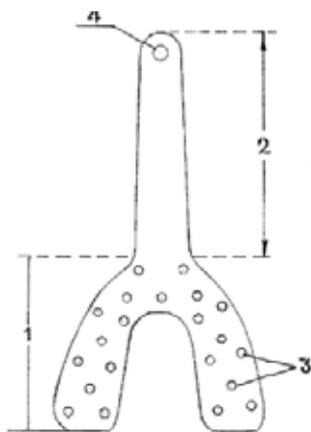


Рис. 9. Схема устройства для определения силы адгезии: 1 — внутриротовая часть; 2 — внеротовая часть; 3 — перфорационные отверстия; 4 — отверстие для присоединения измерительного прибора

Результаты экспериментального определения степени адгезии пластиночного протеза к протезному ложу приведены в табл.2.

С одной стороны, отметим хорошую корреляцию данных работ [12,13] табл.1 и работы [14] табл.2.

С другой стороны, на наш взгляд, при обработке результатов эксперимента в работах [12,13,14] допускается методическая ошибка, заключающаяся в том, что учитывается только действие осевой силы, но не учитывается создаваемый ею момент. Как отмечалось выше, эта ошибка отсутствует при проведении эксперимента по схеме, представленной на рис. 6.

Остановимся на этом замечании более детально, как имеющем существенное значение для оценки степени адгезии протеза. Методика проведения эксперимента, показанная на рис. 7 и рис. 8, схематически может быть представлена так, как показано на рис. 10. В механике такая схема нагружения носит название «внецентренное растяжение (сжатие)», т.е., если сила не проходит через центр тяжести сечения, будет возникать момент M , который равен величине силы F на образовавшееся плечо L , что схематически показано на рис. 10 для верхней (а) и нижней (б) челюстей. Для упрощения анализа принято, что сила имеет только вертикальную компоненту, хотя из рис. 8 следует, что при эксперименте присутствовала и небольшая горизонтальная составляющая.

Напряжения от действия указанных силовых факторов F и M могут быть рассчитаны по формуле [15]

$$\sigma_{\Sigma} = \pm \frac{F}{A} \pm \frac{M}{W}, \quad (9)$$

где F и M — силовые факторы, соответственно сила и момент;

A и W — геометрические параметры, соответственно площадь и момент сопротивления.

Знаки «+» и «-» в формуле (9) обозначают напряжения растяжения и сжатия соответственно.

Дифференцированно для ВЧ и НЧ формула (9) может быть переписана в виде

$$\sigma_{\Sigma B} = -\frac{F}{A_B} \pm \frac{M}{W_B} \text{ и } \sigma_{\Sigma H} = +\frac{F}{A_H} \pm \frac{M}{W_H}. \quad (10)$$

Геометрические параметры A и W , входящие в формулы (10), должны рассчитываться отдельно для верхней и нижней челюсти, так как они на практике существенно различаются. Методика их определения может быть разработана.

Эпюры напряжений в общем виде для верхней и нижней челюсти представлены в нижней части рис. 10. Анализ формул (10) и эпюр на рис. 10 показывает, что для ВЧ при наличии только силы F , действующей в центре и направленной вверх, отрыв протеза вообще невозможен. При наличии момента M в задней части небного свода возникают растягивающие напряжения и при условии, что напряжения от сжатия меньше, чем напряжения от изгиба, могут привести к отрыву про-

Таблица 2. Результаты экспериментального определения степени адгезии пластиночного протеза к протезному ложу

Степень адгезии пластиночного протеза к протезному ложу в г/см ²		
Качество фиксации съемного протеза	Степень адгезии	
	Верхняя челюсть	Нижняя челюсть
сильная	5,6–6,5	3,2–4,5
умеренная	4,8–5,6	2,4–3,2
достаточная	3,6–4,8	1–2,4
недостаточная	ниже 3,6	ниже 1

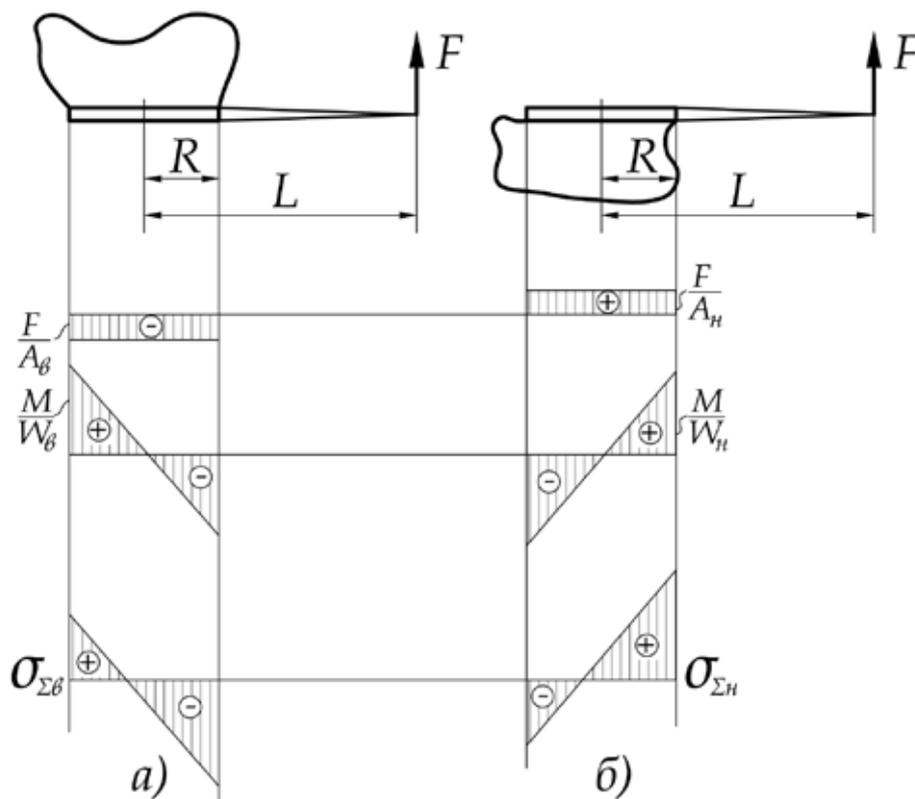


Рис. 10. Схема нагружения верхней и нижней челюсти при проверке степени адгезии протеза

теза. Для НЧ растягивающие напряжения возникают во фронтальной части, которые и приводят к отрыву протеза. Подчеркнем, что для НЧ напряжения от растяжения и изгиба суммируются (в отличие от ВЧ) и, кроме того, геометрические параметры A и W у НЧ существенно меньше.

Для предварительного анализа примем условно, что протез имеет форму круга, т.е. для него $A = \pi R^2$ и $W = \pi R^3/4$. Тогда формула (9) может быть переписана в виде

$$\sigma_{\Sigma} = \pm \frac{F}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{F}{\pi R^2} \left(\pm 1 \pm \frac{4L}{R} \right). \quad (11)$$

В формуле (11) в скобках первое слагаемое «1» отражает действие осевой силы F , а второе — момента M . Визуально, исходя из рис. 7 и рис. 9, $L/R = 3-4$, т.е. возвращаясь к формуле (11), получаем, что $4L/R = 12-16$.

Таким образом, можно сделать вывод: **При обработке результатов экспериментов в работах [12,13,14], за счет методической ошибки, «недооценка» несущей способности адгезивов составляет примерно 10–15 раз.**

Сила адгезии для клея Corega FIX, рассчитанная в примере выше (8), будет составлять более 8,6 кг.

5. Адгезия и вязкость

В заключение рассмотрим кратко такое свойство при оценке адгезии, как вязкость. В некоторых источниках [6] отмечается, что «Высокая вязкость слюны, минимальная величина ее слоя, специальные адгезивные

пасты и эластичные подкладки базиса протеза играют важную роль в проявлении адгезии».

Вязкость — свойство газов и жидкостей оказывать сопротивление необратимому перемещению одной их части относительно другой при сдвиге, растяжении и других видах деформации. Различают *динамическую (или абсолютную) вязкость* и *кинематическую вязкость*.

Динамическая (абсолютная) вязкость μ — сила, действующая на единичную площадь плоской поверхности, которая перемещается с единичной скоростью относительно другой плоской поверхности, находящейся от первой на единичном расстоянии. Оценивается *динамическим коэффициентом вязкости (Н·сек/м²)*.

Кинематическая вязкость может быть получена как отношение динамической вязкости к плотности вещества. Оценивается *кинематическим коэффициентом вязкости (м²/сек)*. Своим происхождением это понятие обязано классическим методам измерения вязкости, таким как измерение времени вытекания заданного объема через калиброванное отверстие под действием силы тяжести. Прибор для измерения вязкости называется *вискозиметром*.

Для успешного использования адгезива необходимо, чтобы он мог не только образовывать прочный контакт с субстратом, но и легко растекаться по его поверхности, но не до такой степени, чтобы его текучестью нельзя было управлять. Движущая сила растекания жидкости зависит от ее способности смачивать твердую поверхность.

Движущей силе противодействует вязкость жидкости. Нежелательно, чтобы жидкость имела слишком высокую вязкость. Высокая вязкость будет препятствовать легкому растеканию жидкости по поверхности твердого субстрата и ее проникновению в узкие трещины и щели.

Оптимизация свойств адгезива, в первую очередь его вязкости, характеризующей способность смачивать поверхность и создавать определенную степень адгезии, а также разработка методик по количественному определению этих свойств адгезива, является перспективным направлением в оценке эффективности фиксации съемных протезов.

Как известно, единой теории склеивания нет, так как полностью ни одна из теорий не может объяснить все многообразие и специфичность явлений, возникающих на различных стадиях склеивания. Но даже неполные теоретические представления, применимые для частных случаев, оказываются полезными при анализе новых адгезивов и конструировании соединений.

Выводы

1. Показана возможность оценки эффективности фиксации съемных протезов за счет функциональной при-

сасываемости и адгезии не только качественно, но и количественно.

2. Варьируя, в зависимости от конкретной клинической ситуации, различные способы фиксации съемных протезов при условии численной оценки их эффективности можно достичь решающего результата для удержания протеза на челюсти в течении длительного времени.

3. Для обоснования эффективности фиксации съемных протезов особое значение имеют экспериментальные исследования при условии их корректной постановки и обработки результатов. В некоторых опубликованных монографиях и патентах при обработке результатов эксперимента допускаются методические ошибки, которые существенно искажают результаты.

4. Необходимо углубление методик по количественной оценке и оптимизации свойств адгезива, в первую очередь его вязкости, в соответствии с конкретной клинической ситуацией.

5. Проведение и углубление фундаментальных исследований влияния языка при полном съемном протезировании может значительно расширить наши представления о фиксации полных съемных протезов и дать практический результат.

Литература:

1. Гаврилов Е. И., Оксман И. М. Ортопедическая стоматология. Изд. «Медицина», М., 1968. — 499 с., ил.
2. Гаврилов Е. И., Щербаков А. С. Ортопедическая стоматология: Учебник 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1984. — 576 с., ил.
3. Рожко М. М., Неспрядько В. П. Ортопедична стоматологія. — К: Книга плюс, 2003. — 552 с., з іл.
4. Жулев Е. Н. Частичные съемные протезы (теория, клиника и лабораторная техника). 2-е издание. Н. Новгород. 2005. — 428 с.
5. Деякі аспекти клінічних і лабораторних етапів виготовлення повних знімних протезів при несприятливих умовах до протезування / Під ред. проф. О. Б. Белікова: Навчальний посібник. — Чернівці — Полтава — Івано-Франківськ, 2012. — 240 с. з іл.
6. Флайшер И. М., Мокренко Е. В., Кравцов А. А. Ортопедическое лечение пациентов с полным отсутствием зубов. //Руководство для подготовки студентов к практическим занятиям. ГБОУ ВПО ИМГУ. Иркутск, 2012, 62 с.
7. Марков Б. П., Маркова Г. Б. Ортопедическое лечение пациентов при полном отсутствии зубов / Под ред. проф. Т. И. Ибрагимова //Лекции по ортопедической стоматологии: учебное пособие. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 208 с.
8. Чуйко А. Н., Левандовский Р. А., Беликов А. Б., Шинчуковский И. А., Алымбаев А. С. Глоссарий основных понятий, терминов, определений и зависимостей применительно к челюстно-лицевой хирургии и стоматологии. // Буковинський медичний вісник. 2012, Том 16, № 2 (62). с. 201–212.
9. Савельев И. В. Курс общей физики, том 1. М.: «Наука», 517 с.
10. Иголкин С. И. Поверхностное натяжение и проблема прочности жидких капель. Физика аэродисперсных систем. Вып. 41. Одесса «Астропринт». 2004, с. 21–30.
11. Иголкин С. И. Критический анализ опытов по измерению углов смачивания и сил поверхностного натяжения// Прикладная физика. 2007. № 4. С. 43–51.
12. Жолудев С. Е. Адгезивные средства в ортопедической стоматологии. — М.: Медицинская книга. Изд-во «Стоматология», 2007. 112 с.
13. Улучшение адаптации к полным съемным протезам при применении адгезивных средств — www.dentoday.ru/35/art4.shtml
14. Патент РФ 2323700, С2 МПК А61С13/00 Устройство для определения степени адгезии полного съемного протеза /Писаревский Ю. Л., Соловьев С. Н., 10.10.2007.
15. Чуйко А. Н. Биомеханика в стоматологии: Монография / А. Н. Чуйко, И. А. Шинчуковский. — Х.: Изд-во «Форт». 2010. — 516 с., ил.

ГЕОГРАФИЯ

Длительновременные климатические изменения предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор;
Гаджимурадова Заира Магомедовна, аспирант
Дагестанский государственный педагогический университет (г. Махачкала)

Братков Виталий Викторович, доктор географических наук, профессор
Московский государственный университет геодезии и картографии (г. Москва)

В статье анализируется временная структура предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа с точки зрения влияния на нее климатических изменений, происшедших за последние 60 лет. Изменения встречаемости групп состояний, осредненные по 10-летним отрезкам, позволяют сделать вывод о том, что климатические изменения накладывают отпечаток преимущественно на зимние состояния. В результате сокращается не только их длительность, но и длительность зимнего сезона в целом. Набор состояний и длительность летнего сезона изменяются в гораздо меньших пределах. В целом структура предгорных ландшафтов в связи с большой мозаичностью остается довольно стабильной.

Ключевые слова: предгорные ландшафты, Северо-Восточный Кавказа, климатические изменения, состояния ПТК, временная структура ландшафтов.

The article analyzes the temporal structure of the landscape of the foothills of the North-East Caucasus in terms of impact on her climatic changes over the last 60 years. Changes in the occurrence of groups of states, averaged over a 10-year intervals, lead to the conclusion that climate change is superimposed imprint mainly for winter conditions. The result is reduced by only their length, but also the duration of the winter season in general. A set of states and the duration of the summer season changed to a much smaller range. In general the structure of the foothill landscapes in connection with a large mosaic remains fairly stable.

Keywords: foothill landscapes, Northeast Caucasus, climate changes, the state of the NTC, the temporal structure of landscapes.

Климатические изменения сказываются на пространственно-временной организации ландшафтов, под которой понимается устойчивая упорядоченность, структурированность во времени и пространстве, проявляющаяся на земной поверхности в форме разнокачественных индивидуальных геокомплексов разного таксономического ранга и закономерном сочетании их суточных, сезонных, годовых и внутривековых микро-, мезо- и макросостояний (режимов функционирования) [7]. Режимы функционирования находят свое выражение через состояния природно-территориальных комплексов (ПТК), которые в зависимости от продолжительности подразделяются на кратковременные (до 1 суток), средневременные (от 1 сутки до 1 года) и дли-

тельновременные (более 1 года) [4]. То есть для смены пространственной структуры ПТК, в частности, под влиянием изменений климата, необходима смена временной структуры, под которой следует понимать типичные наборы состояний, характерные для того или иного типа ландшафтов [2, 8, 10]. В этой связи для оценки влияния климатических изменений на ландшафтную структуру необходим анализ внутриландшафтных климатических условий [9] и соответствующих им временной структуры за соответствующие промежутки времени, длительностью 10 лет [11].

Предгорные ландшафты интересны тем, что являясь переходной полосой между равнинной и горной частями, в свою пространственную структуру включают ПТК, ха-

Таблица 1. Встречаемость групп состояний дерновинно-злаковых степей в сочетании с шибляками и смешано-дубовыми лесами на черноземах и серых лесных почвах в зависимости от климатических условий

Годы	H	G	GS	U-	U+	Z	S	K	A	DT	DR	DKy
1951–1960	28	12	13	13	11	10	12	3	0	-0,4	-55	-0,05
1961–1970	17	15	16	17	12	11	7	7	0	-0,2	-8	0,01
1971–1980	19	18	14	14	10	11	5	7	3	-0,4	-9	0,00
1981–1990	23	15	16	12	15	9	6	4	0	-0,2	21	0,02
1991–2000	16	14	14	13	14	15	8	7	0	0,2	12	0,00
2001–2010	13	14	13	16	18	13	9	4	2	1,1	25	0,00
Среднее	19	15	14	14	13	11	8	5	1	10,3	461	0,48

Примечание: обозначения состояний и их групп приведены в тексте; здесь и далее ΔT — отклонение годовой температуры воздуха от средней величины за весь рассматриваемый временной отрезок; ΔR — отклонение годового количества осадков от средней величины за весь рассматриваемый временной отрезок; ΔKy — отклонение коэффициента увлажнения Н. Н. Иванова от средней величины за весь рассматриваемый временной отрезок

рактерные как для гор, так и для равнин [1]. В условиях Северо-Восточного Кавказа это чаще всего лесостепные ландшафты. Для оценки климатических изменений и их влияния на временную структуру рассмотрим данные опорных метеостанций «Буйнакск» (дерновинно-злаковые степи в сочетании с шибляками и смешано-дубовыми лесами на черноземах и серых лесных почвах) и «Владикавказ» (грабово-дубовые и грабово-буковые леса в сочетании с луговыми степями на бурых лесных и черноземовидных почвах) за 1950–2010 гг. Обзор климатических изменений в пределах этих ландшафтов приведен в работе [3, 5, 6].

Влияние климатических изменений на временную структуру дерновинно-злаковых степей в сочетании с шибляками и смешано-дубовыми лесами на черноземах и серых лесных почвах иллюстрирует таблица 1. Как видно из приведенных данных, осредненных по 10-летним интервалам, отмечается постепенный рост температуры воздуха, особенно за последнее десятилетие, а также небольшое увеличение количества выпадающих осадков. Однако в целом характер внутриландшафтного увлажнения, выраженный через коэффициент увлажнения, остается стабильным.

Нивальные состояния, на долю которых приходится в среднем 19% за рассматриваемый период, минимально были представлены во временной структуре в 2001–2010, 1991–2000 и 1961–1979 гг. (13, 16 и 17% соответственно). Чаще всего они отмечались в 1951–1960 гг. (28%) и 1981–1990 гг. (23%). В целом связь этой группы состояний с годовой температурой воздуха выражена слабее, чем с количеством осадков, однако имеющаяся тенденция роста температуры воздуха и увеличение количества осадков приводит к сокращению данной группы состояний.

Гумидные состояния отмечаются во временной структуре наиболее часто среди летних состояний, в среднем на них приходится 15%, а величина изменения не превышает 3%. Очевидного и заметного влияния изменение климатических условий на эту группу состояний не просматривается.

Семигумидные состояния, встречаемость которых близка к гумидным, также довольно стабильно представлены во временной структуре данных ландшафтов — 13–16%. Поэтому также можно утверждать, что данная группа состояний также малочувствительна к изменению климатических условий.

Участие во временной структуре **переходных (осенних и весенних) состояний** довольно близко 14 и 13% соответственно. В целом отмечается некоторое увеличение продолжительности данных сезонов в связи с увеличением годовой температуры воздуха, что наиболее отчетливо заметно в начальный и конечный временные отрезки.

Бесснежные состояния холодного периода, средняя годовая встречаемость которых составляет 11%, стабильнее были представлены в первую половину рассматриваемого временного отрезка — 10–12%. Начиная с 1990-х годов их участие во временной структуре увеличилось до 13–15%, что можно рассматривать как реакцию на повышение температуры воздуха и увеличение количества выпадающих осадков.

Семиаридные состояния, средняя годовая встречаемость которых составляет 8%, изменяются в значительных пределах: если в 1951–1960 гг., когда отмечались наиболее холодные и сухие условия, их доля была максимальной — 12%, то 1971–1980 гг. несмотря на некоторое увеличение количества осадков по сравнению с 1951–1960 гг., произошло сокращение их встречаемости более, чем в 2 раза — до 5%. Увеличение температуры воздуха привело к росту встречаемости данной группы состояний в последние годы.

Криотермальные состояния, годовая встречаемость которых составляет 5%, наиболее редко отмечались в начальный и конечный временные отрезки, то есть как в условиях наиболее холодных и сухих, так и в теплых и относительно влажных. Очевидно, что эта групп состояний слабо реагирует на изменения климатических условий.

Аридные состояния отмечаются в данном ареале предгорных ландшафтов эпизодически. Так, в 1971–1980 гг.

Таблица 2. Встречаемость групп состояний грабово-дубовых и грабово-буковых лесов в сочетании с луговыми степями на бурых лесных и черноземовидных почвах в зависимости от климатических условий

Годы	H	G	U+	U-	Z	GS	K	S	DT	DR	Ky
1951–1960	31	23	13	15	6	8	3	1	-0,4	-123	0,86
1961–1970	23	26	15	15	12	3	6	1	-0,2	49	1,08
1971–1980	28	24	16	15	8	4	3	3	-0,4	-46	0,95
1981–1990	28	26	17	12	10	3	3	2	-0,1	-15	1,00
1991–2000	27	22	16	14	13	4	1	3	0,2	54	1,04
2001–2010	19	27	18	13	12	6	3	3	1,1	131	1,08
Среднее	26	25	16	14	10	5	3	2	8,7	873	1,00

на них приходилось 3%, а в 2001–2010 гг. — 2%, то есть они связаны преимущественно с циркуляционными процессами.

Однако если на уровне групп состояний не выявляется заметного влияния на них климатических изменений, то при объединении их в сезоны она начинает проявляться. Так, в 1951–1960 гг. на долю собственно зимних состояний (нивальных и криотермальных) приходился 31%, то в 2001–2010 гг. — лишь 17%. Что касается летних состояний (гумидных, семигумидных, семиаридных и аридных), то их доля довольно стабильна и составляет 36–38%.

Влияние климатических изменений на временную структуру грабово-дубовых и грабово-буковых лесов в сочетании с луговыми степями на бурых лесных и черноземовидных почвах иллюстрирует таблица 2. В отличие от восточного сектора, здесь отмечается более существенные изменения гидротермических условий, хотя общая тенденция роста температуры воздуха и количества выпадающих осадков также выражена довольно четко. Наиболее существенным отличием является то, то характер внутриландшафтового увлажнения изменился за последние 30 лет: коэффициент увлажнения в большей степени соответствует лесным условиям, чем лесостепным.

Нивальные состояния наиболее часто отмечаются во временной структуре — на их долю в среднем приходится 26%, но при этом наиболее часто они отмечались в начальный временной отрезок (31%), а наиболее редко — в последний (19%). То есть, рост температуры воздуха не мог не сказаться на роли этой группы состояний во временной структуре ПТК.

Гумидные состояния, средняя многолетняя встречаемость которых составляет 25%, стабильно представлены во временной структуре. Наиболее часто они отмечались в 2001–2010 гг. (27%), а реже всего — в 1991–2000 гг. (22%). В обоих случаях условия были теплыми и влажными, а с учетом того, что в 1961–1970 гг. отмечались относительно холодные и влажные условия, а в 1981–1990 гг. относительно сухие, идентичная встречаемость данной группы состояний свидетельствует о слабом влиянии климатических изменений на данную группу состояний.

Переходные состояния, на долю которых приходится 16 (весенние) и 14% (осенние), довольно стабильно пред-

ставлены во временной структуре. Интересной особенностью является то, что в начале рассматриваемого временного ряда осенние состояния были продолжительнее весенних, то в 2001–2010 гг., наоборот, весна длилась дольше осени.

Бесснежные состояния холодного периода, участие которых в годичном спектре состояний достигает 10%, реже всего отмечались в разной степени холодные и сухие периоды (1951–1960 и 1971–1980 гг.), когда на них приходилось 6–8%. Повышение температуры воздуха и увеличение количества осадков приводило к увеличению участия данной группы состояний во временной структуре.

Семигумидные состояния присутствуют во временной структуре ПТК стабильно, но при этом их наибольшая доля отмечалась в начальное и конечное десятилетия — 6–8%, а в остальные годы их доля была 3–4%, то есть они отмечались не каждый год. То есть эти состояния не являются индикаторами климатических изменений.

Криотермальные состояния более часто отмечались в первую половину рассматриваемого временного отрезка, когда их доля достигала 3–6%. В 1991–2000 гг. они появлялись во временной структуре эпизодически, хотя в последний отрезок их роль вновь возросла.

Семиаридные состояния в 1951–1960 и 1961–1970 гг. отмечались во временной структуре данного ареала предгорных ландшафтов эпизодически, так как их встречаемость составляла 1%. Рост температуры воздуха даже с увеличением количества выпадающих осадков привел к тому, что данная группа состояний стала более стабильной.

Как и в случае с более восточным участком предгорно-холмистых ландшафтов, наиболее четко потепление отражается на соотношении сезонов — доля типичных зимних состояний сократилась с 34% в 1951–1960 гг. до 22% в 2001–2010 гг., при этом летний сезон остался более стабильным, хотя и отмечается незначительное удлинение в последний рассматриваемый отрезок.

Таким образом, климатические изменения в пределах предгорно-холмистых ландшафтов Северо-Восточного Кавказа, рассматриваемые по 10-летним отрезкам, имеют общую тенденцию, а именно — увеличение средней го-

довой температуры воздуха и количества выпадающих осадков. Однако характер увлажнения в восточном секторе остается стабильным, а в западном внутриландшафтное увлажнение улучшается. Наиболее чутко реагируют на данные климатические тенденции зимние состояния — их доля уменьшается, тогда как структура летнего сезона остается более стабильной. Это позволяет делать вывод

об относительной стабильности ландшафтной структуры данных ландшафтов. В связи с наличием в ее составе разнотипных ПТК (древесных, кустарниковых и травяных) скорее всего, может происходить улучшение условий произрастания для отдельных их групп при общей более высокой мозаичности по сравнению как с горными, так и с равнинными ландшафтами.

Литература:

1. Атаев З. В. Ландшафтный анализ низкоречно-предгорной полосы Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2008. № 1. С. 59–67.
2. Атаев З. В., Братков В. В., Гаджимурадова З. М., Заурбеков Ш. Ш. Климатические особенности и временная структура предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2011. № 1. С. 92–96.
3. Атаев З. В., Братков В. В., Халидова Н. А. Сезонная динамика горных умеренных ландшафтов Северного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2011. № 2. С. 81–86.
4. Беручашвили Н. Л. Четыре измерения ландшафта. М.: Мысль, 1986. 182 с.
5. Братков В. В., Атаев З. В., Байрамкулова Б. О. Географические особенности горных умеренных семигумидных и семиаридных ландшафтов северного макросклона Большого Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2009. № 1. С. 92–96.
6. Братков В. В., Атаев З. В., Байсиева Л. К. Временная неоднородность климатических условий предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Юг России: экология, развитие. 2013. № 1. С. 6–11.
7. Дьяконов К. Н. Геофизика ландшафта: Биоэнергетика, модели, проблемы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 95 с.
8. Заурбеков Ш. Ш. Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру региона (на примере Северного Кавказа). Автореферат дис. ... докт. геогр. наук. Краснодар, 2012. 48 с.
9. Корецкий А. В., Заурбеков Ш. Ш., Атаев З. В. Сравнительный анализ временной структуры лесостепных ландшафтов Центрального и Восточного Предкавказья // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2010. № 4. С. 105–108.
10. Ataev Z. V., Bratkov V. V. The climatic features and the temporal structure of the foothill landscapes in the Northeastern Caucasus // European researcher = Европейский исследователь. 2011. № 10. С. 1439–1444.
11. Ataev Z. V., Bratkov V. V. Impact of long-term climate changes on the piedmont landscapes of the Northeastern Caucasus // European researcher = Европейский исследователь. 2013. Т. 52. № 6–1. С. 1690–1694.

Современное состояние, проблемы и перспективы развития нефтяной и газовой промышленности Краснодарского края

Боброва Олеся Юрьевна, аспирант
Сочинский государственный университет (Краснодарский край)

В статье рассматривается современное состояние и перспективы развития нефтяной и газовой промышленности Краснодарского края. Раскрыто стратегическое значение нефтяных и газовых месторождений, находящихся на территории края для экономики. Показана необходимость ускоренного создания современных конкурентоспособных технологий и перерабатывающих отраслей с целью получения высококачественных жидких углеводородных продуктов.

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность; проблемы и перспективы развития; Краснодарский край.

Краснодарский край долгое время оставался самым нефтеносным регионом страны. Еще в 50-х годах XIX века на Тамани велась добыча нефти из колодцев, причем

в год добывали от 1000 до 3000 ведер. В 1864 г. полковником А. Н. Новосильцевым в долине реки Кудак, близ станицы Киевской (Крымский район), была пробурена

первая в России нефтяная скважина, дававшая до 20 т нефти в сутки. На памятнике первой нефтяной скважине высечены слова академика И. М. Губкина: «Долина реки Кудако является колыбелью нефтяной промышленности России». В 1865 г. были проведены изыскания, которые подтвердили наличие нефтеносных толщ, а к 1870 г. на Кубани уже добывалось около 170 млн. пуд. нефти. К нефтеносным районам Кубани проявляли интерес не только российские промышленники (Нобель, Гукасов), но и иностранные компании. Добыча нефти в большинстве случаев велась весьма простыми способами. Из колодцев глубиной до 24 м бадьями, с помощью ворота, черпали нефть, затем кипятили в котлах, а всплывший мазут использовали для смазки колес, конской сбруи, кожаной обуви и т. д. Кубанская нефть, отличающаяся высоким качеством, добывается в основном фонтанным способом. Нефтяной фонтан одной из них выбрасывал более 190 тонн в сутки [1,2].

В то же время большинство месторождений (70% запасов нефти на Кубани), уже выработано до глубины 3000 м. Более глубокое бурение сказывается на себестоимости продукции. Необходимо применение новейших технологий добычи, а также поиск и разработка новых месторождений, в том числе разведка шельфовых районов Азовского и Черного морей. Подавляющее большинство месторождений сосредоточено на левобережье Кубани, в районе станиц Северской и Ахтырской, в Абинском районе, долине реки Псекупс и в Анастасиевско-Троицком нефтеносном бассейне. Основными «долгожителями» являются Хадыженские и Славянские месторождения. Они эксплуатируются уже более 40 лет. К числу самых «молодых» можно отнести Сладковско-Морозовское месторождение [3].

Для наибольшей наглядности современного состояния нефтегазовой промышленности Краснодарского края предлагается рассмотреть основные её сектора.

Нефтегазодобывающая отрасль. Ресурсная база нефти и газа Краснодарского края была сформирована в основном в 50–60 г. г. прошлого столетия. За весь период активной эксплуатации месторождений в Краснодарском крае добыто около 230 млн. т нефти и 400 млрд. м³ газа.

Проблемы нефтегазодобывающей отрасли Краснодарского края:

- истощение запасов нефтяных месторождений;
- сложное геологическое строение месторождений;
- недостаточные капвложения в геологоразведочные работы;
- отсутствие современных методов повышения нефтеотдачи пластов;
- длительное оформление разрешительной документации;
- отсутствие делимитированной государственной границы между Россией и Украиной;
- отсутствие российских технических средств, для проведения буровых работ на шельфе.

Стратегическая цель и приоритеты развития нефтедобывающей отрасли Краснодарского края.

Основная цель проведения политики в нефтедобывающей отрасли — увеличение добычи углеводородного сырья путем реализации мероприятий по поиску и разведке новых месторождений на территории края. Для решения поставленных задач в Краснодарском крае приняты и реализуются 2 программы, направленные на воспроизводство минерально-сырьевой базы Краснодарского края.

1. Федеральная программа «Геологическое изучение и оценка углеводородного потенциала нижних комплексов разреза платформенного чехла Западного Предкавказья на основе региональных сейсморазведочных работ с целью обеспечения стабильного развития и расширения ресурсной базы ТЭК Южного федерального округа (Краснодарский край). Ожидаемый результат — прирост не менее 370 млн. т. условного топлива углеводородного сырья и подготовка для лицензирования не менее 30 новых объектов площадью 12,5 тыс. кв. км.

2. Долгосрочная краевая целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Краснодарского края на период 2011–2020 годов». [2]

Трубопроводный транспорт. Трубопроводный транспорт Краснодарского края представлен магистральными газо-, нефтепроводами и нефтепродуктопроводами. Протяженность магистральных нефте-, нефтепродуктопроводов по территории Краснодарского края составляет 3,0 тыс. км, резервуарный парк — 1,77 млн. м³, объем транспортировки и перевалки нефти — 93,0 млн. тонн в год [4].

Управление транспортировкой нефти по магистральным нефтепроводам, профилактические, диагностические и аварийно-восстановительные работы на нефтепроводах осуществляют ОАО «Черномортранснефть» (Рис. 1), ЗАО «КТК-Р», ОАО «Северо-Кавказский транснефтепродукт» и ЗАО «Нафатранс».

В Краснодарском крае эксплуатируется:

- 32 насосные станции;
- 4 перевалочные нефтебазы — «Шесхарис», «Грушова», «Заречье» и «Тихорецкая».

Общая численность работающих специалистов в трубопроводном транспорте — около 7,8 тыс. человек. Общий уровень налоговых отчислений в консолидированный бюджет Краснодарского края 1,5 млрд. рублей [5].

Стратегическими целями развития трубопроводного транспорта являются:

- стабильное, бесперебойное и экономически эффективное удовлетворение внутреннего и внешнего спроса на нефть и продукты ее переработки;
- обеспечение стабильно высоких поступлений в доход консолидированного бюджета Краснодарского края;
- формирование устойчивого платежеспособного спроса на продукцию сопряженных отраслей экономики Краснодарского края (нефтяной комплекс, нефтеперерабатывающая промышленность).



Рис. 1. Схема нефтепроводов ОАО «Черномортранснефть»

Для достижения этих целей предусматривается решение следующих основных задач развития трубопроводного транспорта:

- ресурсо- и энергосбережение, сокращение потерь на всех стадиях технологического процесса при транспорте нефти и нефтепродуктов;

- развитие транспортной инфраструктуры комплекса для повышения эффективности экспорта нефти и нефтепродуктов, ее диверсификация по направлениям, способам и маршрутам поставок на внутренние и внешние рынки;

- своевременное формирование транспортных систем;

- расширение присутствия российских нефтяных компаний на зарубежных рынках, их участие в транспортных активах за рубежом.

Приоритетными направлениями научно-технического развития в области трубопроводного транспорта являются:

- создание высоконадежных ресурсосберегающих экологически чистых технологий, оборудования и приборов для обеспечения высокого качества работ при строительстве, эксплуатации и реконструкции систем трубопроводного транспорта;

- разработка новых технических средств обнаружения, локализации и ликвидации аварий на трубопроводном транспорте.

Перспектива трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов на краткосрочный и долгосрочный период.

К 2015 году объемы транспортировки нефти и нефтепродуктов должны увеличиться до 140 млн. тонн [6]:

- ЗАО «КТК-Р» — около 67,0 млн. тонн нефти в год;
- ОАО «Черномортранснефть» — около 65,0 млн. тонн нефти и нефтепродуктов (за счет перевалки нефти для Туапсинского НПЗ по планируемому к размещению магистральному нефтепроводу «Тихорецк — Туапсе» (Белореченский, Апшеронский, Туапсинский районы).

- ОАО «Северо-Кавказский транснефтепродукт» планирует достигнуть объемов транспортировки нефтепродуктов до 8,3 тонн в год [2].

Нефтеперерабатывающая отрасль. Переработка нефти осуществляется на нефтеперерабатывающих заводах — Краснодарском (вступил в строй в 1911 г.) и Туапсинском (пущен в эксплуатацию в 1929 г.). Кроме местной нефти, заводы края используют и привозную [7].

На нефтеперегонных заводах получают автобензин, дизтопливо, керосин, битум, мазут, газ жидкий бытовой и другие нефтепродукты. Продукция нефтезаводов края имеет важное народнохозяйственное значение. До 70% продукции Туапсинского нефтезавода идет на экспорт.

В соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. приоритетными направлениями развития нефтегазового комплекса Краснодарского края являются:

- привлечение инвестиций в геологоразведку и разработку месторождений углеводородного сырья;

- разработка месторождений на шельфе Азовского и Черного морей;

- внедрение новых технологий добычи и переработки нефти и газа;

- повышение эффективности использования ресурсов.

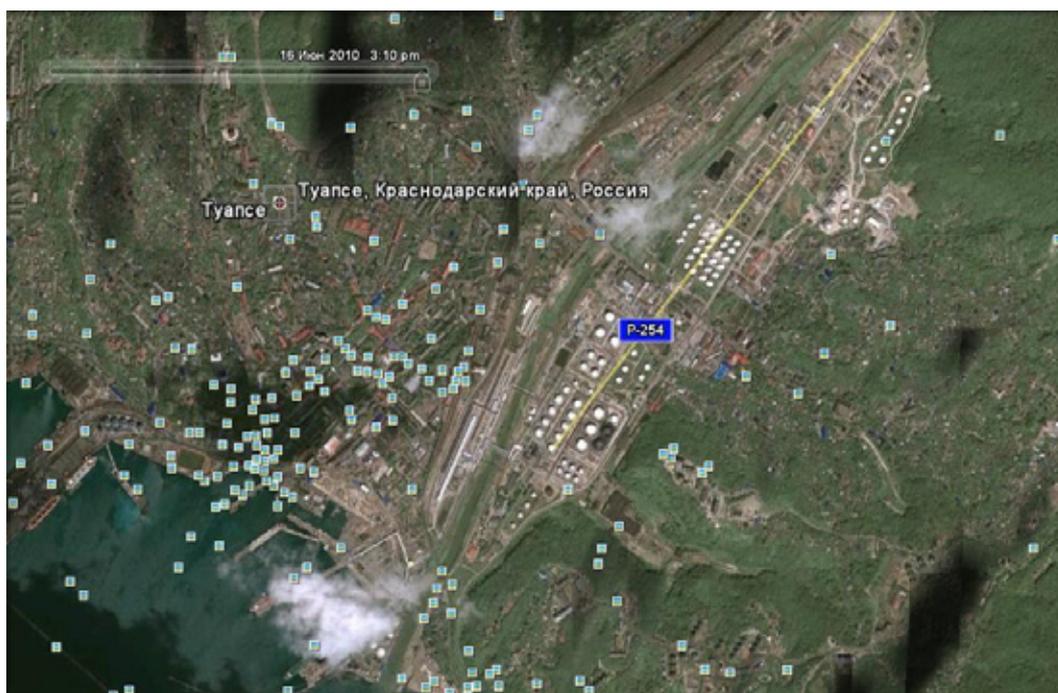


Рис. 2. Снимок из космоса территории: ООО «РН-Туапсинского НПЗ»

Нефтегазовый комплекс включает в себя предприятия нефтегазодобычи, нефтепереработки и нефтепродуктообеспечения. [3]

Нефтеперерабатывающую отрасль Краснодарского края представляют 5 предприятий, в том числе 3 крупных: ООО «РН-Туапсинский НПЗ» (Рис. 2), ООО «Афипский НПЗ»; ЗАО «Краснодарский нефтеперерабатывающий завод — Краснодарэконейф».

Основные проблемы нефтеперерабатывающей отрасли:

- ограниченные транспортные возможности по поставке сырья и реализации готовой продукции;
- ограниченные территориальные возможности по развитию существующих на территории края НПЗ;
- изношенность оборудования нефтеперерабатывающих заводов.

Основные проблемы нефтеперерабатывающей отрасли:

- ограниченные транспортные возможности по поставке сырья и реализации готовой продукции;
- ограниченные территориальные возможности по развитию существующих на территории края НПЗ;
- изношенность оборудования нефтеперерабатывающих заводов.

Стратегическая цель — увеличение объемов переработки нефти на территории Краснодарского края, повышение качества выпускаемой продукции.

Основная задача нефтеперерабатывающей отрасли — осуществление реконструкции действующих на территории края нефтеперерабатывающих заводов с целью увеличения их загрузки и полноты переработки углеводородного сырья, что позволит выпускать высококачественное автомобильное топливо и масла, соответствующие международным стандартам. [2]

Ожидаемые результаты реализации энергетической стратегии ТЭК Краснодарского края к 2020 году.

В результате реализации мер, предусмотренных Стратегией, в крае к 2020 году будут обеспечены, стабильное и эффективное удовлетворение потребностей развивающейся экономики и населения края в топливно-энергетических ресурсах, а именно [8]:

- уровень газификации в крае природным и сжиженным газом возрастет с 80 до 90 %;
- первичная переработка нефти в крае увеличится с 11 до 20 млн. тонн в год;
- увеличение транспортировки газа (экспортные поставки) с 50 до 94 млрд.м³ в год, нефти и нефтепродуктов с 100 до 160 млн.тонн в год. [4]

Таким образом, исполнения намеченных целей полностью зависит от эффективности функционирования за счёт реформирования и реструктуризации деятельности и полного внедрения в жизнь разработанных стратегических направлений.

Литература:

1. Золотарев В. А., Соколов А. М., Янович М. В. Нефть и безопасность России. — М.: «Оружие и технологии», 2007, с 43–46.

2. Топливо-энергетический комплекс Краснодарского края. [Электронный ресурс]: // Портал исполнительных органов государственной власти Краснодарского края. — <http://krasnodar.ru/content/444/show/29516/>
3. Alexander N. Volkov Prospects for Energy Efficient Clusters Development in the Russian Federation // *European Journal of Economic Studies*. 2012. № 2. P. 144–152.
4. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 N 1662-р (ред. от 08.08.2009) «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года». [Электронный ресурс]: // Закон прост! [Правовая консультационная служба] — [М., 2009] — Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/593274/>
5. Кошечев С. В., Кученко С. С. Развитие топливо-энергетического комплекса Краснодарского края на основе применения инновационных технологий в области энергосбережения и энергоэффективности [Электронный ресурс] // *Современные исследования социальных проблем (электронный журнал)*. 2012. № 10. URL: <http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/10/koshcheev.pdf> (дата обращения 10.11.2012 г.).
6. Постановление Главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 29 декабря 2010 г. N 1300 об утверждении долгосрочной краевой целевой программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на территории Краснодарского края на период 2011–2020 годов». [Электронный ресурс]: // Управление целевых программ министерства экономики Краснодарского края — Режим доступа: http://uesr.krasnodar.ru/prog_local/list_local/long_term
7. Koshcheev, S.V. Cluster technologies in management of innovative activity // *European Journal of Economic Studies*. 2012. № 2. P. 102–106.
8. Alexander N. Volkov Cluster Policies in Energy Efficiency Management in Regional Innovative Strategy of Sustainable Development // *European researcher*. 2012. № 10–2. P. 1761–1766.

ГЕОЛОГИЯ

Методический подход к созданию геологических моделей терригенных резервуаров

Ганеев Данил Альмирович, аспирант
ОАО «НПФ «Геофизика» (г. Уфа)

На современном этапе освоения нефтегазоносных площадей, актуальным является детальное доизучение геологического строения и потенциала нефтегазоносности, решением этой задачи может быть создание постоянно-действующие геологические модели, которая позволяет выбрать методику технологических процессов разработки месторождения.

На примере приведенного месторождения продемонстрирована технология геологического моделирования терригенных отложений нижнего карбона, осложненных тектонической дислоцированностью и пространственной неоднородностью коллекторских свойств.

Создание достоверной геологической модели с учетом структурных и литологических особенностей позволяет получить комплексное представление о геологическом строении этажа нефтеносности изучаемого участка.

Поэтому разработка методических и технологических решений для моделирования с учетом всей совокупности неоднородностей при построении цифровых моделей является в настоящее время одной из актуальных задач моделирования нефтяных и газовых месторождений.

К объекту ТТНК относятся различные по своим характеристикам пласты, формирующие этаж нефтеносности. Ряд пластов характеризуются широким распространением коллекторов по площади и выдержанными толщинами, другие прерывистым залеганием, невыдержанностью по литологическому составу и непостоянными толщинами.

Все работы по построению геологических моделей проводились поэтапно, создавались системы трендов и направляющих для каждого пласта, чтобы учесть сложное геологическое строение.

Первый этап включал аккумуляцию всей возможной и доступной информации. Исходной информацией для построения цифровой геологической модели послужили результаты интерпретации ГИС. Скважинные данные были загружены в модель с учётом траектории скважин. Также как исходные данные были привлечены оцифрованные изолинии, изопахиты, линий выклинивания.

Была выполнена корреляция и составлены корреляционные схемы для продуктивных отложений нижнего карбона по линии В-В' на рисунке 1.

На втором этапе после проведения корреляции выполнялось структурное моделирование. Были созданы отметки пластопересечений кровли и подошвы пластов по всем скважинам. На основе полученных объектов строились структурные поверхности пластов и параллельно согласовывались с оцифрованными контурами ВНК. Поверхности строились с инкрементом не более 25x25 м. Такая размерность сетки позволяет достаточно точно отстроить структуру и оптимальна с точки зрения хорошей разбуренности. Построение подошвы пластов осуществлялось путем сложения общей мощности пласта со структурной поверхностью кровли (метод схождения). Общая мощность пласта строилась интерполяционным методом по данным скважин.

Корректность выполненных построений оценивалась путем сравнения структурных поверхностей и отбивок по скважинам, разница не превышает 0,1 метра.

В структурную модель нижнего карбона интегрировалась модель разломов. Все структурные поверхности адаптировались к сформированной модели на основе плоскостей разломов, что в итоге привело к согласованной структурной модели в области принятого разлома рисунок 2.

По результатам проведения второго этапа создавались самостоятельные сетки для каждого из пластов группы. Трёхмерные геологические сетки строились в объёме между смоделированными структурными поверхностями. Сетка создается с учетом всех направляющих и комбинирована с разломами. Количество слоёв подбиралось таким образом, чтобы максимально точно описать разрез пласта, с сохранением толщины наименьших коллекторских и неколекторских прослоев.

Третий этап включает в себя построение литологических моделей залежей с учетом применения трендов песчаности для настройки латеральной изменчивости внутри пластов (рисунок 3).

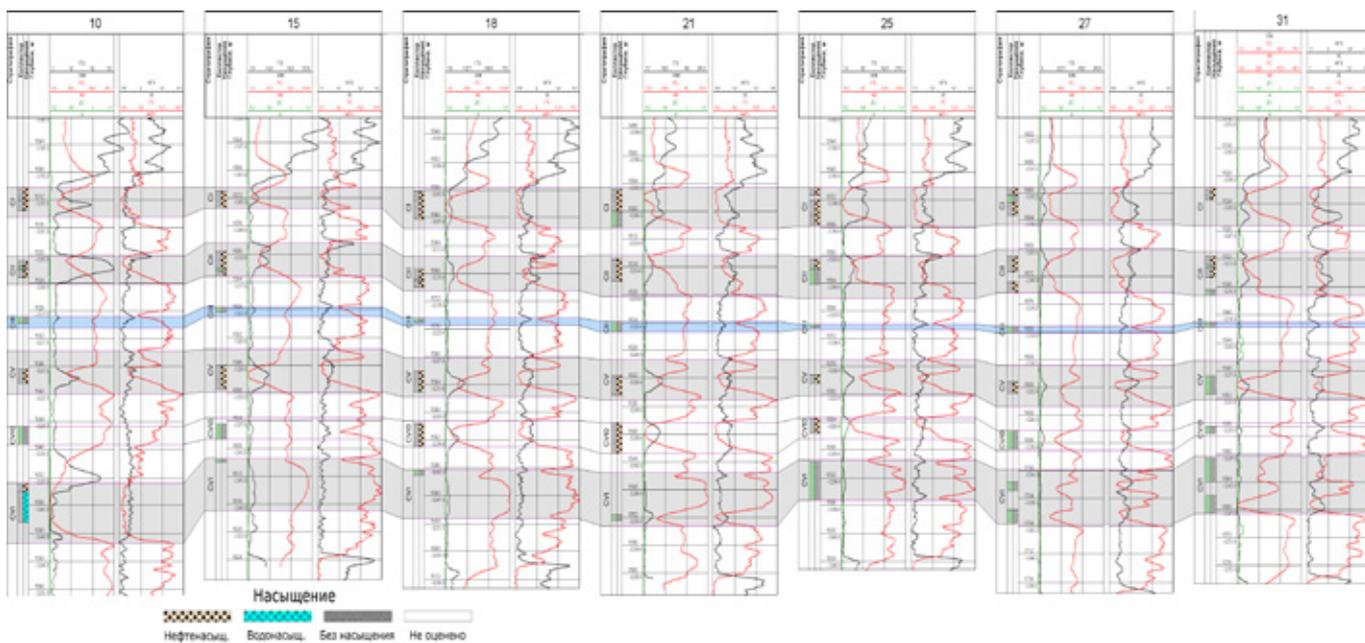


Рис. 1. Корреляционная схема по линии В-В'

После определения строения 3D сетки проводилось осреднение скважин или процесс переноса скважинных данных на ячейки трехмерной сетки.

Осредненные значения непрерывных кривых в нашем случае являются результатом расширенного варианта арифметического метода осреднения — средневзвешенное значение по мощности, когда данные усреднялись пропорционально толщине. На сетку усреднялись следующие параметры: литология (коллектор-неколлектор), нефтенасыщенность и пористость.

После этого было проведено литологическое моделирование, суть которого заключается в получении представления о пространственном распространении пород различных литотипов и создании трехмерного параметра литологии. В данной цифровой геологической модели под литотипами подразумевается деление пород на две категории: коллектор и неколлектор [3]. Для продуктивных отложений поле распределения коллекторов было получено с помощью моделирования методом детерминистической интерполяции.

На четвертом этапе формируется модель петрофизических свойств проницаемых пород на основе смоделированных кубов литотипов. Данная модель представляется в виде куба открытой пористости, а так же в виде куба нефтенасыщенности. Алгоритм петрофизического моделирования основан на Гауссовом распределении. Примененные тренды позволили учесть латеральную изменчивость поля пористости в областях ухудшенных коллекторских свойств.

Проницаемость пересчитывалась по петрофизическим зависимостям.

Поле нефтенасыщенности строилось на основе сква-

жинных данных с учетом пространственного распределения коллекторских свойств установленных в результате лабораторных исследований и гипсометрического положения плоскостей принятых водонефтяных контактов неравномерной конфигурации.

На пятом этапе с целью качественной и количественной оценки созданных цифровых геологических моделей было произведено сравнение подсчетных параметров двумерной (подсчетные планы) и трехмерной моделей [3]. Расхождение не превышает 5%, что позволяет считать построенную геологическую модель месторождения достоверной.

Представленные профили позволили визуально контролировать получившиеся 3D кубы параметров, сопоставить между собой все получившиеся поля, а также убедиться в том, что сформированные кубы соответствуют исходным скважинным данным (рисунок 4) [4].

При преобразовании геологической модели залежи в гидродинамическую, учитывались особенности геологического строения пластов, сетка скважин и особенности гидродинамического моделирования.

В результате проведенных исследований, построена трехмерная геологическая модель, которая может быть изменена и дополнена в процессе доизучения.

В результате множественных итераций удалось создать сетку, которая является достоверной основой внутрислоевой корреляции и связанности коллекторов — это несомненно влияет на достоверность прогнозных фильтрационных расчетов. Так же данные наработки легли в технологию создания модели на примере месторождения севера Башкортостана, обусловленных своим неоднородным строением.

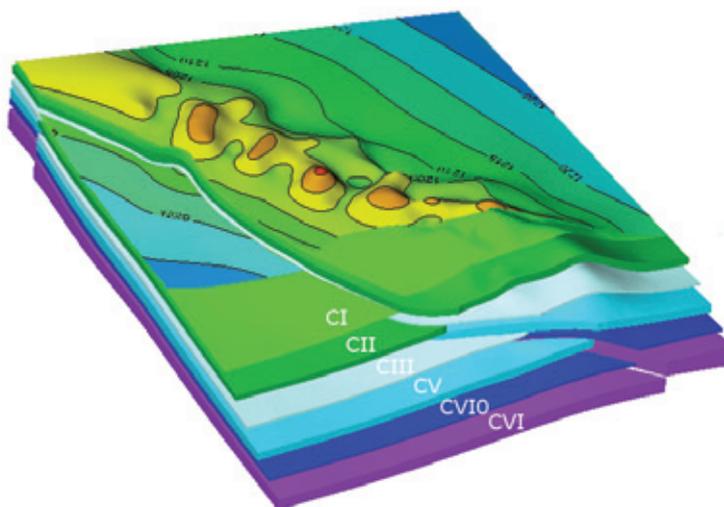


Рис. 2. Согласованная структурная модель ТНК

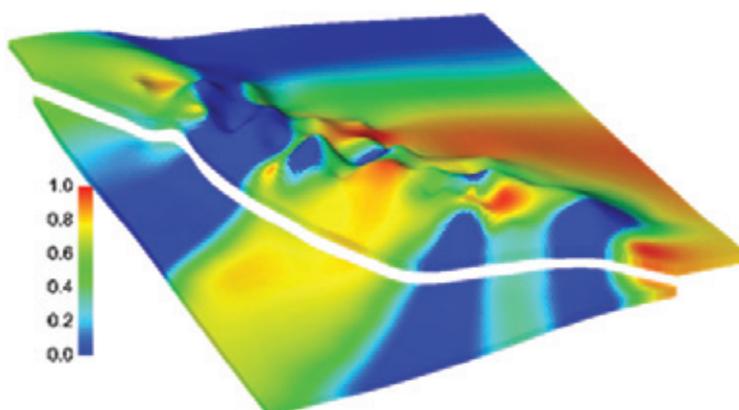


Рис. 3. Тренд песчаности пласта CII

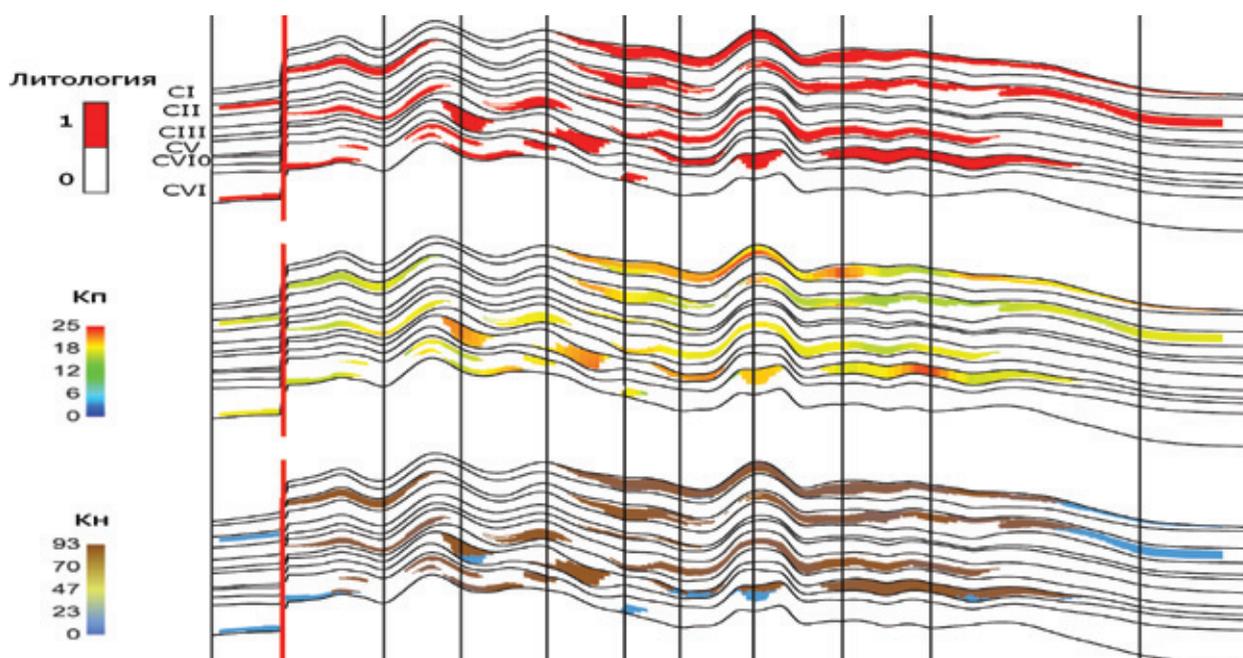


Рис. 4. Схематический геологический профиль

Литература:

1. Егорова Н.П. К вопросу об источниках нефти в среднем карбоне Западной Башкирии // Труды Уфимск. нефт. науч.-исслед. ин-та, вып. XX. Уфа. 1967 — с. 240–250.
2. Баймухаметов К.С. и др. Геологическое строение и разработка нефтяных и газовых месторождений Башкортостана // Уфа: РИЦ АНК «Башнефть» — 1997—424 с.
3. Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений // М.: ВНИИОЭНГ, 2003
4. РД 153–39.0–047–00 Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений // М.: МПР — 2000.

ЭКОЛОГИЯ

Экологическое моделирование утилизации резинотехнических отходов

Горячева Анна Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
 Дярькин Руслан Азымович, соискатель ученой степени кандидата технических наук
 Пензенский государственный технологический университет

Ежегодный прирост резинотехнических отходов (РТО) на территории Российской Федерации и небольшой процент их использования, вносит значительный вклад в загрязнение окружающей среды (захламление территорий и водоемов, сжигание отходов резин и т.д). Органы местного самоуправления каждого субъекта страны должны иметь представление об утилизации резинотехнических отходов, последовательности реализации отходов во вторичное сырье и готовые материалы, учитывая при этом экологическую безопасность работы полного цикла мероприятий в этой области [1].

Представим цикл мероприятий утилизации резинотехнических отходов в виде экологической модели (M_y), со-

стоящей из выбранных управляемых и неуправляемых критериев K_1, K_2, K_3, K_4 , рисунок 1.

Управляемые критерии утилизации резинотехнических отходов могут изменяться в строго регламентированных пределах и зависят от мощности, состояния производства, технологий защиты и т.д. К неуправляемым критериям относятся природно-климатические и социально-экономические показатели качества жизни, и другие факторы окружающей среды и жизнедеятельности человека, рисунок 2 [5].

Оценка эффективности работы экологической модели определяется из следующего выражения:

$$M_y = \sum K_n / n, \tag{1}$$

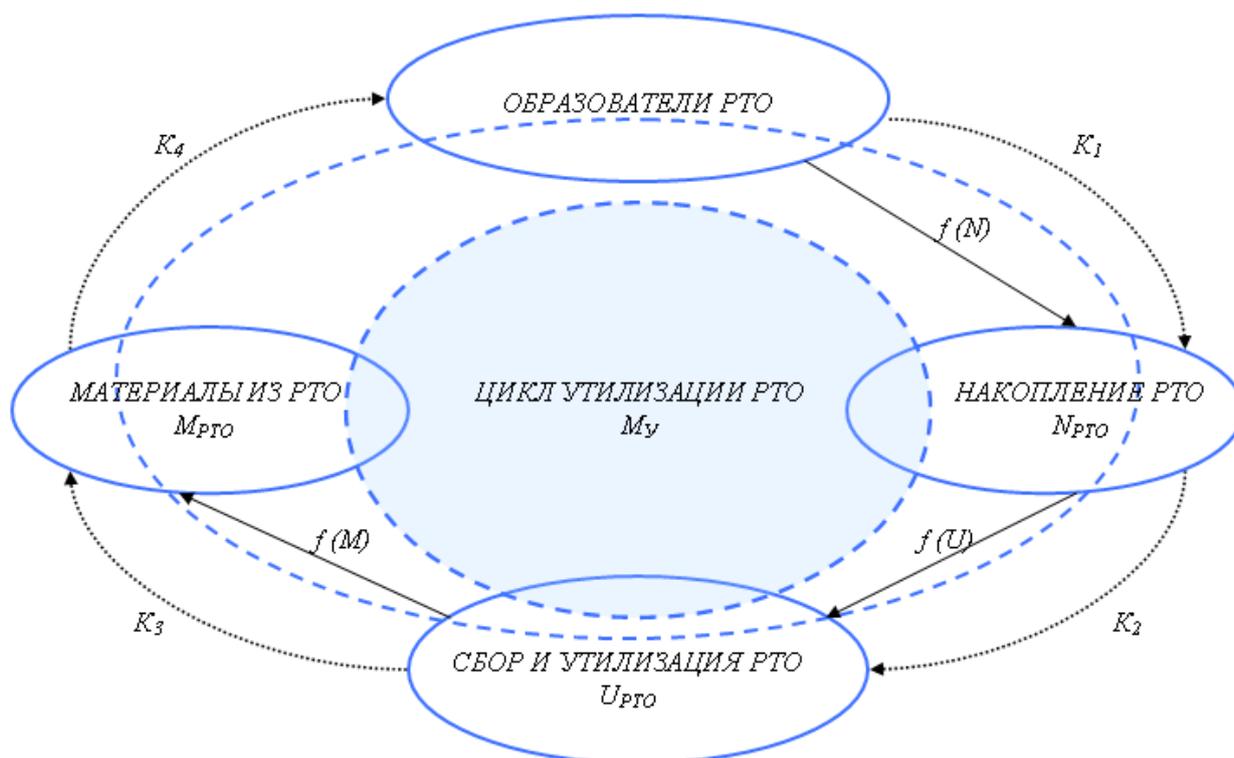


Рис. 1. Экологическая модель утилизации резинотехнических отходов

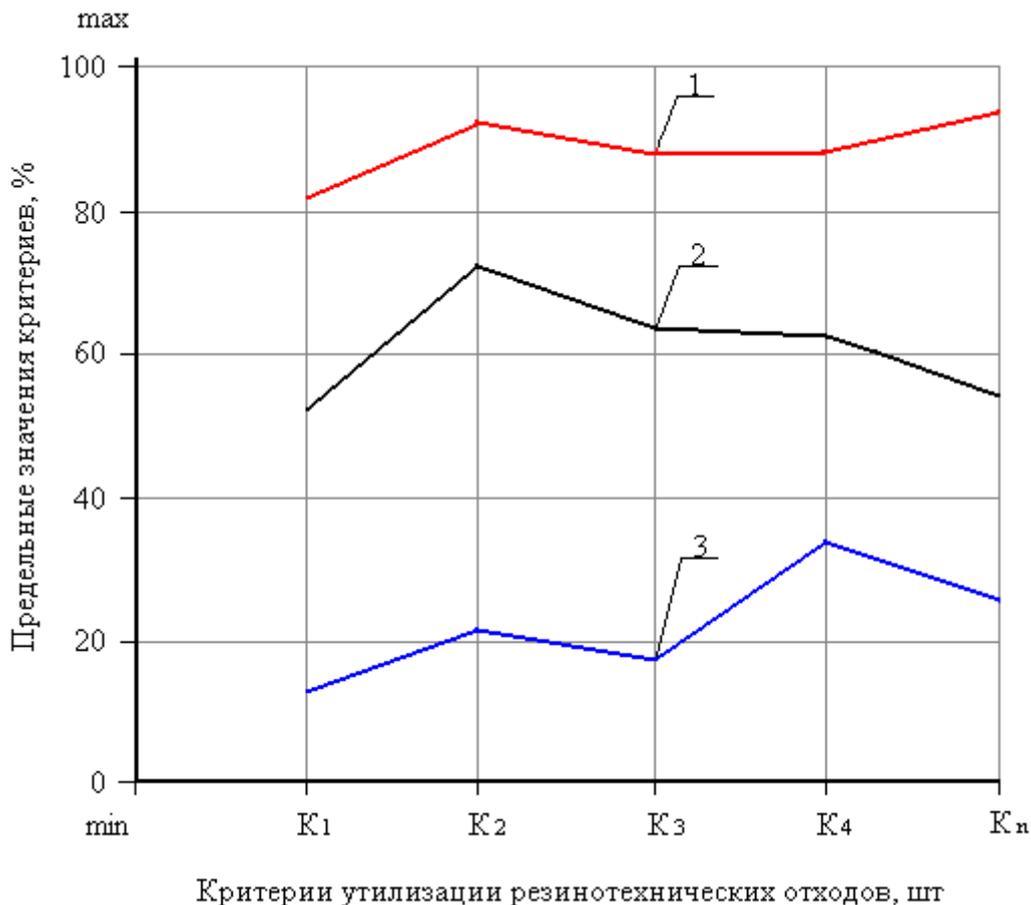


Рис. 2. Оценка направлений траекторий утилизации: 1 — оптимизационно-инновационная; 2 — инерционная, 3 — минимизационная

где K_n — управляемые критерии, %;

n — количество критериев, шт.

В качестве управляемых критериев для органов местного самоуправления субъектов России определены:

— анализ и оценка экологической безопасности урбанизированных территорий от накопления резинотехнических отходов K_1 [6];

— анализ и оценка экологической безопасности сбора и утилизации резинотехнических отходов в ресурсосберегающем строительном производстве K_2 [3];

— анализ и оценка экологической безопасности применения и использования разрабатываемых ресурсосберегающих строительных материалов K_3 [4];

— анализ рынка сбыта строительных материалов для потребителей (в т.ч. образователей резинотехнических отходов) K_4 .

Значения управляемых и неуправляемых критериев утилизации РТО могут изменяться от состояния хозяйства муниципалитетов и определяются исходя из целей и задач. Достижение определенных значений для каждого критерия в отдельности, позволяет оценить эффективность утилизации резинотехнических отходов, однако, при возникновении чрезвычайной ситуации (критерий перешел в неуправляемое состояние) траектория утилизации РТО может быть прервана.

Предельные значения для траекторий устанавливаются исходя из эколого-экономической и социальной обстановки на конкретной урбанизированной территории. Оптимизационно-инновационная, инерционная и минимизационная траектории мобилизуются из **большинства** выбранных управляемых критериев в диапазоне значений от 81% до 100%, от 51% до 80% и от 1% до 50% соответственно. Минимизационная траектория системы показывает использование основных производственных фондов и технических средств (оборудования, площадей, лабораторий и т.п.), необходимых для организации производства строительных материалов в минимальных объемах, что не позволит довести состояние урбанизированных территорий до необходимых экологических и строительных норм. Инерционная траектория утилизации РТО, в отличие от минимизационной предполагает использование основных фондов и технических средств в достаточных объемах, что в определенной степени позволит довести состояние урбанизированных территорий до требуемых экологических и строительных норм. Оптимизационно-инновационная траектория утилизации резинотехнических отходов является экологически и экономически наиболее рентабельной и позволяет улучшать состояние урбанизированных территорий до максимальных качественно-количественных значений, путем применения инноваци-

онных технологий и методов. Увеличение количества n и качества используемых критериев K_n , позволяет усовершенствовать процесс утилизации РТО, а изменение значений по траекториям в заданных диапазонах, позволит своевременно принять соответствующее инженерно-экологическое решение. Задачей экологической модели утилизации резинотехнических отходов является доведение значений критериев утилизации до оптимизационно-инновационной траектории [5].

Вместе с тем, потребуется внедрение в работу муниципалитетов следующих экономических аспектов по организации и реализации основных параметров предложенной экологической модели:

- планирование инвестиций из бюджетов всех уровней на реализацию мероприятий региональных и муниципальных программ в области охраны окружающей среды;

- разработка методики оплаты услуг и нормирования за утилизацию резинотехнических отходов;

- улучшение методов экономического стимулирования деятельности органов местного самоуправления в области обращения с РТО в целях уменьшения количества и внедрения мероприятий по вовлечению РТО в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников вторичного сырья, с учётом:

- а) внедрения налоговых и иных льгот при внедрении ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих уменьшение негативного (опасного) воздействия резинотехнических отходов на окружающую среду;

- б) разработка методик по определению размера вреда, причинённого окружающей среде и здоровью граждан при обращении с РТО в полном объёме;

- в) применение механизма финансовых гарантий при реализации проектов ресурсосбережения и использования РТО в строительстве;

- г) содействие малому и среднему бизнесу [2], развитию рынка услуг по обезвреживанию и переработке РТО и рынка сбыта продукции, изготовленной из вторичного сырья, обеспечение условий конкуренции в области обращения с РТО, путем:

- привлечения инвесторов, юридических и физических лиц, которым будут предложены информационные услуги о наиболее доступных и рентабельных способах утилизации РТО, которым будет предоставлено право выбора различных технологий, с учётом их интересов;

- привлечения перерабатывающих организаций, которые, по согласованию, будут введены на учёт в единой базе данных органов местного самоуправления с соответствующей требуемой информацией (вид деятельности, наименование услуг и т. д.);

- сбора информации об инновационных и доступных технологиях, включающей в себя передовые труды учёных в области переработки РТО и их утилизации в строительных материалах, у которых инвесторы, юридические и физические лица, по возможности будут приобретать авторские права на разработки для их реализации;

- сбора информации об объёмах и видах образуемых резинотехнических отходов на предприятиях, необходимой для определения возможности их использования в строительстве.

Социально-экономический эффект от внедрения экологической модели в работу органов местного самоуправления субъектов России заключается:

- в улучшении потребительских свойств существующей и отказ от импортной продукции;

- в создании рабочих мест при производстве новых конкурентоспособных ресурсосберегающих строительных материалов;

- в увеличении масштабов эконоиндустрии [2].

Литература:

1. Бабанин И. В. Организация селективного сбора отходов. Методические рекомендации. // Твёрдые бытовые отходы. — 2009. — № 9. — С. 10–17.
2. Бурцева Н. Н. Экоиндустрия в сфере отходов: планирование на территориальном уровне. // Твёрдые бытовые отходы. — 2011. — № 3. — С. 10–12.
3. Дярькин Р. А. Применение отходов автотранспортного комплекса в качестве вторичного сырья при производстве строительных материалов. // Сборник трудов Международной конференции «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов». — Пенза: ПГУАС, 2011. С. 70–72.
4. Овчаров В. И. и др. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация. Научное издание. — М.: Издательский дом «САНТ-ТМ», — 2001. — 400 с.
5. Трофименко Ю. В. Актуальные проблемы инженерной экологии и обеспечение техносферной безопасности автотранспортного комплекса. // Безопасность в техносфере. — 2007. — № 5. С. 3–5.
6. Чумаченко Н. Г. Критерии оценки промышленных отходов с целью использования их в стройиндустрии. // Экология и здоровье человека. — Самара: — 2001. — С. 201–203.

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Корпоративная стратегия предприятий закрытого производственного цикла для производства подсолнечника

Кондратюк Наталья Витальевна, преподаватель
Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева (Украина)

Эффективное производство подсолнечника в современных условиях формируется в основном за счет количественных факторов, в то время, когда стратегия качественных изменений требует значительной доработки. Главной проблемой выращивания подсолнечника сегодня является отсутствие заинтересованности производителей в долгосрочных программах развития сельскохозяйственного производства, что отрицательно влияет на хозяйственную деятельность.

Специфической чертой товарного производства семян подсолнечника в Харьковской области является то, что значительные объемы продукции выпускаются крупными предприятиями, которые часто имеют корпоративную структуру [1].

Учитывая финансовые, организационные и ресурсные возможности таких предприятий и тенденции к постоянному росту их количества, особое внимание следует уделить дальнейшей стратегии их развития, которая отвечала бы не только коммерческим интересам, но и национальным. Главным заданием развития производства в современных условиях является реализация концепции общего роста благосостояния в стране для всех слоев населения, а также обеспечение социальной, экологической и национальной концепции развития предпринимательства в Украине [2].

Большинство украинских сельскохозяйственных предприятий сегодня отказались от производства сельхозпродукции на основе закрытого цикла. Причиной этого можем назвать следующее:

1. В результате проведения реформы собственность в аграрном производстве стала разделенной, что привело к сокращению масштабности производства.

2. Большинство производителей сельскохозяйственной продукции из-за уменьшения масштабности производства и отсутствия достаточного капитала, сориентировали свое производство на низко затратные виды продукции с высоким спросом — зерновые и подсолнечник.

3. Большинство предприятий отказались от живот-

новодства из-за высокой убыточности его производства и неконкурентоспособности с импортированной продукцией (на условиях ВТО).

4. Закрытый цикл требует углубленной переработки продукции и сформированных стабильных рынков сбыта, ориентирован на конечного потребителя, на что у большинства предприятий недостаточно капитала.

5. Активная деятельность трейдеров и перерабатывающих предприятий делает проблемной собственную переработку вследствие низкого уровня доступа производителей к непосредственному потребителю.

Закрытый производственный цикл — логическое направление развития современных технологий в условиях энергетического кризиса и поиска восстанавливаемых ресурсов для мировой экономики. Учитывая многофункциональность возможностей использования подсолнечника, такая культура в закрытом цикле может занимать одно из центральных мест. Главным принципом формирования закрытого цикла является сокращения расходов на производство отдельных видов продукции смежных отраслей при увеличении выхода продукции каждой отрасли и общем росте прибыльности хозяйственной деятельности.

Оценивая возможности выращивания подсолнечника в условиях закрытого производственного цикла, отметим: чем меньше площадь хозяйственной деятельности исследуемых предприятий, тем менее выгодно формировать закрытый производственный цикл. Как видно на рисунке 1, прогнозируемая прибыль от организации производства на основе стратегии закрытого цикла прямо пропорциональна масштабам хозяйственной деятельности исследуемых предприятий.

То есть, реализация предложенной стратегии возможна лишь при условии крупнотоварного производства или объединения мелких производителей на основе формирования ими территориального закрытого производственного цикла.

Учитывая выделенные тенденции, отметим, что создание закрытого производственного цикла возможно

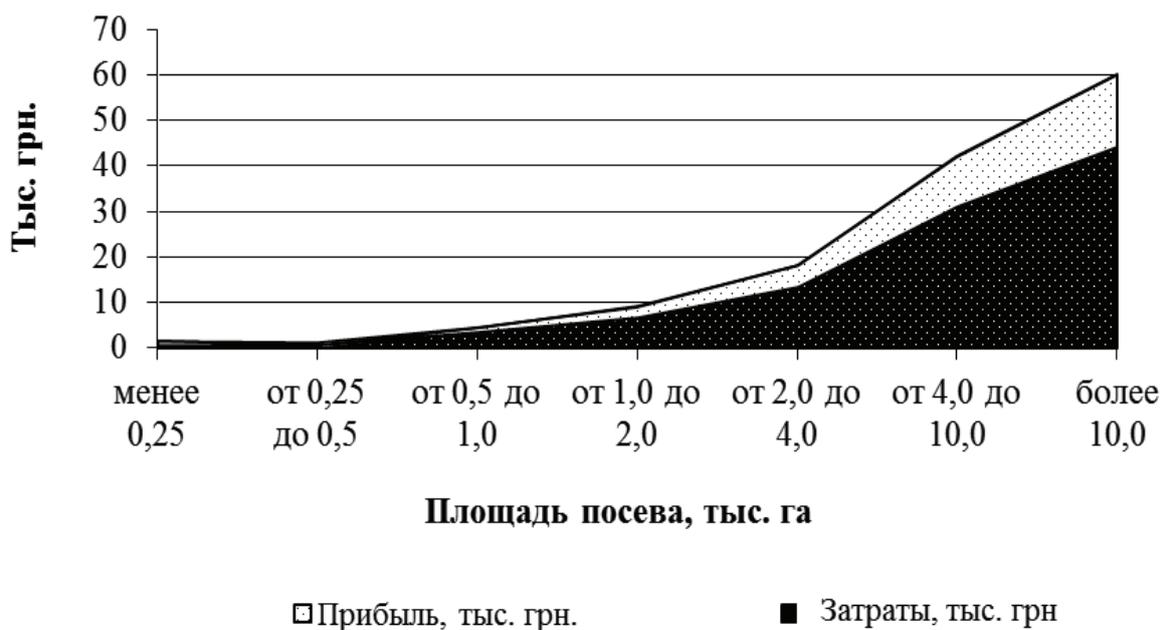


Рис. 1. Прогнозируемая прибыль на 1 га посевов подсолнечника в зависимости от масштабов производства

Источник: рассчитано автором на основе собственных исследований.

лишь при условии достаточного капитала в сельскохозяйственных предприятиях, значительных масштабов деятельности предприятий и ориентации их не только на экономический результат, но и на экологизацию производства.

Но сегодня большинство сельскохозяйственных предприятий не имеют достаточных возможностей для создания такого типа производства на основе современных технологий. В соответствии со спецификой вложения и формирования имущественных отношений на основе особенностей распределения капитала, производство данного типа может формироваться как постепенно, по этапам процесса и подразделениям, так и сразу запуститься в соответствии с технологическими стандартами на всем текущем цикле. В результате этого мы видим пять вариантов создания производства на основе закрытого производственного цикла.

1. Кредитное формирование технологий производства подсолнечника на основе закрытого производственного цикла доступное предприятиям, имеющим достаточный уровень платежеспособности и наличие кредитных гарантий. То есть, кредитование предусматривает наличие залога, что в условиях неопределенности земельного рынка является довольно проблематичным. В целом вариант кредитного введения технологий мы считаем довольно сложным с позиции доступности финансового ресурса и низкой привлекательности использования данного типа средств для аграриев.

2. В условиях привлечения внешних инвестиций главным фактором реализации нами рассматривается наличие потенциальных инвесторов и условия инвестирования сельскохозяйственных предприятий. Инвестици-

онный климат аграрного сектора страны на сегодняшний день сложно назвать привлекательным вследствие отсутствия гарантированно высокой отдачи от капиталовложений. И хотя подсолнечник прибыльная культура, его производство, как и сельское хозяйство в целом, относится к предпринимательству с высокой степенью риска. Кроме того, нестабильность законодательной базы приводит к неуверенности инвесторов в надежности потенциальных партнеров [3].

3. В случае формирования технологий производства подсолнечника за счет внутренних инвестиций предприятие остается абсолютно независимым. Вся прибыль от производства оставляет в своем распоряжении. В этом случае возможен лишь поэтапный переход к новому типу организации производства, что значительно замедляет отдачу от капитала. Кроме того, в современных условиях большинство сельхозпредприятий на такую реорганизацию производственного процесса просто не имеют ресурса или могут сформировать его на протяжении длительного периода, что нивелирует его инновационную ценность.

4. Кооперативное формирование технологий производства подсолнечника предусматривает специализацию отдельных предприятий на отдельном виде продукции, объединяя их в единую цепь закрытого производственного цикла на основе общего использования капитала и личного трудового участия в производственных процессах. Сегодня большинство сельскохозяйственных предприятий не готовы к кооперации из-за отсутствия доверия к партнерам и неготовности разделять с другими прибыль, труд и капитал. Кроме того, формировать отрасль животноводства и переработку с нуля очень сложное за-

дание, и большинство предпринимателей не заинтересованы в этом. Более того, на основе такой специализации развитие закрытого производственного цикла на сельских территориях в нынешнее время не представляется возможным. Такую систему кооперации необходимо начинать с формирования нового производства, но из-за аграрного кризиса у сельхозпроизводителей часто нет даже простого финансирования производства [4].

5. Наиболее реальным и перспективным направлением формирования технологий производства подсолнечника на основе закрытого производственного цикла мы считаем корпоративный. Все больше сельскохозяйственных предприятий по масштабам производства приобретают черты корпораций, поскольку инвесторы не желают пассивно вкладывать в производство, а формируют экономическую деятельность, основываясь на прямых инвестициях в производство. Часто это иностранные инвесторы или капитал, который приходит в сельское хозяйство из других отраслей национальной экономики, поэтому они ориентированы на максимальное получение прибыли. К сожалению, такая ориентация не создает условий для рационального использования ресурсов. Но, с другой стороны, культура подсолнечника становится одной из центральных для таких корпоративных объединений. Главным плюсом корпоративного варианта является наличие достаточных финансовых ресурсов для его создания. Кроме того, в результате значительных масштабов производства, корпоративные предприятия уже имеют определенные перерабатывающие мощности и организационные возможности для создания такого типа хозяйственной деятельности. Для самого корпоративного хозяйства переход к закрытому производственному циклу является вариантом увеличения прибыли от хозяйственной деятельности, расширение рынков сбыта, создание условий для более эффективного использования ресурсов и восстановления производственных мощностей, в первую очередь земли [5].

Формирование крупных сельскохозяйственных предприятий на корпоративной основе предусматривает, что они охватывают значительную территорию. В соответствии с поставленными заданиями формирование закрытого производственного цикла заключается во взаимодополнении отраслей. Организационная структура такого аграрного предприятия предусматривает обязательное наличие в каждом отдельном подразделении базовых отраслей растениеводства и животноводства. Переработка, так же как и отделы хранения, сбыта и транспортировки продукции, может быть как локализованной, так и централизованной — в зависимости от величины и размещения производства. Кроме того, на размещение подразделений хранения и переработки влияют масштабы предприятия и наличие у него ресурсов. Чем выше территориальная концентрация производства, тем целесообразнее формировать крупные перерабатывающие подразделения. При этом важным фактором остается обеспечение обратной связи перерабатывающей отрасли с растениеводством и животноводством для передачи им отходов переработки, что значительно сокращает внешние расходы на организацию природного восстановления в производстве.

Таким образом, решается не только вопрос организации чистого экологоориентированного производства, но и обеспечивается снижение его себестоимости на основе безотходности циклического производственного процесса.

В рамках реализации стратегии предприятия с ориентацией на закрытый цикл производства наиболее приемлемой, по нашему мнению, является стратегия концентрической диверсификации, которая ориентирована на создание новых производств, совпадающих с профилем организации [5]. Адаптируя ее к сельскохозяйственному производству сформируем ее по следующей матрице, представленной в таблице 1.

Сформированная модель стратегии предусматривает как развитие аграрного предприятия в целом, так и дина-

Таблица 1. Матрица корпоративной стратегии для сельскохозяйственных предприятий с ориентацией на закрытый цикл производства

Показатели	Предприятие	Растениеводство	Животноводство	Переработка
Миссия корпорации	Максимизация прибыли при оптимизации ресурсов			
Стратегические бизнес-единицы	Выпуск конечной продукции	Зерново-масличная специализация	Птицеводство	Масло, мука
Размещение ресурсов	Взаимодополнение	Базовая технология	Базовая технология	После перераспределения прибыли
Составляющие корпоративной стратегии	Прибыль производства и сбыта	Минимизация привлечения чужих ресурсов	Минимизация привлечения чужих ресурсов	Формирование товарной продукции и оборотных ресурсов в другие подразделения
Использование синергизма	Комплексное взаимодополнение отраслей с ориентацией на экологическое производство в закрытом цикле			
Корпоративное развитие	Сегментационное развитие отраслей по территориальному принципу.			

Источник: разработано автором на основе материалов.

мическую эволюцию его отраслей на основе качественного взаимодействия.

При этом миссия предприятия остается традиционной — обеспечение максимальной прибыли при условии оптимального использования ресурсов. В аграрном производстве в условиях рынка такая миссия реализуется основным принципом хозяйственной деятельности.

Размещение ресурсов осуществляется в корпорации на принципах взаимодополнения отраслей, при этом в каждой отдельной отрасли размещение осуществляется снизу вверх — от базовой организации производства до формирования переработки и производственных процессов на основании современных интенсивных технологий.

При этом в первую очередь развиваются отрасли основного производства, а в соответствии к ним формируются и размещаются по территории подразделения по переработки продукции. Переработка ориентирована таким образом, чтобы обеспечивать формирование максимально прибыльных каналов сбыта конечной продукции, с одной

стороны, и формирование кормовой базы для животноводства на основе собственных ресурсов — с другой. В соответствии с данной концепцией подсолнечник выступает одним из ключевых элементов производства, поскольку он является источником сырья для развития высокоприбыльной переработки сельскохозяйственной продукции; обеспечивает кормами отрасль животноводства, а его растительные остатки, при соответственной переработке, выступают источником восстановления почвы, когда вносятся в виде удобрений. Кроме того, удобрения для выращивания подсолнечника получаем от животноводства, что обеспечивает их высокое качество и значительно сокращает расходы на эту статью технологии.

Таким образом, корпоративная стратегия развития крупных аграрных предприятий отвечает всем требованиям современных рыночных реалий производства и в долгосрочном периоде реализовывает не только экономические, но и экологические и общественные задания развития сельскохозяйственного производства.

Литература:

1. Харківська область у 2011 році / За ред. Мамонтової О.Г. — Головне управління статистики у Харківській області, 2012. — 582 с.
2. Україна у цифрах у 2011 році /упоряд. О.Г. Осауленко. — К. Державна служба статистики України, 2012. — 520 с.
3. Колодізов О.М., Колесніченко В.Ф. Гроші і кредит: підручник. — К., 2010.
4. Іванух Р.А., Дусановський С.Л., Білан Є.М. Аграрна економіка і ринок. — Тернопіль: «Збруч», 2003. — 305 с.
5. Портер Майкл Е. Стратегія конкуренції /Пер. з англ. А. Олійник, Р. Скільський. — К.: Основи, 1998. — 390 с.

Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 8 (55) / 2013

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М.Н.

Иванова Ю.В.

Лактионов К.С.

Комогорцев М.Г.

Ахметова В.В.

Брезгин В.С.

Котляров А.В.

Яхина А.С.

Насимов М.О.

Ответственный редактор:

Кайнова Г.А.

Художник:

Шишков Е. А.

Верстка:

Бурьянов П.Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях,
ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»
127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6