

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

международный научный журнал

VORLESUNGEN

$$k = 1,38064852(79) \times 10^{-23}$$

ÜBER

MAXWELLS THEORIE DER ELEKTRICITÄT UND DES LICHTS

VON

DR. LUDWIG BOLTZMANN,

PROFESSOR DER THEORETISCHEN PHYSIK AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} \cdot \frac{p}{m} + \frac{\partial f}{\partial p} \cdot F = \frac{df}{dt} \Big|_{coll}$$

I. THEIL

ABLEITUNG DER GRUNDGLEICHUNGEN FÜR RUHENDEN
HOMOGENE, ISOTROPE KÖRPER.

MIT FIGUREN IN ZWEI FOLGEN AUF ZWEI TAFELN

die Größe als auch die Richtung
materiellen Punktes, welcher
hat, so daß x'_r, x'_{r+1}, x'_{r+2}
in den drei Koordinatenrichtungen
und u'_h die Richtungen und die drei
lierten Größender Geraden
 B'_h bezeichnet wurden.
auch in der Form

δt wachsen würde,
nen der p werden un
 $\sigma = 5,670367(13) \cdot 10^{-8}$

$$\sum_k \xi_k^l \delta x_k = 0.$$

$$f(x, p, t) d^3x d^3p$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} \Big|_{coll} = \int_{v'} [f(t, r, v') W(v', v) - f(t, r, v) W(v, v')] d^3v'$$

$$\hat{L}_{GR} = \sum_{\alpha} p^{\alpha} \frac{\partial}{\partial x^{\alpha}} - \sum_{\alpha\beta\gamma} \Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma} p^{\beta} p^{\gamma} \frac{\partial}{\partial p^{\alpha}}$$

16+

Ludwig Boltzmann

2
2016
Часть I

ÜBER DIE

PRINZIPE DER MECHANIK

VON

LUDWIG BOLTZMANN,

PROFESSOR DER THEORETISCHEN PHYSIK AN DER UNIVERSITÄT WIEN.

$$\sigma = \frac{8\pi^5 k^4}{15c^3 h^3}$$

Es ergibt sich also

$$\frac{dq_h}{dt} = P_h + \frac{\partial T}{\partial p_h}$$

ann v_r sowie
heit des

d^3v'

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 2 (106) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.02.2015. Цена свободная.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

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».

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Галина Анатольевна

Ответственный редактор: Осянина Екатерина Игоревна

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображен Людвиг Больцман (1844–1906) — австрийский физик-теоретик, основатель статистической механики и молекулярно-кинетической теории.

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.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Дехконов Ф. Н. The theorems for first, second and third in order, the constant coefficient equation differential.....	1
Дехконов Ф. Н. The theorems and example for first the constant coefficient equation differential	3
Дехконов Ф. Н. The example and theorem for third in order take part in involution the equation differential.....	4
Исхаков Р. Р. Алгоритмические аспекты доминирования в графах	6
Колпак Е. П., Горыня Е. В., Селицкая Е. А. О моделях А. Д. Базыкина хищник-жертва	12
Мирханова М. А. Выдающийся математик ал-Хорезми и его геометрические задачи	20
Рашидов А. Ш., Мирзаев Э. Э. Обобщенная модель Фридрихса и ее пороговое собственное значение	23
Сабурова В. И., Ильютченко П. С. Решение нелинейных задач методом многих масштабов с использованием математического пакета MatLab при построении фазового портрета	25
Сафарова Н. Н. О собственных значениях произведений операторов	28

ФИЗИКА

Балацкий Д. В., Басклеева О. В. Детализация механизма самоорганизации в гомогенной реакции Белоусова- Жаботинского	31
Дуйсенова Г. А. Основные понятия геометрической оптики	35
Емельянов А. А., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Чернов М. В., Киряков Г. А., Габзалилов Э. Ф.,	

Прокопьев К. В., Косарев С. В., Коркин А. А., Щипицын К. Д. Моделирование системы «АИН ШИМ — АД» с переменными $\psi_r - I_s$ в неподвижной системе координат $\alpha\beta$ на основе интегрирующих звеньев.....	37
Емельянов А. А., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Чернов М. В., Киряков Г. А., Габзалилов Э. Ф., Прокопьев К. В. Математическое моделирование САР скорости системы «АИН ШИМ — АД» с переменными $\psi_r - i_s$ на основе интегрирующих звеньев в Script-Simulink.....	49
Кырмагенов Д. А. Анализ спектральных характеристик сфигмограмм лучевой артерии при экстрасистолии.....	66

ХИМИЯ

Гаджиева С. Р., Алиева Т. И., Исмаилова Н. В., Алиева Х. Э. Ионный состав природных вод Азербайджана ...	70
Стахов В. И., Багдасаров Л. Н., Стахов В. И. Обзор и сравнительная характеристика масел- теплоносителей, применяемых в России.....	73

ИНФОРМАТИКА

Авдеева А. В. Организация бухгалтерского учета основных средств в «ЕК АСУФР SAP R/3» ОАО «РЖД»	76
Допира Р. И., Попова Н. В., Базилова К. М. Применение современных технологий обучения для дисциплины «Разработка клиент-серверных приложений»	81
Кариева М. А. Research remedies against illegal copying and cracking software	84
Кириченко И. С., Алексахин А. В. Развитие мирового и отечественного производства железа прямого восстановления	85

Полевщиков И. С. Методика изучения тестирования циклов студентами бакалавриата в рамках дисциплины «Тестирование программного обеспечения».....90	Полевщиков И. С. Методика контроля знаний студентов при изучении тестирования циклов92
Полевщиков И. С. Методика изучения тестирования программного обеспечения с использованием диаграмм причин-следствий студентами бакалавриата....94	Полевщиков И. С. Методика контроля знаний студентов при изучении тестирования программного обеспечения с использованием диаграмм причин-следствий98
Полевщиков И. С. Типовые задачи по тестированию программного обеспечения с использованием диаграмм причин-следствий в процессе обучения студентов.....97	Прощенко Е. А., Бедрина С. Л. Автосанционирование платежных документов при организации кассового обслуживания участников краевого бюджетного процесса... 101
	Сергеев Р. А. Современные системы автоматизированного динамического анализа вредоносных файлов ...105
	Тожахмедова И. Г. Ensuring hack wireless networks110

МАТЕМАТИКА

The theorems for first, second and third in order, the constant coefficient equation differential

Дехконов Фаррухжон Нуриддин угли, студент
Наманганский государственный университет (Узбекистан)

F. N. Dekhkonov
Namangan State University, Uzbekistan

Definition: If do reflected $f : R \rightarrow R$, equality $f(f(x)) = x$. This reflect is involution.

Such functions $f(x) = \sqrt[m]{1 - x^m}$, $m \in N$, $f(x) = \frac{ax+b}{cx-a}$ arrange an involution.

The properties of involution is take possession a lot of problem full give at the [1] article.

1. Following

$$P \cdot y'(x) + y(f(x)) = q(x) \tag{1}$$

Looking the equation. $P = const, q(x)$ – Free term.

Theorem-1: If be $f(f(x)) = x$ that is involution $f(x)$ at the equation (1), then equation (1) limit step after the problem be solved is form second order the equation differential.

Prove: The equality (1) for be solved, this the is equality the aspect writing

$$y(f(x)) = q(x) - Py'(x)$$

its differentiated, as a result is form equality

$$y'(f(x)) \cdot f'(x) = \frac{d}{dx} [q(x) - Py'(x)] = q'(x) - Py''(x)$$

$$y'(f(x)) = \frac{1}{f'(x)} [q'(x) - Py''(x)] \tag{2}$$

Looking the involution is take notice at the equality (1), exchange the x this $f(x)$, following form equality

$$Py'(f(x)) = q(f(x)) - y(x) \tag{3}$$

in accordance the equality (3) and (2)

$$\frac{1}{f'(x)} [q'(x) - Py''(x)] = \frac{[q(f(x)) - y(x)]}{P}$$

The second order, vulgar differential equation integration problem is form

$$\frac{y(x)}{P} - \frac{P}{f'(x)} y''(x) = \frac{q(f(x))}{P} - \frac{1}{f'(x)} q'(x) \tag{4}$$

exchanged elementary as a result is property of the involution that equation (1) is solution of problem at the this equation.

2. Following, looking is equation

$$P_2 \cdot y''(x) + P_1 \cdot y'(x) + y(f(x)) = q(x) \tag{5}$$

$q(x)$ –Function, $P_1, P_2 = const$.

Theorem-2: If be $f(f(x)) = x$ that is involution $f(x)$ at the equation (5), then equation (5) limit step after the problem be solved is form fourth order the equation differential

Prove: We have (6) at the equality (5)

$$y(f(x)) = q(x) - P_1 y'(x) - P_2 y''(x) \tag{6}$$

The equality (6) differential ling sequence twice:

$$(f(x)) \cdot f'(x) = q'(x) - P_1 y'' - P_2 y''' \Rightarrow y'(f(x)) = \frac{[q'(x) - P_1 y'' - P_2 y''']}{f'(x)}$$

$$y''(f(x)) \cdot f'(x) = \left(\frac{[q'(x) - P_1 y'' - P_2 y''']}{f'(x)} \right)' = \frac{(q''(x) - P_1 y''' - P_2 y^{(4)})f'(x) - (q'(x) - P_1 y'' - P_2 y''')f''(x)}{f'^2(x)}$$

Above the equality is division $f'(x)$

$$y''(f(x)) = \frac{(q''(x) - P_1 y''' - P_2 y^{(4)})f'(x) - (q'(x) - P_1 y'' - P_2 y''')f''(x)}{f'^3(x)} =$$

$$= \frac{(q''(x) - P_1 y''' - P_2 y^{(4)})}{f'^2(x)} + [q'(x) - P_1 y'' - P_2 y'''] \frac{1}{f'(x)} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{f'(x)} \right);$$

$y(f(x)) = q(x) - P_1 y'(x) - P_2 y''(x)$ equality be used at the property of the involution, exchanged $x \rightarrow f(x)$, we have following equality

$$y(x) = q(f(x)) - P_1 y'(f(x)) - P_2 y''(f(x)) \quad (7)$$

The $y'(f(x))$ and $y''(f(x))$ equates putting off equality

$$y(x) = q(f(x)) - P_1 \frac{[q'(x) - P_1 y'' - P_2 y''']}{f'(x)} - P_2 \left[\frac{(q''(x) - P_1 y''' - P_2 y^{(4)})}{f'^2(x)} + [q'(x) - P_1 y'' - P_2 y'''] \frac{1}{f'(x)} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{f'(x)} \right) \right] = q(f(x)) - P_1 \frac{q'(x)}{f'(x)} - P_2 \frac{q''(x)}{f'^2(x)} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{f'(x)} \right) - P_2 \frac{q''(x)}{f'^2(x)} + \frac{P_1 P_2 y''' + P_1^2 y''}{f'(x)} + \frac{P_2^2 y^{(4)} + P_1 P_2 y'''}{f'^2(x)} + \frac{P_2^2 y''' + P_1 P_2 y''}{f'(x)} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{f'(x)} \right)$$

Therefore, following bring in put.

$$P_1^2 = Q_1, P_2^2 = Q_2, P_1 P_2 = Q_3.$$

So, make up the result of upper result is simplify s following aspect

$$\frac{Q_2 y''' + Q_3 y''}{f'(x)} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{f'(x)} \right) + \frac{Q_3 y''' + Q_1 y''}{f'(x)} + \frac{Q_2 y^{(4)} + Q_3 y'''}{f'^2(x)} - y = P_2 \frac{q'(x)}{f'(x)} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{f'(x)} \right) + P_2 \frac{q''(x)}{f'^2(x)} + P_1 \frac{q'(x)}{f'(x)} - q(f(x)). \quad (8)$$

Equation (8) we know coming the fourth order, constant coefficient equation differential

3. Following, looking equation

$$P_1 \cdot y'''(x) + P_2 \cdot y''(x) + P_3 y'(x) + y(f(x)) = q(x) \quad (9)$$

that $q(x) -$ function, $P_1, P_2, P_3 = const.$

Teorema-3: If be $f(f(x)) = x$ that is involution $f(x)$ at the equation (9), then equation (9) limit step after the problem be solved is form sixth order the equation differential.

Prove: We has $y(f(x)) = q(x) - P_3 y'(x) - P_2 y''(x) - P_1 y'''(x)$ (10) at the equation (9).

The equality (10) time three is differentia ling sequence:

$$\begin{aligned} a) y'(f(x)) &= \frac{[q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)]}{f'(x)} \\ b) y''(f(x)) &= \left[(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x)) f'(x) - (q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)) f''(x) \right] / f'^3(x) \\ c) y'''(f(x)) &= \frac{[(q'''(x) - P_3 y^{(4)}(x) - P_2 y^{(5)}(x) - P_1 y^{(6)}(x)) f'^2(x) - 2(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x)) f'(x) \cdot f''(x)]}{f'^5(x)} - \\ & \left[(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x)) f''(x) + (q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)) f'''(x) \right] f'^3(x) - 3 \cdot \\ & (q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)) f''^2(x) \cdot f'^2(x) / f'^7(x). \end{aligned}$$

The property of involution issuing $x \sim f(x)$ exchange at the

$$y(f(x)) = q(x) - P_3 y'(x) - P_2 y''(x) - P_1 y'''(x)$$

Following equality is pass (11)

$$y(x) = q(f(x)) - P_3 y'(f(x)) - P_2 y''(f(x)) - P_1 y'''(f(x)) \quad (11)$$

Above we are find $y'(f(x))$, $y''(f(x))$ and $y'''(f(x))$ at the (10) equality, so, that putting equality (11).

As a result:

$$\begin{aligned} P_1 \cdot \frac{[(q'''(x) - P_3 y^{(4)}(x) - P_2 y^{(5)}(x) - P_1 y^{(6)}(x)) f'^2(x) - 2(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x)) f'(x) \cdot f''(x)]}{f'^5(x)} - \\ P_1 \left[\frac{(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x)) f''(x) + (q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)) f'''(x)}{f'^7(x)} - 3 \cdot \frac{(q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)) f''^2(x) \cdot f'^2(x)}{f'^7(x)} \right] + \\ P_2 \cdot \frac{[(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x)) f'(x) - (q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)) f''(x)]}{f'^3(x)} + P_3 \cdot \frac{[q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)]}{f'(x)} + \\ y(x) = q(f(x)) \quad (12) \end{aligned}$$

The equality constant coefficient sixth order, equality of differential.

References:

1. Винер И. Я. Дифференциальные уравнения с инволюциями. // Дифференциальные уравнения. Том 5, 1969.
2. Хромов А. П. Смешанная задача для дифференциального уравнения с инволюцией и потенциалом специального вида. // Известия Саратовского университета, Нов.сер. Математика, Механика, Информатика. 2010, т. 10, вып № 4, с.17–22.
3. Курдюмов В. П., Хромов А. П. О базисах Рисса из собственных и присоединенных функций функционально-дифференциального оператора переменной структуры. // Изв. Сарат. унта. Нов.сер. Математика. Механика. Информатика. 2007. Т. 7, вып. 2, с. 20–25.

The theorems and example for first the constant coefficient equation differential

Дехконов Фаррухжон Нуриддин угли, студент
Наманганский государственный университет

F. N. Dekhkonov
Namangan State University

Инволюция, уравнение Зильберштейна, обыкновенные дифференциальные уравнения с инволюцией, неоднородные дифференциальные уравнения с инволюцией.

In this paper is considered the problem to solve the second order no ordinary differential equation with involution.

Definition: If do reflected $f : R \rightarrow R$, equality $f(f(x)) = x$. This reflect is involution.

Such functions $f(x) = \sqrt[m]{1-x^m}$, $m \in N$, $f(x) = \frac{ax+b}{cx-a}$ arrange an involution.

The properties of involution is take possession a lot of problem full give at the [1] article.

Following

$$P \cdot y'(x) + y(f(x)) = q(x) \tag{1}$$

Looking the equation. $P = const, q(x)$ – Free term.

Theorem: If be $f(f(x)) = x$ that is involution $f(x)$ at the equation (1), then equation (1) limit step after the problem be solved is form second order the equation differential.

Prove: The equality (1) for be solved, this the is equality the aspect writing

$$y(f(x)) = q(x) - Py'(x)$$

its differentiated, as a result is form equality

$$y'(f(x)) \cdot f'(x) = \frac{d}{dx} [q(x) - Py'(x)] = q'(x) - Py''(x)$$

$$y'(f(x)) = \frac{1}{f'(x)} [q'(x) - Py''(x)] \tag{2}$$

Looking the involution is take notice at the equality (1), exchange the x this $f(x)$, following form equality

$$Py'(f(x)) = q(f(x)) - y(x) \tag{3}$$

in accordance the equality (3) and (2)

$$\frac{1}{f'(x)} [q'(x) - Py''(x)] = \frac{[q(f(x)) - y(x)]}{P}$$

The second order, vulgar differential equation integration problem is form

$$\frac{y(x)}{P} - \frac{P}{f'(x)} y''(x) = \frac{q(f(x))}{P} - \frac{1}{f'(x)} q'(x) \tag{4}$$

exchanged elementary as a result is property of the involution that equation (1) is solution of problem at the this equation. ■

Example:

$$f(x) = 1 - x, P = 1$$

$$y'(x) = -y(f(x)) = -y(1 - x)$$

Accordance (4) equality solution

$$y''(x) + y(x) = 0 \tag{5}$$

Mean

$$r^2 + 1 = 0$$

$$r_{1,2} = \pm i \Rightarrow y = C_1 \cos x + C_2 \sin x$$

If be (1) equality being $f(x) = \frac{1}{x}$ $P = 1$

$$y'(x) + y\left(\frac{1}{x}\right) = \varphi(x) \tag{6}$$

(4) equality as being

$$x^2 y'' + y = x^2 \varphi'(x) + \varphi\left(\frac{1}{x}\right) \tag{7}$$

$$r(r-1) + 1 = 0 \text{ or}$$

$$r^2 - r + 1 = 0$$

$$r_{1,2} = \frac{1}{2} \pm i \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow y(x) = C_1 x^{r_1} + C_2 x^{r_2} = \sqrt{x} [C_1 \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x + C_2 \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x]$$

Also,

$$y(x) = \sqrt{x} \left[C_1 \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x + C_2 \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x \right] \tag{8}$$

$$C_1'(x) \left(\sqrt{x} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x \right) + C_2'(x) \left(\sqrt{x} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x \right) = 0,$$

$$-C_1'(x) \left(\sqrt{x} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x \right) + C_2'(x) \left(\sqrt{x} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x \right) = \frac{2}{x\sqrt{3}} \left[x^2 \varphi'(x) - \varphi \left(\frac{1}{x} \right) \right]$$

This equality

$$C_1'(x) = -\frac{2}{x^{3/2}\sqrt{3}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x \left[x^2 \varphi'(x) - \varphi \left(\frac{1}{x} \right) \right],$$

$$C_2'(x) = \frac{2}{x^{3/2}\sqrt{3}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x \left[x^2 \varphi'(x) - \varphi \left(\frac{1}{x} \right) \right] \Rightarrow$$

$$C_1(x) = C_{10} - \frac{2}{\sqrt{3}} \int_1^x z^{-\frac{3}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln z \left[z^2 \varphi'(z) - \varphi \left(\frac{1}{z} \right) \right] dz,$$

$$C_2(x) = C_{20} + \frac{2}{\sqrt{3}} \int_1^x z^{-\frac{3}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \ln z \left[z^2 \varphi'(z) - \varphi \left(\frac{1}{z} \right) \right] dz \Rightarrow$$

$$y(x) = C_{10} \sqrt{x} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x + C_{20} \sqrt{x} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln x + \frac{2\sqrt{x}}{\sqrt{3}} \int_1^x z^{-\frac{3}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \ln z \left[z^2 \varphi'(z) - \varphi \left(\frac{1}{z} \right) \right] dz$$

Reference:

1. Винер И. Я. Дифференциальные уравнения с инволюциями. // Дифференциальные уравнения. Том 5, 1969.
2. Хромов А. П. Смешанная задача для дифференциального уравнения с инволюцией и потенциалом специального вида. // Известия Саратовского Университета, Нов.сер. Математика, Механика, Информатика. 2010., т. 10. вып № 4, с.17–22.
3. Курдюмов В. П., Хромов А. П. О базисах Рисса из собственных и присоединенных функций функционально-дифференциального оператора переменной структуры. // Изв. Сарат. унта. Нов.сер. Математика. Механика. Информатика. 2007. Т. 7, вып. 2, с. 20–25.

The example and theorem for third in order take part in involution the equation differential

Дехконов Фаррухжон Нуриддин угли, студент
Наманганский государственный университет

F. N. Dekhkonov
Namangan State University

In this paper is considered the problem to solve the second order no ordinary differential equation with involution.

Definition: If do reflected $f: R \rightarrow R$, equality $f(f(x)) = x$. This reflect is involution.

Such functions $f(x) = \sqrt[m]{1-x^m}$, $m \in \mathbb{N}$, $f(x) = \frac{ax+b}{cx-a}$ arrange an involution.

The properties of involution is take possession a lot of problem full give at the [1] article.

Following, looking equation

$$P_1 \cdot y'''(x) + P_2 \cdot y''(x) + P_3 y'(x) + y(f(x)) = q(x) \quad (1)$$

that $q(x)$ – function, $P_1, P_2, P_3 = const$.

Theorem: If be $f(f(x)) = x$ that is involution $f(x)$ at the equation (1), then equation (1) limit step after the problem be solved is form sixth order the equation differential.

Prove: We has $y(f(x)) = q(x) - P_3 y'(x) - P_2 y''(x) - P_1 y'''(x)$ (2) at the equation (1).

The equality (2) time three is differentia ling sequence:

$$a) \quad y'(f(x)) = \frac{[q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x)]}{f'(x)}$$

$$b) \quad y''(f(x)) = \left[\left(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x) \right) f'(x) - \left(q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x) \right) f''(x) \right] / f'^3(x)$$

$$c) \quad y'''(f(x)) = \frac{\left[\left(q'''(x) - P_3 y^{(4)}(x) - P_2 y^{(5)}(x) - P_1 y^{(6)}(x) \right) f'^2(x) - 2 \left(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x) \right) f'(x) \cdot f''(x) \right]}{f'^5(x)} - \left[\left(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x) \right) f''(x) + \left(q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x) \right) f'''(x) \right] / f'^7(x) .$$

The property of involution issuing $x \sim f(x)$ exchange at the

$$y(f(x)) = q(x) - P_3 y'(x) - P_2 y''(x) - P_1 y'''(x)$$

Following equality is pass (3)

$$y(x) = q(f(x)) - P_3 y'(f(x)) - P_2 y''(f(x)) - P_1 y'''(f(x)) \quad (11)$$

Above we are find $y'(f(x))$, $y''(f(x))$ and $y'''(f(x))$ at the (2) equality, so, that putting equality (3).

As a result:

$$P_1 \cdot \frac{\left[\left(q'''(x) - P_3 y^{(4)}(x) - P_2 y^{(5)}(x) - P_1 y^{(6)}(x) \right) f'^2(x) - 2 \left(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x) \right) f'(x) \cdot f''(x) \right]}{f'^5(x)} - P_1 \left[\frac{\left(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x) \right) f''(x) + \left(q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x) \right) f'''(x)}{f'^7(x)} - 3 \cdot \left(q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x) \right) f''^2(x) \cdot f'^2(x) \right] + P_2 \cdot \frac{\left[\left(q''(x) - P_3 y'''(x) - P_2 y^{(4)}(x) - P_1 y^{(5)}(x) \right) f'(x) - \left(q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x) \right) f''(x) \right]}{f'^3(x)} + P_3 \cdot \frac{\left[q'(x) - P_3 y''(x) - P_2 y'''(x) - P_1 y^{(4)}(x) \right]}{f'(x)} + y(x) = q(f(x)) \quad (4)$$

The equality constant coefficient sixth order, equality of differential. ■

Look at following equation

$$a \cdot y^{(n)}(f(x)) + b \cdot y^{(m)}(x) = q(x) \quad (1)$$

Here $n, m \in N, a, b = const, f(x)$ – involution that is $f(f(x)) = x, q(x)$ – free term.

On the bottom (1) well, we will show made unwraveling (1) inequality $f(x)$ involution been $x \sim f(x)$ make a change:

$$a \cdot y^{(n)}(x) + b \cdot y^{(m)}(f(x)) = q(f(x)) \quad (2)$$

For extense $m \leq n$ get. This is not delivery hurt for total. We, in the bottom (2) from equality $(n - m)$ will found together x . That, made up this equality.

$$a \cdot y^{(2n-m)}(x) + b \cdot y^{(n)}(f(x)) = q^{(n-m)}(f(x)) \cdot f^{(n-m)}(x) \quad (3)$$

This equal $c \cdot a = b$ $ya'ni$ $c = \frac{b}{a}$ then, we will increasing.

In that

$$b \cdot y^{(n)}(f(x)) + \frac{b^2}{a} \cdot y^{(m)}(x) = \frac{b}{a} q(x) \quad (4)$$

be crop this equality.

Third and fourth equality separed. In result:

$$a \cdot y^{(2n-m)}(x) - \frac{b^2}{a} \cdot y^{(m)}(x) = q^{(n-m)}(f(x)) \cdot f^{(n-m)}(x) - \frac{b}{a} q(x) \quad (5)$$

be crop this equality. Well, (5) equality (1) this shown. That equality to be help, then simple differencial made up equation.

Examples:

1. $2y''(1 - x) + 3y'(x) = x + 2, a = 2, b = 3, f(x) = 1 - x, q(x) = x + 2$ been. $n=2, m=1$ we use this values then made up equation.

$$q(f(x)) = 1 - x + 2 = 3 - x$$

$(n-m)=1, (2n - m)=3$. Well, there are to (5). The result:

$$2 \cdot y'''(x) - \frac{9}{2} \cdot y'(x) = (3 - x)' \cdot (1 - x)' - \frac{3}{2} \cdot (x + 2)$$

$$2 \cdot y'''(x) - \frac{9}{2} \cdot y'(x) = -2 - \frac{3}{2}x$$

$$4 \cdot y''' - 9 \cdot y' = -3x - 4$$

(6) be crop this equalitation.

(6) this equality total value its one of own value and its one gender part composed of total together.

a) We will find one fender part's total unravelling:

$$4 \cdot y''' - 9 \cdot y' = 0, \text{ made up carasteristic equality}$$

$$4 \cdot k^3 - 9 \cdot k = 0 \text{ from than } , k_1 = 0, k_2 = \frac{3}{2}, k_3 = -\frac{3}{2}$$

Well, the total unravelling's one gender of part composed of this:

$$Y(x) = C_1 + C_2 e^{-\frac{3}{2}x} + C_3 e^{\frac{3}{2}x}$$

b) (6) we will take off one own unraveling this equality:

$y(x) = c \cdot x^2 + g \cdot x + d$ searching. In shown it is to (6) take put in
 $-18 \cdot c \cdot x - 9 \cdot g = -3x - 4$, from

$-18c = -3 \Rightarrow c = \frac{1}{6}$, $-9g = -4 \Rightarrow g = \frac{4}{9}$, d- voluntary number.

Well (6) unraveling private equality.

$$y(x) = \frac{1}{6}x^2 + \frac{4}{9}x + C, \quad C = \text{const.}$$

Well, (6) in equality total unraveling.

$$\bar{y}(x) = y(x) + Y(x) = C_1 + C_2 e^{-\frac{3}{2}x} + C_3 e^{\frac{3}{2}x} + \frac{1}{6}x^2 + \frac{4}{9}x + C = \frac{1}{6}x^2 + \frac{4}{9}x + \bar{C}_1 + C_2 e^{-\frac{3}{2}x} + C_3 e^{\frac{3}{2}x}. \quad (7)$$

(7) untying (6) the total unravelling.

2. $a = 1, b = 4, f(x) = \frac{1}{x}, q(x) = x^2, n = 3, m = 1$. We $(n-m)=2$,

$(2n-m)=5, q(f(x)) = \frac{1}{x^2}, q^{(n-m)}(f(x)) = \left(\frac{1}{x^2}\right)'' = \frac{6}{x^4}, f^{(n-m)}(x) = \frac{2}{x^3}$

There are to (5) put on. Result:

$$y^{(5)}(x) - 16y'(x) = \frac{12}{x^7} - 4x^2 \quad (8)$$

be crop this equality.

(8) this equality unraveling same before the example. We could set free this equality from involution.

Reference:

1. Винер И. Я. Дифференциальные уравнения с инволюциями. // Дифференциальные уравнения. Том 5, 1969.
2. Хромов А. П. Смешанная задача для дифференциального уравнения с инволюцией и потенциалом специального вида. // Известия Саратовского Университета, Нов.сер. Математика, Механика, Информатика. 2010., т. 10. вып № 4, с.17–22.
3. Курдюмов В. П., Хромов А. П. О базисах Рисса из собственных и присоединенных функций функционально-дифференциального оператора переменной структуры. //Изв. Сарат.унта. Нов.сер.Математика. Механика. Информатика.2007.Т. 7, вып.2, с. 20–25.

Алгоритмические аспекты доминирования в графах

Исхаков Рустам Ринатович, студент
 Сибирский федеральный университет

В данной статье с алгоритмической точки зрения исследуется одна из оптимизационных задач теории графов — задача о доминировании, которая является естественной моделью для многих задач размещения, изучаемых в исследовании операций и возникающих в многочисленных приложениях. Приведено обоснование её значимости как широко применимой задачи, для которой доказано свойство NP-полноты. Автором разработана и описана программа, реализованная на основе алгоритмов дискретной оптимизации и жадного алгоритма, позволяющая различными методами найти решения задачи о доминировании для последующего их сравнения.

Ключевые слова: доминирование, доминирующее множество, число доминирования, задачи размещения, методы дискретной оптимизации, NP-полнота, динамическое программирование, прямо-двойственный алгоритм, жадный алгоритм, остовное дерево, задача о наименьшем покрытии.

Задача о доминировании имеет различные формулировки. В классической теоретико-графовой постановке она звучит так: в заданном графе $G = (V, E)$ найти наименьшее по мощности подмножество вершин $D \subseteq V$ такое, что каждая вершина из $V \setminus D$ является смежной по меньшей мере с одной вершиной из D . При этом найденное множество D называется наименьшим доминирующим множе-

ством, а его мощность — числом доминирования $\gamma(G)$ графа G .

В распознавательном варианте классическая задача о доминировании формулируется следующим образом.

ЗАДАЧА О ДОМИНИРОВАНИИ

УСЛОВИЕ: Связный граф $G = (V, E)$ и натуральное число $k \leq |V|$.

ВОПРОС: Существует ли подмножество $D \subseteq V$ такое, что $|D| \leq k$ и для любой вершины $x \in V$ верно $N[x] \cap D \neq \emptyset$?

Доказательство NP-полноты данной задачи основано на полиномиальном сведении к ней задачи о вершинном покрытии [1].

ЗАДАЧА О ВЕРШИННОМ ПОКРЫТИИ

УСЛОВИЕ: Связный граф $G = (V, E)$ и натуральное число $k \leq |V|$.

ВОПРОС: Существует ли подмножество $C \subseteq V$ такое, что $|C| \leq k$ и для каждого ребра $xy \in E$ верно $x \in C$ или $y \in C$?

Задача о доминировании имеет различные области применения [2], в том числе выбор множества представителей, маршрутизация транспорта, размещение радиостанций, анализ сетей компьютерной связи, анализ мобильных и пиринговых сетей, организация маршрутизации пакетов в одноранговых беспроводных сетях.

Задача о доминировании изучалась с начала 1970-х годов. Стимулом для этого послужили классические задачи о покрытии шахматных досок минимальным количеством шахматных фигур [3]. Многие теоремы для задачи о доминировании были сформулированы и доказаны, начиная с 1970-х годов, однако первый алгоритмический результат был получен [4] лишь в 1975 году. Авторы работы [4] предложили алгоритм, линейный по времени для задачи о доминировании на деревьях, использующий метод маркировки. Примерно в то же самое время Гэри и Джонсон [1] доказали, что задача о доминировании является NP-полной для графов общего вида. С тех пор и до настоящего времени предлагаются многие алгоритмические результаты для всевозможных вариантов задачи о доминировании для разных классов графов. В связи с широким применением задачи о доминировании в современных областях науки и техники, по-прежнему остаются актуальными исследования, направленные на разработку алгоритмов её решения.

В данной работе объектом исследования являются алгоритмические аспекты доминирования в различных классах графов. Предметом исследования выступают алгоритмы вычисления доминирующих множеств и числа доминирования в графах, а также их применение в различных областях. В качестве методов исследования выбраны методы дискретной оптимизации, в том числе, прямо-двойственный подход и метод динамического программирования, а также жадный алгоритм. При этом вышеуказанные методы дискретной оптимизации дают решение задачи о доминировании только для деревьев, поэтому для графов общего вида с их помощью мы получаем лишь приближенное решение задачи о доминировании. Такой результат достигается путем построения остова дерева исходного графа общего вида и применения к нему вышеуказанных алгоритмов. В общем случае более точное решение задачи о доминировании для графов общего вида мы получаем с помощью выбранного нами жадного алгоритма.

Как было сказано выше, в работе [1] доказано, что классическая задача о доминировании является NP-полной. Она

остаётся NP-полной для узких классов графов, в том числе плоских, двудольных и хордальных графов. Известно много других NP-полных результатов для различных вариантов задачи о доминировании [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19] и [4, 20, 21]. Однако эта задача может быть решена за полиномиальное время, например, для деревьев, графов перестановок и интервальных графов.

Алгоритм полного перебора анализирует все 2^N различных подмножеств множества из N вершин графа на предмет того, является ли очередное подмножество доминирующим множеством графа, устанавливая тривиальную верхнюю оценку вычислительной сложности задачи о доминировании в худшем случае. С начала 70-х годов прошлого века и до настоящего времени активно ведется поиск алгоритмов, работающих быстрее полного перебора [22]. Среди них мы подробно рассматриваем вышеуказанные методы дискретной оптимизации, а также жадный алгоритм.

Динамическое программирование — мощный метод решения многих задач дискретной оптимизации [23, 24, 25]. Основная идея динамического программирования для задачи о доминировании — просмотр вершин дерева «сверху-вниз» вместо просмотра «снизу-вверх» как в алгоритме маркировки.

Выделим в графе G некоторую вершину u . Тогда минимальное доминирующее множество D для G либо содержит вершину u , либо не содержит. Значит, можно рассматривать следующие две задачи о доминировании:

$\gamma^1(G, u) = \min \{|D|: D \text{ — доминирующее множество для } G \text{ и } u \in D\}$;

$\gamma^0(G, u) = \min \{|D|: D \text{ — доминирующее множество для } G \text{ и } u \notin D\}$.

Лемма 2.1 Для любого графа G с выделенной вершиной u верно равенство $\gamma(G) = \min \{\gamma^1(G, u), \gamma^0(G, u)\}$.

Предположим, что H — другой граф с выделенной вершиной v . Пусть граф I с выделенной вершиной u получается объединением G и H с помощью нового ребра uv (рисунки 1).

Суть метода динамического программирования для задачи о доминировании состоит в поиске значений $\gamma^1(I, u)$ и $\gamma^0(I, u)$ для графа I на основе чисел $\gamma^1(G, u)$, $\gamma^0(G, u)$, $\gamma^1(H, v)$, $\gamma^0(H, v)$, найденных для графов G и H .

Рассмотрим доминирующее множество D для графа I с выделенной вершиной u . Тогда $D = D' \cup D''$, где D' — доминирующее множество для G с $v \in D'$, и D'' — подмножество из $V(H)$, доминирующее над $V(H) - \{v\}$. Возможны два случая. Если $v \in D''$, то D'' — доминирующее множество для H . Если $v \notin D''$, то D'' — доминирующее множество для $H - v$. В последнем случае, требуется найти

$\gamma^{00}(G, u) = \min \{|D|: D \text{ — доминирующее множество для } G - u\}$.

Заметим, что $\gamma^{00}(G, u) \leq \gamma^0(G, u)$, так как доминирующее множество D для G с $u \notin D$ также является доминирующим множеством для $G - u$.

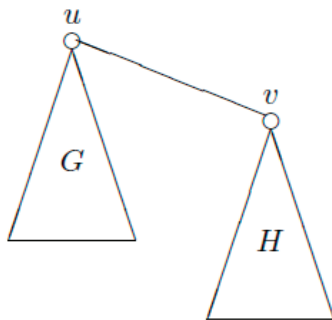


Рис. 1. Объединение деревьев G и H с помощью ребра uv

Теорема 2.2 Пусть G и H — графы с выделенными вершинами u и v соответственно. Пусть I — граф с выделенной вершиной u , который получается объединением G и H с помощью нового ребра uv . Тогда справедливы утверждения.

$$\begin{aligned} \gamma^1(I, u) &= \gamma^1(G, u) + \min \{ \gamma^1(H, v), \gamma^{00}(H, v) \}. \\ \gamma^0(I, u) &= \min \{ \gamma^0(G, u) + \gamma^0(H, v), \gamma^{00}(G, u) + \gamma^1(H, v) \}. \\ \gamma^{00}(I, u) &= \gamma^{00}(G, u) + \gamma(H) = \gamma^{00}(G, u) + \min \{ \gamma^1(H, v), \gamma^0(H, v) \}. \end{aligned}$$

Из леммы 2.1 и теоремы 2.2 вытекает следующий алгоритм динамического программирования для задачи о доминировании на деревьях.

Алгоритм DomTreeD. Нахождение числа доминирования дерева.

Вход: дерево T с порядком вершин ТО (v_1, v_2, \dots, v_n) .

Выход: число доминирования $\gamma(T)$ для T .

Метод

for $i = 1$ **to** n **do**

$\gamma^1(v_i) \leftarrow 1$;

$\gamma^0(v_i) \leftarrow \infty$;

$\gamma^{00}(v) \leftarrow 0$;

end do;

for $i = 1$ **to** $n - 1$ **do**

Пусть v_j является родителем для v_i ;

$\gamma^1(v_i \leftarrow \gamma^1(v_j) + \min \{ \gamma^1(v_i), \gamma^{00}(v_i) \}$;

$\gamma^0(v_j) \leftarrow \min \{ \gamma^0(v_j) + \gamma^0(v_i), \gamma^{00}(v_j) + \gamma^1(v_i) \}$;

$\gamma^{00}(v_j) \leftarrow \gamma^{00}(v_j) + \min \{ \gamma^1(v_i), \gamma^0(v_i) \}$;

end do;

$\gamma(T) \leftarrow \min \{ \gamma^1(v_n), \gamma^0(v_n) \}$.

Преимущество метода динамического программирования заключается в том, что он является применимым к задачам, решения которых не обладают свойством локальности. Например, к задаче о независимом доминировании [26]. Кроме того, данный метод динамического программирования можно использовать для решения вершинно-реберно-взвешенных случаев доминирования.

Самым изящным методом, используемым в доминировании, является прямо-двойственный подход. В этом методе помимо исходной задачи о доминировании рассматривается следующая двойная задача.

В графе $G = (V, E)$ под 2-устойчивым множеством понимается подмножество $S \subseteq V$, в котором для любых двух

различных вершин u и v расстояние $d(u, v) > 2$. Число 2-устойчивости $\alpha_2(G)$ графа G — это наибольшая мощность его 2-устойчивого множества.

Нетрудно убедиться, что для любого графа G всегда выполняется неравенство слабой двойственности:

$$\alpha_2(G) \leq \gamma(G).$$

Это неравенство может быть строгим. Например, для графа C_n

$$\alpha_2(C_n) = \lfloor n / 3 \rfloor, \gamma(C_n) = \lceil n / 3 \rceil.$$

Разработаем алгоритм, который выдает для дерева T минимальное доминирующее множество D^* , 2-устойчивое множество S^* и $|D^*| \leq |S^*|$. Тогда, исходя из неравенства слабой двойственности, имеем

$$|S^*| \leq \alpha_2(T) \leq \gamma(T) \leq |D^*| \leq |S^*|,$$

и все неравенства становятся равенствами. Следовательно, D^* — это наименьшее доминирующее множество, S^* — это наибольшее 2-устойчивое множество, а $\alpha_2(T) = \gamma(T)$.

Алгоритм начинает работу с листа v , смежного с вершиной u . Он использует ту же идею, что в алгоритме маркировки: u предпочтительнее v , так как $N[v] \subseteq N[u]$. Вместо v в D^* помещается u . Также в S^* помещается v .

Алгоритм DomTreePD. Найти наименьшее доминирующее множество и наибольшее 2-устойчивое множество дерева.

Вход: дерево T с порядком вершин ТО (v_1, v_2, \dots, v_n) .

Выход: наименьшее доминирующее множество D^* и наибольшее 2-устойчивое множество S^* для T .

Метод

$D^* \leftarrow \emptyset$;

$S^* \leftarrow \emptyset$;

for $i = 1$ **to** n **do**

Пусть v_j является родителем для v_i ; (считать $v_j = v_n$ при $v_i = v_n$)

if $N[v_i] \cap D^* = \emptyset$ **then**

$D^* \leftarrow D^* \cup \{v_i\}$; $S^* \leftarrow S^* \cup \{v_j\}$;

end do.

Выбранный нами жадный алгоритм основывается на возможности сведения задачи о доминировании к задаче о наименьшем покрытии (ЗНП). Задача отыскания наименьшего доминирующего множества вершин неориентированного графа G соответствует ЗНП с матрицей P ,

в качестве которой выступает матрица смежности графа G с единичными элементами на главной диагонали. Приведем жадный алгоритм нахождения доминирующего множества, построенный на основе алгоритма решения ЗНП с единичными весами градиентным методом.

Алгоритм DomSet. Найти доминирующее множество графа G общего вида.

Вход: матрица смежности P размером $n \times n$ графа G общего вида.

Выход: доминирующее множество D^{**} заданного графа.

Метод

$D^{**} \leftarrow \emptyset;$

На главной диагонали матрицы смежности P проставить единичные элементы.

Выделить столбец матрицы смежности, содержащий наибольшее число единиц. Если таких столбцов несколько, то выбрать любой из них. В матрице P вычеркнуть (считать покрытыми) все строки, содержащие единицу в выделенном столбце. В множество D^* добавить номер выбранного столбца в качестве номера вершины доминирующего множества.

На k -м шаге выполнить те же действия (из пункта 2) над матрицей, полученной на предыдущем шаге. Процесс завершить, если все строки матрицы оказались вычеркнутыми.

В процессе исследования автором статьи разработана программа SOD (Search Of Domination), которая находит различные решения для задачи о доминировании с помощью как методов дискретной оптимизации, так и жадного алгоритма. В программе для исходного графа общего вида выполняется построение остовного дерева, для которого с помощью методов динамического программирования и прямо-двойственного подхода определяются доминирующее множество и число доминирования. То есть мы получаем точное решение задачи о доминировании для остовного дерева, которое является приближенным для исходного графа. Затем для исходного графа с помощью жадного алгоритма находится еще одно решение и сравнивается с приближенным, полученным путем применения алгоритмов дискретной оптимизации к остовному дереву графа.

Функциональное назначение процедур программы SOD представлено в таблице 1.

Таблица 1. Функциональное назначение процедур

Процедура	Назначение процедуры
minimum	Определение меньшего из двух чисел, предоставленных как параметры функции.
reading_from_file	Чтение из файла информации о вершинах (их номера и номера вершин в их окрестности) и заполнение начальными значениями чисел $\gamma^0(v_i)$, $\gamma^1(v_i)$, $\gamma^{00}(v_i)$ для каждой вершины v_i . В дальнейшем эти числа используются для вычисления числа доминирования графа.
find_father	Поиск вершины-родителя для заданной вершины по её номеру. В качестве выходных данных возвращает номер родительской вершины и её порядковый номер в «порядке дерева (TO)».
printing_to_file	Распечатка вектора v в выходной файл в виде номеров вершин и номеров вершин их окрестностей.
printing_to_file_numb	Распечатка вектора v в виде номеров вершин v_i и значений их чисел $\gamma^0(v_i)$, $\gamma^1(v_i)$, $\gamma^{00}(v_i)$.
delete_numb_from_vector	Удаление вершины по её номеру из окрестностей всех вершин вектора.
tree_ordering	Построение порядка дерева (TO, Tree Ordering).
dynamic_programming_algorithm	Поиск числа доминирования дерева с помощью динамического программирования.
primal_dual_algorithm	Поиск наименьшего доминирующего и наибольшего 2-устойчивого множеств дерева с помощью прямо-двойственного подхода.
greed_algorithm	Поиск доминирующего множества графа общего вида с помощью жадного алгоритма
main	Главная функция, тело программы, в котором реализуются все вышеуказанные действия и алгоритмы.

Для эксплуатации программы необходимо иметь персональный компьютер типа IBM PC Pentium IV с опера-

ционной системой Windows XP/Vista и оперативной памятью от 512 Мб.

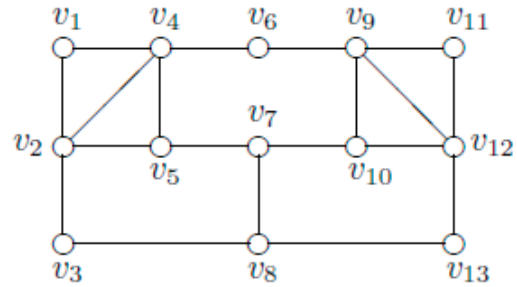
Для создания программы использована среда разработки Microsoft Visual Studio Community 2015, язык программирования C++. Программа работает с вектором (класс из стандартной библиотеки C++) структур, состоящих из номера вершины, её порядкового номера (для дальнейшего построения «порядка дерева»), чисел, которые далее используются для нахождения числа доминирования и вложенного вектора, используемого для хранения информации об окрестности вершины (её потомках в дереве). Данные структуры инициализируются для работы с заданным деревом в программном виде.

Входные данные задаются в виде текстового файла в определенном формате, в котором указываются количество вершин и информация о каждой вершине в виде: $x_i y_1 \dots y_n$, где x_i — номер вершины, $y_1 \dots y_n$ — номера вершин, смежных вершине x_i (то есть окрестность вершины x_i). Выходные данные имеют следующую структуру:

- 1) структура графа в виде массива окрестностей каждой вершины
- 2) построенный порядок (упорядочивание) дерева;
- 3) число доминирования дерева, полученное динамическим программированием;
- 4) доминирующее множество дерева, найденное через построение остовного дерева графа и применение к нему прямо-двойственного подхода;
- 5) доминирующее множество дерева, найденное через жадный алгоритм;

6) наибольшее 2-устойчивое множество дерева, найденное через построение остовного дерева графа и применение к нему прямо-двойственного подхода.

Разработанная программа SOD была проверена на большом количестве графов разных классов. Приведем пример одного из них. Рассмотрим граф общего вида, включающий в себя 13 вершин и 19 рёбер:



Для данного графа программа строит остовное дерево и находит решение задачи о доминировании, применяя динамическое программирование, прямо-двойственный подход и жадный алгоритм. Выходные данные программы и замеры времени представлены ниже.

Как мы видим, и прямо-двойственный, и жадный алгоритмы нашли решение задачи о доминировании. Но при этом решение прямо-двойственного алгоритма избыточно (на 1 вершину больше, чем у жадного), а решение жадного алгоритма более точно. Кроме того,

```

SOD.txt
1 Структура графа (задана через окрестности):
2 1 2 4
3 2 1 3 4 5
4 3 2 8
5 4 1 2 5 6
6 5 2 4 7
7 6 4 9
8 7 5 8 10
9 8 3 7 13
10 9 6 10 11 12
11 10 7 9 12
12 11 9 12
13 12 9 10 11 13
14 13 8 12
15
16 Число доминирования, найденное динамическим программированием: 4.
17 Число доминирования, найденное прямо-двойственным алгоритмом: 4.
18 Число доминирования, найденное жадным алгоритмом: 4.
19
20 Доминирующее множество D*, найденное прямо-двойственным алгоритмом: 1 7 8 9
21 Доминирующее множество D**, найденное жадным алгоритмом: 2 8 9.
22 Наибольшее 2-устойчивое множество S*, найденное прямо-двойственным алгоритмом : 2 10 11 13
23
24 Время выполнения жадного алгоритма равно 0.001 секунды
25 Время выполнения алгоритма динамического программирования равно 0.006 секунды
26 Время выполнения прямо-двойственного алгоритма равно 0.008 секунды
    
```

Рис. 2. Результат выполнения программы для графа с 13 вершинами и 19 ребрами

жадный алгоритм сработал в 8 раз быстрее, чем прямо-двойственный алгоритм, и в 6 раз быстрее, чем динамическое программирование, которое при этом ищет только число доминирования, но не доминирующее множество. Также при данных подсчетах не было учтено дополнительное время на построения остовного дерева и порядка данного дерева, которые необходимы для применения динамического программирования и прямо-двойственного подхода. Отсюда разница по времени выполнения между жадным алгоритмом и вышеуказан-

ными методами дискретной оптимизации становится еще более очевидной.

В процессе дальнейшей работы планируется провести более подробные вычислительные эксперименты и составить таблицы сравнения результатов прямо-двойственного и жадного алгоритмов на примере большого количества случайных графов разных классов.

Разработанная программа может быть использована в многочисленных приложениях задачи о доминировании и прикладных задачах, сводимых к ней.

Литература:

1. M. R. Garey and D. S. Johnson. *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*. Freeman, New York, 1979.
2. T. W. Haynes, S. T. Hedetniemi and P. J. Slater. *Fundamentals of Domination in Graphs*. Marcel Dekker, Inc., New York, 1997.
3. C. F. De Jaenisch. *Applications de l'Analyse mathematique an Jen des Echecs*. Petrograd, 1862.
4. E. J. Cockayne, S. E. Goodman and S. T. Hedetniemi. A linear algorithm for the domination number of a tree. *Inform. Process. Lett.*, 4:41–44, 1975.
5. D. W. Bange, A. E. Barkauskas and P. J. Slater. Efficient dominating sets in graphs. In R. D. Ringeisen and F. S. Roberts, editors, *Applications of Discrete Mathematics*, pages 189–199. SIAM, Philadelphia, PA, 1988.
6. A. A. Bertossi. Dominating sets for split and bipartite graphs. *Inform. Process. Lett.*, 19:37–40, 1984.
7. K. S. Booth and J. H. Johnson. Dominating sets in chordal graphs. *SIAM J. Comput.*, 11:191–199, 1982.
8. D. G. Corneil and J. M. Keil. A dynamic programming approach to the dominating set problem on k-trees. *SIAM J. Algebraic Discrete Methods*, 8:535–543, 1987.
9. D. G. Corneil and Y. Perl. Clustering and domination in perfect graphs. *Discrete Appl. Math.*, 9:27–39, 1984.
10. P. Damaschke, H. Muller and D. Kratsch. Domination in convex and chordal bipartite graphs. *Inform. Process. Lett.*, 36:231–236, 1990.
11. M. Farber. Independent domination in chordal graphs. *Oper. Res. Lett.*, 1:134–138, 1982.
12. M. R. Fellows and M. N. Hoover. Perfect domination. *Australas. J. Combin.*, 3:141–150, 1991.
13. S. M. Hedetniemi, S. T. Hedetniemi and D. P. Jacobs. Private domination: theory and algorithms. *Congr. Numer.*, 79:147–157, 1990.
14. S. F. Hwang and G. J. Chang. The k-neighbor domination problem in block graphs. *European J. Oper. Res.*, 52:373–377, 1991.
15. H. Muller and A. Brandstadt. The NP-completeness of STEINER TREE and DOMINATING SET for chordal bipartite graphs. *Theoret. Comput. Sci.*, 53:257–265, 1987.
16. C. Yen and R. C. T. Lee. The weighted perfect domination problem. *Inform. Process. Lett.*, 35 (6):295–299, 1990.
17. C. Yen and R. C. T. Lee. The weighted perfect domination problem. *Inform. Process. Lett.*, 35 (6):295–299, 1990.
18. Корибицын, Д. В. О сложности определения числа доминирования в моногенных классах графов / Д. В. Корибицын // *Дискретная математика*. — 1990. — № 2 (3) — с. 90–97.
19. Тараканов, В. Е. Комбинаторные задачи и $(0, 1)$ -матрицы / В. Е. Тараканов // *Москва «Наука»*. — Главная редакция физико-математической литературы. — 1985. — с. 170–173.
20. T. S. Jayaram, G. Sri Karishna and C. Pandu Rangan. A unified approach to solving domination problems on block graphs. Report TR-TCS-90–09, Dept. of Computer Science and Eng., Indian Inst. of Technology, 1990.
21. D. S. Johnson. The NP-completeness column: an ongoing guide. *J. Algorithms*, 6:291–305, 434–451, 1985.
22. S. Arnborg and A. Proskurowski. Linear time algorithms for NP-hard problems restricted to partial K-trees. *Discrete Appl. Math.*, 23:11–24, 1989.
23. R. E. Bellman and S. E. Dreyfus. *Applied Dynamic Programming*. Princeton University Press, 1962.
24. C. F. De Jaenisch. *Applications de l'Analyse mathematique an Jen des Echecs*. Petrograd, 1862.
25. G. L. Nemhauser. *Introduction to Dynamic Programming*. John Wiley & Sons, 1966.
26. T. A. Beyer, A. Proskurowski, S. T. Hedetniemi and S. Mitchell. Independent domination in trees. *Congr. Numer.*, 19:321–328, 1977.

О моделях А. Д. Базыкина «хищник-жертва»

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор;
Горыня Екатерина Валерьевна, студент;
Селицкая Екатерина Александровна, преподаватель
Санкт-Петербургский государственный университет

Дано краткое описание математических моделей «хищник-жертва», исследованных А. Д. Базыкиным. Для конкретных видов трофических функций дан анализ устойчивости стационарных точек. Приведены численные примеры.

Ключевые слова: математическое моделирование, устойчивость, трофические функции, популяции.

Введение. Итальянский математик Вито Вольтерра в 1930-е годы в серии своих работ разработал основные положения математической популяционной биологии [11]. При разработке моделей взаимодействующих популяций учитывались процессы, происходящие в биоценозах. Основной из них — взаимоотношение между популяциями, основанное на распределении трофического ресурса между ними. Математические модели строились на основе систем обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием принципа парных взаимоотношений для описания скоростей изменения численности популяций. Значительная часть исследований Вольтерра относится не столько к моделированию динамики реальных биологических популяций, сколько непосредственно к решению математических задач. Тем не менее, роль Вольтерра как одного из основных разработчиков математических моделей взаимодействующих популяций, огромна [16, 54]. Последовательными Вольтерра были предложены математические модели хищник-жертва, учитывающие их взаимодействие на территории [13, 15, 32, 57, 61, 67, 68], влияние антропогенного давления [17, 25, 27, 36]. Принципы построения математических моделей для взаимодействующих популяций стали применять и в задачах медицины [12, 21, 51, 55, 60, 69], экономики [2, 3, 9, 10, 14, 26, 31, 33, 41, 45, 62] и социальных систем [1, 7, 30, 34, 35, 37, 42].

Новый интерес к задачам популяционной биологии возник в 1960-е годы, поскольку в этот период стали заметны экологические последствия деятельности человека. Возникла необходимость в прогнозе возможных изменений в биосфере, вызванных техногенным воздействием на нее. Накопленные данные полевых наблюдений зачастую не вписывались в разработанные к тому времени математические модели. Одним из значимых исследований стала работа А. Н. Колмогорова [28]. В отличие от используемого Вольтерра принципа парных взаимоотношений в ней был предложен иной подход для описания межпопуляционных взаимодействий — предлагалось в математические модели вводить трофические функции общего вида, качественно отражающие характер взаимодействия, как между популяциями, так и внутри популяций. Одним из последователей этого подхода стал А. Д. Базыкин. Результаты его исследований изложены в монографии [6].

Модель хищник-жертва Лотки-Вольтерра. В этой математической модели предполагается, что рост популяции жертвы в отсутствие хищника происходит по экспоненциальному закону, этому же закону подчиняется и естественная смертность хищника, скорость размножений хищника и скорость гибели жертвы пропорциональны частоте их встреч. Популяции обитают в среде, свойства которой в каждой точке пространства одинаковы. Если N_1 — общая численность жертвы в ареале, а N_2 — численность хищника, то модель их взаимодействия представлена системой дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{d\tau} &= N_1(a_{11} - a_{12}N_2), \\ \frac{dN_2}{d\tau} &= N_2(a_{21}N_1 - a_{11}). \end{aligned} \quad (1)$$

$a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ — константы.

Эта система заменой переменных [6]

$$N_1 = \frac{a_{11}}{a_{21}}u_1, \quad N_2 = \frac{a_{11}}{a_{12}}u_2, \quad t = \frac{\tau}{a_{11}}$$

приводятся к системе уравнений

$$\begin{aligned} \frac{du_1}{dt} &= u_1 - u_1u_2, \\ \frac{du_2}{dt} &= -\gamma u_2 + u_1u_2, \end{aligned}$$

содержащей только один параметр $\gamma = \frac{a_{22}}{a_{11}}$.

Эта система уравнений имеет неустойчивую стационарную точку $u_1 = 0$ и $u_2 = 0$ и устойчивую $u_1 = \gamma$ и $u_2 = 1$, являющуюся центром [5]. В малой окрестности этой точки происходят колебания с частотой $\omega = \sqrt{\gamma}$. Все траектории этой системы образуют замкнутые циклы [6].

Модель Вольтерра не учитывает множества особенностей в поведении как отдельных особей в популяции, так и самой популяции как единого целого. Она не согласуется и со множеством данных полевых наблюдений [8, 43]. Однако она является и по сегодняшний день эталонной, поскольку на основании нескольких очевидных предположений объясняет одну из причин периодичности изменения численности популяций.

Модели А. Д. Базыкина. После опубликования работы А. Н. Колмогорова [28] происходило дальнейшее развитие моделей Вольтерра. А. Д. Базыкин предложил свой вариант модели хищник-жертва [6], близкий по форме к модели А. Н. Колмогорова [28], и исследовал ре-

шения для различных трофических функций. Обобщенная модель А. Д. Базыкина представлена системой дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{du_1}{dt} &= A(u_1) - B(u_1, u_2), \\ \frac{du_2}{dt} &= -C(u_2) + D(u_1, u_2). \end{aligned}$$

В этих уравнениях функция $A(u_1)$ описывает динамику жертвы в отсутствие хищника, функция $C(u_2)$ — динамику гибели хищника в отсутствие жертвы, функция $B(u_1, u_2)$ — скорость уничтожения жертвы хищником, функция $D(u_1, u_2)$ — скорость увеличения численности хищника за счет переработки им жертвы.

Функция $A = A(u_1)$ обращается в ноль при $u_1 = 0$, а функция $C = C(u_2)$ — при $u_2 = 0$. Предполагается, что при $u_1 > 0$ или $u_2 > 0$ функции $B(u_1, u_2)$ и $D(u_1, u_2)$ не отрицательные и не убывающие функции своих аргументов, обращающиеся в ноль при $u_1 = 0$ или $u_2 = 0$. С учетом этого в [6] предлагается считать, что $B(x, y) = B_1(x)B_2(y)$, а $D(x, y) = aB_1(x)B_2(y)$ (a — постоянная). При этом $B_1(0) = 0$ и $B_2(0) = 0$. С учетом этих условий в окрестности точки $x = 0, y = 0$ функции $A(x), C(y)$ и $B(x, y)$ раскладываются в ряд по степеням своих аргументов

$$\begin{aligned} A(x) &= \left. \frac{dA}{dz} \right|_{z=0} x + \left. \frac{1}{2} \frac{d^2 A}{dz^2} \right|_{z=0} x^2 + \dots, \\ C(y) &= \left. \frac{dC}{dy} \right|_{z=0} y + \left. \frac{1}{2} \frac{d^2 C}{dy^2} \right|_{z=0} y^2 + \dots, \\ B(x, y) &= \left. \frac{dB_1(x)}{dx} \frac{dB_2(y)}{dy} \right|_{x=0, y=0} xy + o(x^2, y^2). \end{aligned}$$

В модели Вольтерра (1) $A(N_1) = N_1 a_{11}$. То есть численность жертвы в отсутствие хищника растет по экспоненциальному закону. А это не согласуется с полевыми наблюдениями [8] — ни одна популяция в историческом масштабе не достигла огромных размеров. С другой стороны и численность малочисленной популяции возникшей в каком-то месте на начальном этапе ее эволюции растет. Поэтому в окрестности точки $u_1 = 0$ функция $A = A(u_1)$ должна быть возрастающей, но ограниченной сверху при $u_1 \rightarrow \infty$. Этому условию удовлетворяет функция $A(x) = \mu_1 x(1 - x/K)$.

Скорость гибели хищника в отсутствие жертвы должна быть пропорциональной его численности. Поэтому квадратичным слагаемым в разложении функции $C(y)$ в ряд по малому параметру можно в первом приближении пренебречь и считать, что $C(y) = -\mu_2 y$.

Таким образом, в [6] основная модель хищник-жертва, обобщающая модель А. Н. Колмогорова [28], представлена системой уравнений

$$\begin{aligned} \frac{dN_1}{d\tau} &= \mu_1 N_1(1 - N_1/K) - B_1(N_1)B_2(N_2), \\ \frac{dN_2}{d\tau} &= -\mu_2 N_2 + aB_1(N_1)B_2(N_2). \end{aligned}$$

Эта система уравнений заменой переменных $\gamma = \mu_2 / \mu_1, t = \tau \mu_1, u_1 = N_1 / K, u_2 = N_2 / aK, \alpha = 1 / \mu_1 K$ приводится к виду

$$\begin{aligned} \frac{du_1}{dt} &= u_1(1 - u_1) - \alpha B_1(u_1)B_2(u_2), \\ \frac{du_2}{dt} &= -\gamma u_2 + \alpha B_1(u_1)B_2(u_2). \end{aligned} \tag{2}$$

Разработанная в [6] модель в отличие от модели Вольтерра (1) учитывает дополнительные факторы, влияющие на реальные системы хищник-жертва: нелинейность скорости размножения жертвы и конкуренцию внутри ее популяции, эффект насыщения хищника жертвой, конкуренцию хищников за жертв, нелинейный характер уничтожения жертвы хищником и иные эффекты [6].

Стационарные точки. Система уравнений (2), поскольку $B_1(0) = 0$ и $B_2(0) = 0$, имеет стационарные точки $u_1 = 0, u_2 = 0$ и $u_1 = 1, u_2 = 0$.

В первой стационарной точке собственными значениями матрицы Якоби правой части уравнений (2)

$$J = \begin{pmatrix} 1 - 2u_1 - \alpha B_2 \frac{dB_1}{du_1} & -\alpha B_1 \frac{dB_2}{du_2} \\ \alpha B_2 \frac{dB_1}{du_1} & -\gamma u_2 + \alpha B_1 \frac{dB_2}{du_2} \end{pmatrix}$$

будут $\lambda_1 = 1$ и $\lambda_2 = 0$. Поэтому, поскольку $\lambda_1 > 0$ эта стационарная точка будет неустойчивой. Во второй стационарной точке собственными значениями матрицы Якоби

будут $\lambda_1 = -1$ и $\lambda_2 = -\gamma + \alpha B_1(1) \frac{dB_2}{du_2} \Big|_{u_2=0}$. Поскольку

функция $B_1(u_1)$ положительно определенная, а $B_2(u_2)$ не убывающая функция, то λ_2 будет отрицательной величиной при выполнении неравенств $\gamma > \alpha B_1(1) \frac{dB_2}{du_2} \Big|_{u_2=0}$ и вторая стационарная точка в этом случае будет устойчивой.

Остальные стационарные точки находятся как решение системы алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} u_1(1 - u_1) - \alpha B_1(u_1)B_2(u_2) &= 0, \\ -\gamma u_2 + u_1(1 - u_1) &= 0. \end{aligned} \tag{4}$$

Значение $u_2 = u_1(1 - u_1) / \gamma$ в стационарной точке определяется из второго уравнения в (4) по найденному значению u_1 из уравнения

$$f(u_1) = u_1(1 - u_1) - \alpha B_1(u_1)B_2(u_1(1 - u_1) / \gamma) = 0.$$

Поскольку $B_1(0) = 0$ и $B_2(0) = 0$, то это уравнение имеет как минимум два корня:

$$u_1 = 0 \text{ и } u_1 = 1. \text{ В точке } u_1 = 0$$

$$\frac{df(u_1)}{du_1} = 1,$$

а в точке $u_1 = 1$

$$\frac{df(u_1)}{du_1} = \frac{1}{\gamma} \left(-\gamma + \alpha B_1(1) \frac{dB_2(u_2)}{du_2} \Big|_{u_2=0} \right).$$

Таким образом, в окрестности точки $u_1 = 0$ функция $f(u_1)$ является положительной и возрастающей. А в окрестности точки $u_1 = 1$ функция $f(u_1)$ будет принимать отрицательные значения и будет возрастающей при выполнении неравенства

$$\gamma < \alpha B_1(1) \frac{dB_2(u_2)}{du_2} \Big|_{u_2=0} \quad \text{или} \quad 1 < \frac{1}{\mu_2 K} B_1(1) \frac{dB_2(u_2)}{du_2} \Big|_{u_2=0} \quad (5)$$

Это неравенство при условии, что $\frac{dB_2(u_2)}{du_2} \Big|_{u_2=0} > 0$, является условием существования стационарной точки, в которой $0 < u_1 < 1$.

При малых значениях параметра α или больших значения параметра γ неравенство (5) может не выполняться. Тогда система уравнений (4) будет иметь только стационарные точки (3), при этом будет устойчивой только стационарная точка $u_1 = 1, u_2 = 0$. Это означает, что в рамках модели (2) при малых скоростях потребления (или переработки) хищником жертвы (малые значения α) или при высокой смертности хищника по сравнению с рождаемостью жертвы (большие значения $\gamma = \mu_2 / \mu_1$), хищник может погибнуть. При этом, поскольку параметр $\alpha = 1 / \mu_1 K$ обратно пропорционален емкости среды, то выживаемость хищника с ростом емкости среды жертвы обеспечивается и ростом скоростью переработка хищником жертвы.

Трофические функции. В качестве трофических функций хищника, удовлетворяющих изложенным выше условиям, в [6] использовались рациональные функции

$$\varphi_1 = z, \quad \varphi_2 = \frac{z}{1+bz}, \quad \varphi_3 = \frac{z^2}{1+bz^2}, \quad \varphi_4 = \frac{z^2}{1+bz}$$

и, соответственно

$$(B_1(u_1)B_2(u_2))_{ij} = \varphi_i(u_1)\varphi_j(u_2)$$

($i, j = 1, 2, 3, 4$),

b — константа.

Для случая функции

$$B_1(u_1)B_2(u_2) = \frac{u_1}{1+b_1u_1} \frac{u_2}{1+b_2u_2}$$

«не тривиальные» корни уравнения (4) удовлетворяют кубическому уравнению

$$abz^3 + b(1-a)z^2 + (\alpha - \gamma a - b)z - \gamma = 0, \quad (6)$$

которое на промежутке (0,1) может, как не иметь вещественных корней, так и иметь один или три вещественных корня. Для случая $a = 20, b = 20, \gamma = 0.2$ на рис. 1 отражена зависимость корней уравнения (6) от параметра α .

Собственные значения матрицы Якоби правой части уравнений в устойчивых стационарных точках могут быть как отрицательными, так и комплексно сопряженными с отрицательной вещественной частью. В окрестности стационарных точек с малыми значениями u_1 и u_2 при больших значениях параметра α (при больших скоростях уничтожения жертвы хищником) могут возникать колебания. На рис. 2 для случая $\alpha = 80$ отражена зависимость функций u_1 и u_2 от времени ($u_1(0) = 0.01, u_2(0) = 0.012$). При этом значении параметра α система уравнений (4) имеет три стационарные точки, в которых $u_2 \neq 0$ (рис. 1). Рис. 2 соответствуют случаю, когда система из окрестности неустойчивой стационарной точки переходит в окрестность устойчивой стационарной точки (рис. 1 — переход из

точки А в точку В). Численное интегрирование осуществлялась в среде математического пакета Matlab с применением встроенных функций *ode**** [29]. Результаты (рис. 2) получены с относительной и абсолютной точностью равными 0.000001. При точностях равными 0.00001 (в Matlab это точность по «умолчанию») численные методы, реализованные в *ode****, строят периодические колебания (рис. 3).

Для случая функции

$$B_1(u_1)B_2(u_2) = \frac{u_1}{1+b_1u_1} \frac{u_2^2}{1+b_2u_2^2}$$

«не тривиальные» корни уравнения (4) удовлетворяют уравнению

$$1 - \alpha \frac{z^2(1-z)}{(1+b_1z)(\gamma^2 + b_2z^2(1-z)^2)} = 0, \quad (7)$$

которое на промежутке (0,1) может, как не иметь вещественных корней, так и иметь до пяти вещественных корней. Для случая $a = 20, b = 20, \gamma = 0.2$ на рис. 4 отражена зависимость корней уравнения (7), лежащих на промежутке (0,1), от параметра α . Собственные значения матрицы Якоби правой части уравнений в устойчивых стационарных точках могут быть как отрицательными, так и комплексно сопряженными с отрицательной вещественной частью.

К какой стационарной точке будет стремиться решение уравнений (2) зависит от выбора начальных данных. Так, например, при значениях $\alpha = 210$ ($a = 20, b = 20, \gamma = 0.2$) и начальных данных $u_1(0) = 0.025$ и $u_2(0) = 0.12$ решение стремится в стационарную точку $u_1 = 1, u_2 = 0$ — на рис. 4 отражена зависимость функций $u_1(t)$ и $u_2(t)$ от времени.

Трофические функции у взаимодействующих популяций могут изменяться под влиянием внешних факторов. Это может быть изменение внутреннего метаболизма особей, изменение пространственного распределения популяций, изменение свойств среды обитания под влиянием антропогенного давления. Антропогенная нагрузка может привести к изменению качества трофических ресурсов или к их уничтожению [18, 40. 46-49, 56, 63-65], к физическому поражению особей. В моделях, исследованных в [6], не учитывалась, что трофические функции могут изменяться во времени. Учет этого фактора в моделях взаимодействующих популяций позволяет объяснить более широкий спектр явлений, наблюдаемых в природе. Временной фактор можно учесть, считая что α, γ, b_1 и b_2 в уравнениях (2) является не параметрами, а функциями времени. Для случая $\alpha = 270(1 - 0.458(1 - e^{-t}))$ (значение α из области «два корня» со временем приближается к области «четыре корня», рис. 4), на рис. 6 отражена зависимость функций $u_1(t)$ и $u_2(t)$ от времени ($a = 20, b = 20, \gamma = 0.2, u_1(0) = 0.025, u_2(0) = 0.12$). Этот результат соответствует случаю, когда после длительного совместного существования хищника и жертвы на первый взгляд устойчивого (рис. 5 — зона «иллюзия» устойчивости, [20, 52, 53, 66]) численность обеих популяций резко уменьшается. При этом хищник погибает, а жертва постепенно восстанавливает свою численность (рис. 5).

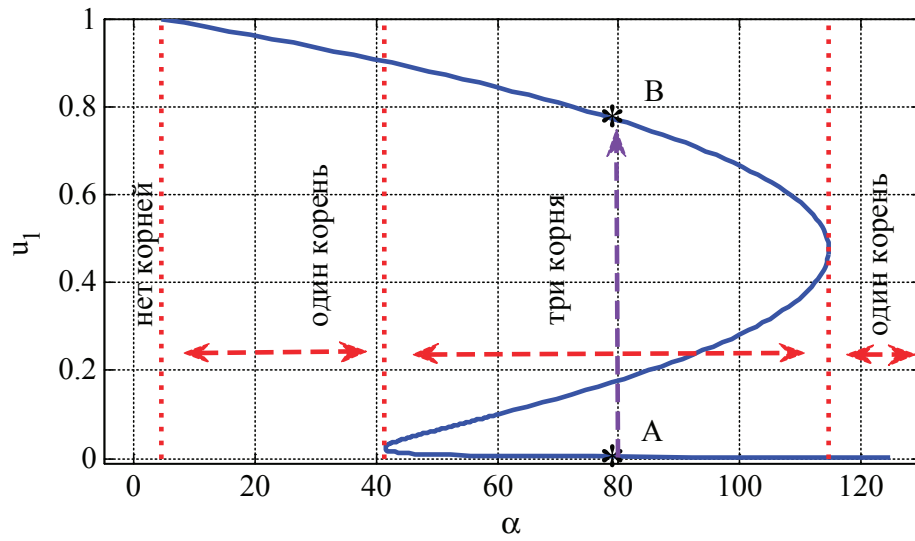


Рис. 1

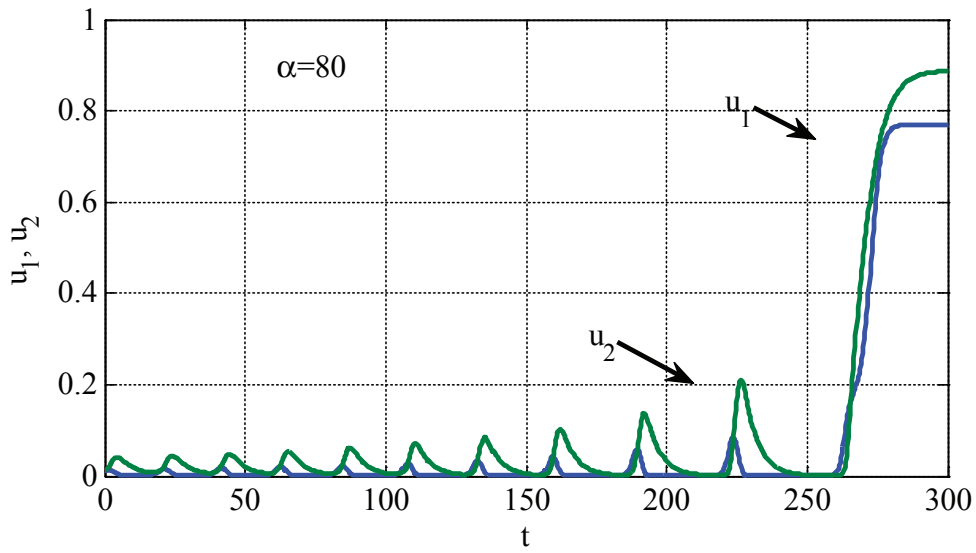


Рис. 2

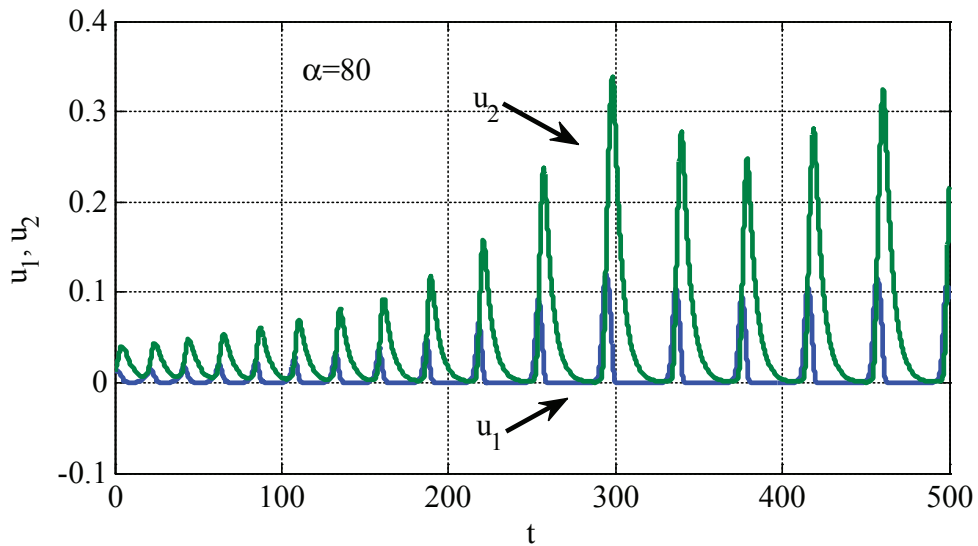


Рис. 3

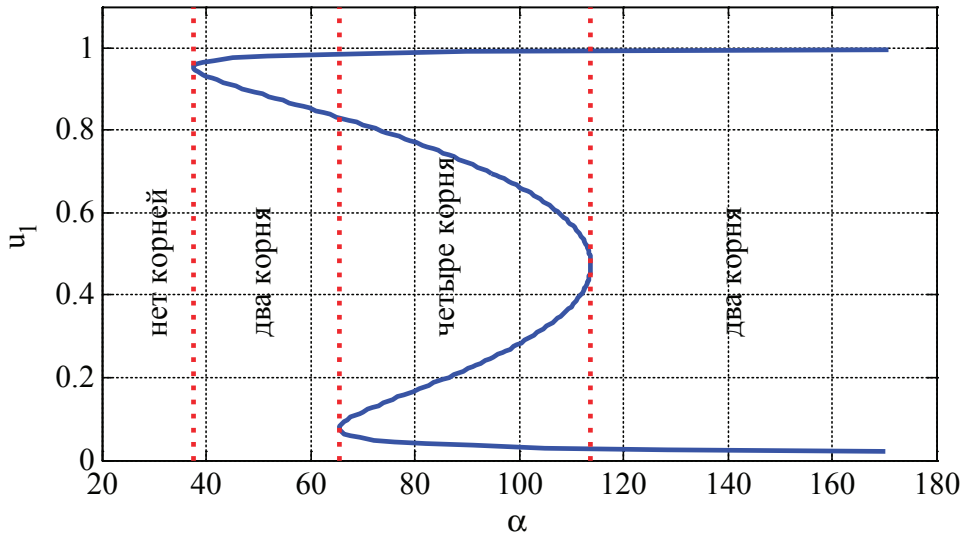


Рис. 4

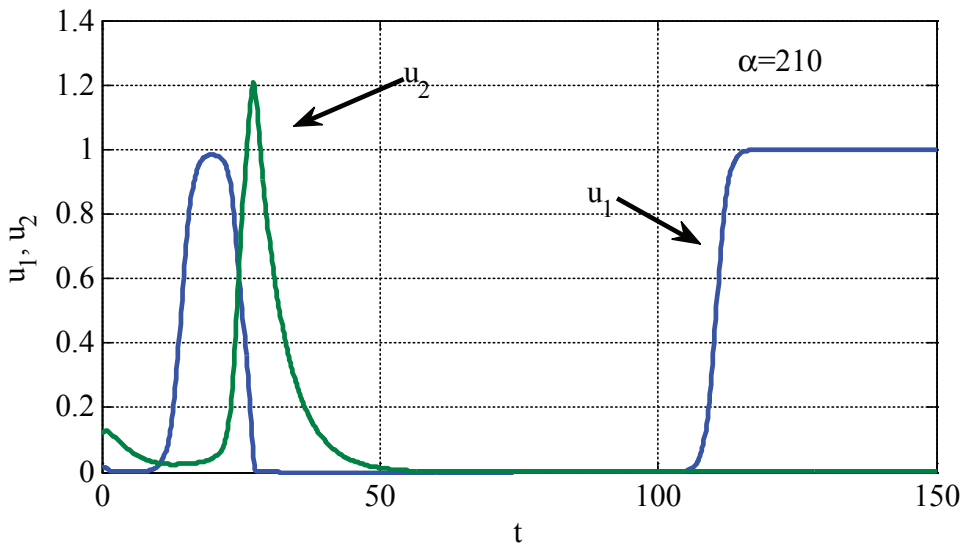


Рис. 5

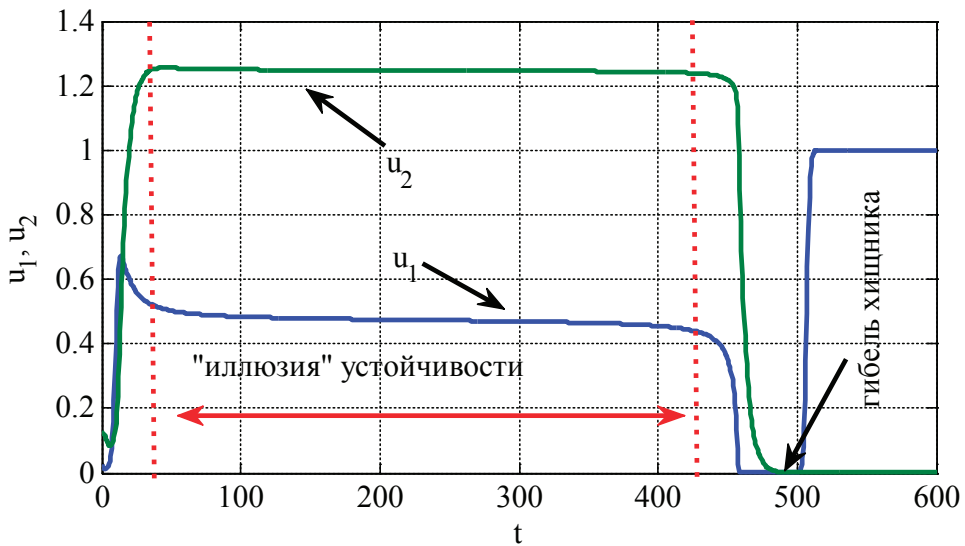


Рис. 6

В общем случае найти точные значения координат стационарных точек и собственных значений матрицы Якоби правой части разрешающей системы дифференциальных уравнений не представляется возможным [4]. Для решения этих задач приходится использовать численные методы поиска корней нелинейных трансцендентных уравнений. При наличии нескольких стационарных точек переход из окрестности одной стационарной точки в окрестность другой может сопровождаться резким изменением амплитуды решения [19, 22, 38]. В этом случае для решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений приходится использовать методы, предназначенные для решения задач такого рода [44, 50]. Отдельной

задачей является и задача построения бифуркационных ветвей решений дифференциальных уравнений [23, 24, 39, 44, 58, 59].

Заключение. Математические модели хищник-жертва, предложенные в работах А. Д. Базыкина, объясняют существование нескольких стационарных состояний в системе хищник-жертва как устойчивых, так и не устойчивых. Одновременно с этим объясняют и возможное «резкое» исчезновение хищника. Основными факторами, определяющими, соотношение численностей, являются удельная скорость роста жертвы, удельная скорость гибели хищника, скорость уничтожения жертвы хищником и скорость переработки жертвы хищником.

Литература:

1. Аббасов, М. Э. О. Условия экстремума в терминах несобственных экзостеров // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2011. — № 2. — с. 3–8.
2. Абдулина, К. А., Старков В. Н. Качественное исследование динамики лесной системы с учетом вырубки и вывоза // Процессы управления и устойчивость. — 2014. — Т. 1. — № 1. с. 82–86.
3. Абдулина, К. А., Старков В. Н. Квазистационарный подход в исследовании распространения насекомых в лесной системе // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 5–15.
4. Александров, А. Ю., Александрова Е. Б., Платонов А. В. Анализ устойчивости положений равновесия нелинейных механических систем с нестационарным ведущим параметром при потенциальных силах // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 107–119.
5. Александров, А. Ю., Платонов А. В. О предельной ограниченности и перманентности решений одного класса дискретных моделей динамики популяций с переключениями // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2014. — № 1. — с. 5–16.
6. Базыкин, А. Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2003. — 368 с.
7. Басков, О. В. Критерий непротиворечивости «квантов» информации о нечетком отношении предпочтения лица, принимающего решения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2014. — № 2. — с. 12–18.
8. Бигон, М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: в двух томах. М.: Мир, 1989. Т. 1. 667 с. Т. 2. 477 с.
9. Буре, А. В. Об одной теоретико-игровой модели тендера // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 25–32.
10. Валиотти, Н. А. Нейросетевая модель для дифференцированной оценки влияния одновременных внешних событий в сфере розничной торговли // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2014. — № 2. — с. 93–98.
11. Вольтерра, В. Математическая теория борьбы за существование. Москва-Ижевск:, Институт компьютерных технологий, 2004. — 288 с.
12. Гасратова, Н. А., Бойцов Д. С., Габриелян Л. А., Тюганова Т. М. Математическая модель иммунного ответа организма млекопитающих на поражение кожи ожогом // Молодой ученый. — 2014. — № 12 (71). — с. 1–7.
13. Гасратова, Н. А., Бойцов Д. С., Крылова В. А., Гаврилова А. В. Модель Базыкина-Свирижева хищник-жертва // Молодой ученый. — 2014. — № 12 (71). — с. 8–12.
14. Гасратова, Н. А., Гасратов М. Г. Сетевая модель управления запасами для случая количественной конкуренции // Сибирский журнал индустриальной математики. — 2015. — Т. 18. — № 1. — с. 14–27.
15. Гасратова, Н. А., Столбовая М. В., Бойцов Д. С., Степанова Д. С. Математическая модель хищник-жертва на линейном ареале // Молодой ученый. — 2014. — № 11. — с. 1–10.
16. Гиляров, А. М. В поисках универсальных закономерностей организации сообществ: прогресс на пути нейтрализма // Журнал общей биологии. — 2010. — Т. 71. — № 5. — с. 386–401.
17. Горбунова, М. В., Колпак Е. П., Крицкая А. В. Математическая модель антропогенного воздействия на одиночную популяцию / В сборнике: Синергетика в общественных и естественных науках: девятые Курдюмовские

- чтения материалы Международной междисциплинарной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. редкол.: Лапина Г. П. (отв. ред.) и др. Тверь, 2013. — с. 165.
18. Даль, Ю. М., Пронина Ю. Г. Сосредоточенные силы и моменты у границы упругой полуплоскости // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. — 1998. — № 5. — с. 78.
 19. Жабко, А. П., Мышков С. К. К вопросу об асимптотической устойчивости линейных нестационарных систем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 2. — с. 166–175.
 20. Жук, В. В., Тумка О. А., Козлов Н. А. О константах в неравенствах типа Джексона для наилучших приближений периодических дифференцируемых функций // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 33–41.
 21. Жукова, И. В., Колпак Е. П. Математические модели злокачественной опухоли // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2014. — № 3. — с. 5–18.
 22. Золотых, М. С., Моисеев И. А. Свойства точек переключения управления нелинейной системы четвертого порядка // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления — 2014. — № 3. — с. 118–124.
 23. Кабриц, С. А. Некоторые прикладные задачи статики тонких оболочек из эластомеров // диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Ленинград, 1984.
 24. Кабриц, С. А., Шамина В. А. Изгиб оболочки вращения поперечной силой и моментом // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2014. — № 2. — с. 261–270.
 25. Камачкин, А. М., Старков В. Н., Степенко Н. А. Математическая модель загрязнения океанических вод // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2015. — Т. 20. — № 2. с. 475–479.
 26. Колабутин, Н. В. Двухуровневая кооперация в дифференциальной игре технологического альянса // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 42–63.
 27. Колесин, И. Д., Старков В. Н., Гасратова Н. А. Одиночная популяция под антропогенным давлением // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. — 2014. — № 6 (96). — с. 226–232.
 28. Колмогоров, А. Н. Качественное изучение математических моделей динамики популяций // Проблемы кибернетики. — 1972. — № 5. — с. 101–106.
 29. Колпак, Е. П. Matlab: методы вычислений учебное пособие / Е. П. Колпак; Санкт-Петербургский гос. ун-т. Санкт-Петербург, 2007.
 30. Колпак, Е. П., Бронникова А. И., Полежаев В. Ю. Математическая модель стачечного движения в России в начале XX века // Молодой учёный. — 2015. — № 3 (83). — с. 4–15.
 31. Колпак, Е. П., Габриелян Л. А., Бронникова А. И., Крылова В. А. О математических моделях симбиоза // Молодой ученый. — 2015. — № 4 (84). — с. 6–14.
 32. Колпак, Е. П., Гасратова Н. А., Селицкая Е. А. Математическая модель хищник-жертва на ограниченной территории // В сборнике: Устойчивость и процессы управления Материалы III международной конференции. — 2015. — с. 481–482.
 33. Колпак, Е. П., Горыня Е. В., Крылова В. А., Полежаев Д. Ю. Математическая модель конкуренции двух популяций на линейном ареале // Молодой ученый. — 2014. — № 12 (71). — с. 12–22.
 34. Колпак, Е. П., Селицкая Е. А., Габриелян Л. А. Математическая модель коррупции в системе «власть-общество» // Молодой ученый. — 2015. — № 10 (90). — с. 9–16.
 35. Колпак, Е. П., Скороходова Т. В. Математическая модель роста числа учащихся в средней и высшей школах России. В сборнике: Синергетика в естественных науках. Восьмые Курдюмовские чтения материалы Международной междисциплинарной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. Ответственный редактор: Лапина Г. П.. Тверь, 2012. с. 274–275.
 36. Колпак, Е. П., Столбовая М. В., Селицкая Е. А. Математическая модель антропогенного давления на популяцию // Приволжский научный вестник. — 2015. — № 10 (50). — с. 5–15.
 37. Крылова, В. А., Колпак Е. П., Сыромолотова К. И., Воротова Т. А. Математические модели формирования спортивных групп // Молодой учёный. — 2015. — № 8 (88). — С. 10–19.
 38. Лакрисенко, П. А. Об устойчивости положений равновесия нелинейных гибридных механических систем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 3. — с. 116–125.
 39. Мальков, В. М., Кабриц С. А., Мансурова С. Е. Математическое моделирование нелинейной деформации эластомерного слоя // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2011. — № 3. — с. 56–63.

40. Мальков, В. М., Малькова Ю. В. Трещина в форме дуги окружности, расположенная вблизи поверхности раздела материалов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2010. — № 1. — с. 93–104.
41. Миндлин, Ю. Б., Колпак Е. П., Гасратова Н. А. Отличительные признаки кластеров и практика их применения в России // Политика и общество. — 2015. — № 5. — с. 666–675.
42. Морозова, Н. С. Виртуальные формации и виртуальные лидеры в задаче о движении строем группы роботов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 135–149.
43. Окулова, Н. М., Катаев Г. Д. Взаимосвязи «хищник-красно-серая полевка» в сообществах позвоночных животных Лапландского заповедника // Зоологический журнал. — 2007. — Т. 86. — № 8. — с. 989–998.
44. Олемской, И. В., Фирюлина О. С. Алгоритм поиска наибольшего независимого множества // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2014. — № 1. — с. 79–89.
45. Полякова, Л. Н., Карелин В. В., Буре В. М., Хитров Г. М. Точные штрафные функции в задаче управления одной системой массового обслуживания // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 75–82.
46. Пронина, Ю. Г. Механохимическая коррозия полого цилиндра из идеального упруго-пластического материала под действием постоянного давления // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2006. — № 3. — с. 121–130.
47. Пронина, Ю. Г. Оценка устойчивости упругой трубы под давлением коррозионных сред // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2006. — № 3. — с. 55–63.
48. Пронина, Ю. Г. Равномерная механохимическая коррозия полой сферы из идеального упругопластического материала под действием постоянного давления // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2009. — № 1. — с. 113–122.
49. Пронина, Ю. Г. Расчет долговечности упругой трубы под действием продольной силы, давления и осесимметричного нагрева в условиях равномерной коррозии // Проблемы прочности и пластичности. — 2009. — № 71. — с. 129–135.
50. Слупко, К. А. Периодические дифференциально-разностные системы. алгоритм построения матрицы Ляпунова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2015. — № 1. — с. 150–159.
51. Смирнова, М. В., Колпак Е. П. Математическое моделирование снижения детской заболеваемости в России // В сборнике: Синергетика в общественных и естественных науках: девятые Курдюмовские чтения. Материалы Международной междисциплинарной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. редкол.: Лапина Г. П. (отв. ред.) и др.. Тверь, 2013. — 222 с.
52. Степенко, Н. А. О диссипативности неавтономных систем по нелинейному приближению // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2004. — № 3–4. — с. 160–169.
53. Степенко, Н. А. О некоторых критериях диссипативности колебательных систем с переменными параметрами // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2004. — № 1. — с. 50–54.
54. Трубецков, Д. И. Феномен математической модели Лотки-Вольтерры и сходных с ней // Известия Вузов. Прикладная нелинейная динамика. — 2011. — № 2. — с. 69–87.
55. Balykina, Y. E., Kolpak E. P., Kotina E. D. Mathematical model of thyroid function // Middle East Journal of Scientific Research. — 2014. — Т. 19. — № 3. — с. 429–433.
56. Dal' Yu. M., Pronina Yu. G. On concentrated forces and moments in an elastic half-plane // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 1998. — № 1. — с. 57–60.
57. Ge, W., Gui z. The effect of harvesting on a predator-prey system with stage structure // Ecological Modelling. — 2005. — Т. 187. — с. 329–340.
58. Kabrits, S. A., Kolpak E. P. Finding bifurcation branches in nonlinear problems of statics of shells numerically // В сборнике: 2015 International Conference "Stability and Control Processes" in Memory of V. I. Zubov (SCP) 2015. с. 389–391.
59. Kabrits, S. A., Kolpak E. P. Numerical study of convergence of nonlinear models of the theory of shells with thickness decrease // В сборнике: AIP Conference Proceedings. — 2015. — с. 300005.
60. Kolpak, E. P., Kabrits S. A., Bubalo V. The follicle function and thyroid gland cancer // Biology and Medicine. — 2015. — Т. 7 (1). — BM060.15.

61. Murray, D. D. *Mathematical biology*. N. Y. Springer. 2002. — 551 p.
62. Peresada, V. P., Smirnov N. V. E., Smirnova T. E. Development control of a multicommodity economy based on the dynamical input-output model // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2014. — № 4. — с. 119–132.
63. Pronina, Y. G. Analytical solution for decelerated mechanochemical corrosion of pressurized elastic-perfectly plastic thick-walled spheres // *Corrosion Science*. — 2015. — Т. 90. — с. 161–167.
64. Pronina, Y. G. Lifetime assessment for an ideal elastoplastic thick-walled spherical member under general mechanochemical corrosion conditions // *Computational Plasticity XII: Fundamentals and Applications — Proceedings of the 12th International Conference on Computational Plasticity — Fundamentals and Applications, COMPLAS 2013*. PP. 729–738.
65. Pronina, Y. G., Sedova O. S., Kabrits S. A On the applicability of thin spherical shell model for the problems of mechanochemical corrosion // *AIP Conference Proceedings/* — 2015. — vol. 16–48. — art. no. 300008.
66. Starkov, V. N., Stepenko N. A. Computer modeling of trajectories in spatially non-uniform gravitational fields // *International conference on computer technologies in physical and engineering applications (IVESC–ICEE–ICCT–PEA–BDO 2014)*. June 30–July 4. 2014, Russia, Saint-Petersburg, pp. 179–180.
67. Tsoularis, A., Wallace J. Analysis of logistic growth models // *Mathematical Biosciences*. — 2002. — № 179. — P. 21–55.
68. Wang, W., Takeuchi Y. Adaptation of prey and predators between patches // *Journal of Theoretical Biology*. — 2009. — V. 258. — P. 603–613.
69. Zhukova, I. V., Kolpak E. P., Balykina Yu. E. Mathematical Model of Growing Tumor // *Applied Mathematical Sciences*. — 2014. — Т. 8. — N 29–32. — с. 1455–1466.

Выдающийся математик ал-Хорезми и его геометрические задачи

Мирханова Манзура Аббасовна, старший преподаватель;
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Полное имя ал-Хорезми — Абу Абдаллах Мухаммад Ибн Мусса ал-Хорезми. Принято считать годом его рождения 783 г, а годом его смерти 850 год. Родиной учёного является Хорезм, которому соответствует территория современной Хорезмской области Республики Узбекистан. В Хорезме к началу IX века сложились традиции древней и самобытной культуры. Свидетельство этому мы находим в трудах средневековых историков, а также благодаря археологическим раскопкам. Ал-Хорезми принадлежал к тем среднеазиатским учёным, которые были привлечены в Багдад для работы в «Доме мудрости» — учреждение, выполнявшее функции Академии наук, основанное правителем ал-Мамуном. При изучении данных о жизни и творчестве ал-Хорезми историки науки основывались главным образом на исследовании его трудов. Многообразные научные интересы ал-Хорезми касались математики, астрономии, географии и истории. Алгебраический трактат ал-Хорезми известен под заглавием: «Краткая книга восполнения и противопоставления» (по-арабски: «Китаб мухтасар ал-джабр ва-л-мукабала»). Трактат состоит из двух частей — теоретической и практической. В первой из них излагается теория линейных и квадратных уравнений, а также затрагиваются некоторые вопросы геометрии. Учёные в средние века уделяли большое внимание геометрии. Особый интерес вызывали «Начала» Евклида. Это классическое произведение было переведено на арабский

язык уже в конце VIII — начале IX в. По нему изучали геометрию, его обсуждали и комментировали. Наряду с вопросами теории их занимали и проблемы практической геометрии. Такие проблемы постоянно приходилось решать землемерам, ремесленникам, строителям. Поэтому математики писали специальные сочинения, которые служили руководствами для практиков. В них обычно не было доказательств, а приводились только определения основных геометрических понятий и правила измерения фигур и тел. Правила обычно разъяснялись на многочисленных конкретных примерах.

Впервые в литературе на арабском языке такое собрание сведений, необходимых в практической, хозяйственной деятельности человека, дал ал-Хорезми. Этим вопросам посвящен геометрический раздел его «Алгебры». Он носит название «Глава об измерении». Основное внимание в ней уделено вопросам измерения фигур.

Вначале ал-Хорезми вводит понятие единичной площади и дает правила вычисления площади квадрата, треугольника и ромба. Он рассматривает равносторонний треугольник, но формулирует правило, справедливое для треугольника любого вида: «Если перемножить высоту и половину основания, на которое падает высота, получится площадь этого треугольника». Относительно ромба ал-Хорезми говорит: «Если ты умножишь одну из диагоналей на половину другой, получится его площадь».

Ал-Хорезми вычисляет площадь сегмента круга, которую он называет площадью, соответствующей дуги. Для

этого вводится длина s дуги AB , хорда a и высота сегмента $DC=h$, носившая название «стрела дуги» (рис. 1).

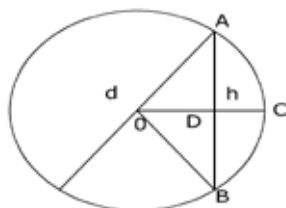


Рис. 1

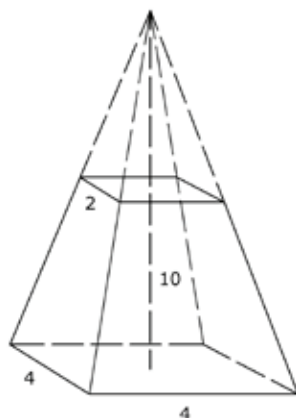


Рис. 2

Следующий вопрос, который рассматривает ал-Хорезми, касается объемов тел — параллелепипеда, кругового цилиндра, призмы, конуса, пирамиды.

Относительно параллелепипеда (который называется «четырёхугольным телом») он говорит: «Если умножишь длину на ширину, а затем на высоту, получится объем».

Объем цилиндра, треугольной, четырехугольной и т.д. призмы определяется умножением площади основания на высоту. «Если же тело не четырехугольное, — пишет ал-Хорезми, — а круглое, треугольное или иное, но его грани параллельны высоте, его мера такова: измерь его плоскую фигуру, т.е. узнай ее площадь, умножь это на глубину, получится объем».

Конусы и пирамиды измеряются по следующему правилу: «Что касается конусов треугольного, квадратного и круглого, то они таковы, что произведение трети площади их основания на высоту есть их объём».

В геометрическом разделе книги ал-Хорезми рассматривает правило вычисления объёма усечённой квадратной пирамиды с данными основаниями и высотой. Пусть высота усеченной пирамиды $h=10$, сторона нижнего основания $a_1=4$, а верхнего $a_2=2$ (рис.2).

Высота неусеченной пирамиды H определяется следующим образом:

$$\frac{h}{H} = \frac{a_1 - a_2}{a_1}, \quad \frac{10}{H} = \frac{2}{4}, \quad H = 20.$$

Тогда объем неусеченной пирамиды

$$V = \frac{1}{3} \cdot 16 \cdot 20 = 106\frac{2}{3},$$

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot 10 = 13\frac{1}{3}.$$

Искомый объем усеченной пирамиды v определяется как разность этих двух объемов:

$$v = V - V_1 = 106\frac{2}{3} - 13\frac{1}{3} = 93\frac{1}{3}.$$

Наиболее подробно ал-Хорезми останавливается на вопросах, связанных с измерением треугольников и четырехугольников. Он начинает с формулировки и доказательства теоремы Пифагора. Это единственный в сочинении случай, когда геометрическое предложение доказано строго в духе «Начал» Евклида. Однако доказательство проводится только для равнобедренного прямоугольного треугольника.

Ал-Хорезми пишет: «Знай, что каждый прямоугольный треугольник таков, что если умножить каждую из его коротких сторон на себя, то сумма произведений равна произведению длинной стороны на себя».

Воспроизводим ход его рассуждения. Построим квадрат $ACDB$ (рис.3).

Разделим сторону AC пополам в точке E и проведем $EG \perp AC$. Затем разделим пополам сторону AB в точке F

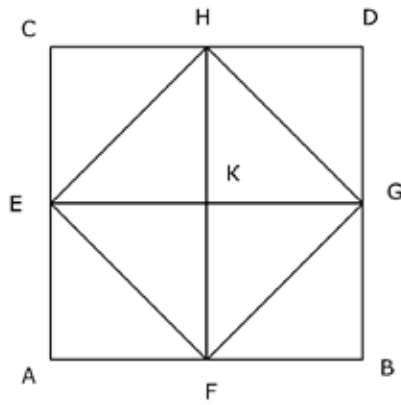


Рис. 3

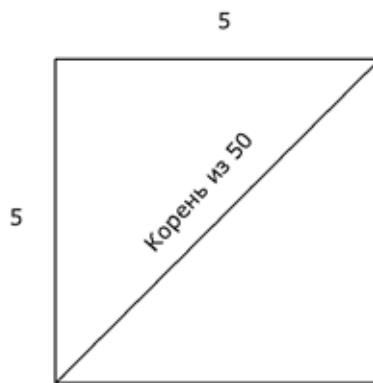


Рис. 4

и проведем из нее $FH \perp AB$. Тогда данный квадрат будет разбит на четыре меньших квадрата, равных между собой. Проводим диагонали FE, EH, HG, GF , пересекающие каждый из этих квадратов на два равных прямоугольных равнобедренных треугольника. В результате данный большой квадрат оказывается разбитым на восемь таких треугольников, равных между собой. Следовательно, четыре из них составляют квадрат $EHGF$, равный половине большого квадрата.

Один из разделов геометрической главы сочинения ал-Хорезми посвящён классификации четырёхугольников и вычислению их площадей. Выделено пять видов четырёхугольников: 1) квадрат, 2) прямоугольник, 3) ромб, 4) параллелограмм, не являющийся прямоугольником, 5) четырёхугольник с разными сторонами и углами.

Правила вычисления площадей и примеры к ним сформулированы так, что они могут служить руководством для практиков-землемеров.

Например, относительно измерения квадрата и прямоугольника ал-Хорезми пишет: «Что касается четырёхугольников с равными сторонами и прямыми углами или с раз-

ными сторонами и прямыми углами, то, чтобы получить их площадь, умножь длину и ширину, то, что, получится, и есть площадь. Например, каждая сторона четырёхугольного участка земли есть пять локтей, тогда его площадь — двадцать пять локтей. Вот чертеж этого» (рис.4).

В целях исследования истории науки геометрии, мы рассмотрели некоторые геометрические задачи ал-Хорезми. Как видно из вышеизложенного, мы видим, что эти задачи обоснованы и имеют практический характер. Творчество Мухаммада ибн Муса ал-Хорезми занимает важное место среди учёных Средней Азии, имена которых вошли в историю точного естествознания. В IX веке — на заре расцвета средневековой восточной науки — учёный внёс большой вклад в развитие арифметики, алгебры, геометрии, астрономии, географии. Труды ал-Хорезми оказывали влияние на учёных Востока и Запада. Исследованием творчества ал-Хорезми занимались многие историки науки. В процессе обучения и воспитания подрастающего поколения, при изучении истории естественных наук, наряду с другими великими учёными, необходимо ознакомить их с творчеством ал-Хорезми.

Литература:

1. Мухаммад ибн Мусо ал-Хоразмий. Танланган асарлар (Избранные произведения). Изд-во «Фан», Ташкент-1983.

Обобщенная модель Фридрикса и ее пороговое собственное значение

Рашидов Анваржон Шарипович, ассистент
Бухарский государственный университет (Узбекистан)

Мирзаев Элдор Эрдонович, ассистент
Бухарский профессиональный колледж легкой промышленности (Узбекистан)

В настоящей работе рассматривается обобщенная модель Фридрикса h , действующих в прямом сумме 0 — и 1 — частичных подпространств фоковского пространства.

Обсуждается случай, когда параметр функция $\varepsilon(\cdot)$ этого оператора имеет специальный вид. Показывается, что эта функция имеет невырожденный минимум в нескольких различных точках трехмерного тора T^3 . Найдены необходимые и достаточные условия для того, чтобы, число $z = 0$ являлось собственным значением оператора h_μ , в зависимости от точки минимума функции $\varepsilon(\cdot)$. При этом нуль является нижней гранью собственного спектра оператора h_μ .

Пусть T^3 — трехмерный тор, т. е. куб $(-\pi, \pi]^3$ — с соответствующим отождествлением противоположных граней, C — одномерное комплексное пространство и $L_2(T^3)$ — гильбертово пространство квадратично-интегрируемых (комплекснозначных) функций, определенных на T^3 . Символом H обозначается прямая сумма пространств $H_0 = C$ и $H_1 = L_2(T^3)$, т. е. $H = H_0 \oplus H_1$. Пространства H_0 и H_1 называются нольчастичным и одночастичным подпространствами фоковского пространства, соответственно.

Рассмотрим обобщенной модели Фридрикса h , действующее в гильбертовом пространстве H и задающихся как блочно-операторная матрица

$$h = \begin{pmatrix} h_{00} & h_{01} \\ h_{01}^* & h_{11} \end{pmatrix},$$

где матричные элементы $h_{ij} : H_j \rightarrow H_i$, $i, j = 0, 1$, $i \leq j$ определяются равенствами

$$h_{00}f_0 = w_0f_0, \quad h_{01}f_1 = \int v(t)f_1(t)dt,$$

$$(h_{11}f_1)(p) = w_1(p)f_1(p), \quad f_i \in H_i, \quad i = 0, 1.$$

При этом w_0 — фиксированное вещественное число, $v(\cdot)$ — вещественнозначная четная дважды непрерывно дифференцируемая функция на T^3 , а функция $w_1(\cdot)$ определена по формуле

$$w_1(p) = \sum_{i=1}^3 (1 - \cos(3p^{(i)})), \quad p = (p^{(1)}, p^{(2)}, p^{(3)}) \in T^3.$$

А оператор h_{01}^* сопряженный оператор к h_{01} и $(h_{01}^*f_0)(p) = v(p)f_0$, $f_0 \in H_0$.

Здесь и в дальнейшем интеграл без указания пределов всюду означает интегрирование по всей области изменения переменных интегрирования.

Легко можно проверить, что оператор h , действующий в гильбертовом пространстве H , является ограниченным и самосопряженным.

Пороговые явления для двухчастичного дискретного оператора Шредингера изучены в работах [1–3], а для семейства модели Фридрикса с одномерным возмущением, которые ассоциированы с системой двух частиц на решетке изучены в работах [4,5]. Как известно, некоторые актуальные задачи, в частности, задачи квантовой механики, статистической механики и гидродинамики сводятся к исследованию спектральных свойств обобщенной модели Фридрикса [6–8]. Поэтому изучение пороговое собственное значение для обобщенной модели Фридрикса играет важную роль в современной математической физике.

Обозначим через $\sigma(\cdot)$, $\sigma_{\text{ess}}(\cdot)$ и $\sigma_{\text{disc}}(\cdot)$, соответственно, спектр, существенный спектр и дискретный спектр ограниченного самосопряженного оператора.

Пусть оператор h_0 , действует в H как

$$h_0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & h_{11} \end{pmatrix}.$$

Оператор возмущения $h - h_0$ оператора h_0 является самосопряженным оператором ранга 2. Следовательно, из известной теоремы Г. Вейля [9] о сохранении существенного спектра при возмущениях конечного ранга вытекает, что существенный спектр оператора h совпадает с существенным спектром оператора h_0 . Известно, что $\sigma(h_0) = \sigma_{\text{ess}}(h_0) = [0, 6]$.

Из последних фактов следует, что $\sigma_{\text{ess}}(h) = [0, 6]$.

Определим регулярную в $C \setminus [0, 6]$ функцию (детерминант Фредгольма, ассоциированный с оператором h)

$$\Delta(z) = w_0 - z - \int \frac{v^2(t)dt}{w_1(t) - z}.$$

Рассмотрим точки $P_i = (P_i^{(1)}, P_i^{(2)}, P_i^{(3)})$ из T^3 , для которых $P_i^{(k)} \in \left\{0, \pm \frac{2\pi}{3}\right\}$, $k = 1, 2, 3$,

причем $P_i \neq P_j$ при $i \neq j$. Ясно, что число таких точек равно 27.

Легко проверяется, что функция $w_1(\cdot)$ имеет невырожденный минимум в точках $P_i \in T^3$, $i = \overline{1, 27}$. Функция $v(\cdot)$ является непрерывной на T^3 , поэтому существует конечный интеграл

$$\int \frac{v^2(t)dt}{w_1(t)}.$$

Из теоремы о предельном переходе под знаком интеграла Лебега следует, что $\Delta(0) = \lim_{z \rightarrow -0} \Delta(z)$.

Следующая теорема о необходимых и достаточных условиях для того чтобы, число $z = 0$ являлось собственным значением оператора h .

Теорема 1. Оператор h имеет нулевое собственное значение тогда и только тогда, когда $\Delta(0) = 0$ и $\phi(P_i) = 0, i = 1, \dots, 27$.

Доказательство. Необходимость. Пусть оператор h имеет нулевое собственное значение и $f = (f_0, f_1) \in H$ — соответствующая собственная вектор-функция. Тогда f_0 и f_1 удовлетворяют уравнению $hf = 0$ или системе уравнений

$$\begin{cases} w_0 f_0 + \int v(t) f_1(t) dt = 0, \\ v(p) f_0 + w_1(p) f_1(p) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Из второго уравнения системы (1) для f_1 имеем

$$f_1(p) = -\frac{v(p) f_0}{w_1(p)}. \quad (2)$$

Подставляя выражение (2) для f_1 в первое уравнение системы (1) заключаем, что $\Delta(0) = 0$. Теперь докажем, что $f_1 \in L_2(T^3)$ тогда и только тогда, когда $v(P_i) = 0, i = 1, \dots, 27$. Действительно, если при некотором $i \in \{1, \dots, 27\}$ верно $\phi(P_i) = 0$, то из четности дважды непрерывна дифференцируемой функции $v(\cdot)$ следует, что существуют числа $C, \delta > 0$ и $\alpha_i \geq 1, i = 1, \dots, 27$ такие, что

$$|v(p)| \leq C |p - P_i|^{\alpha_i}, p \in U_\delta(P_i), \quad (3)$$

где $U_\delta(P_i) = \{p \in T^3 : |p - P_i| < \delta\}$.

Кроме того из определения функции $w_1(\cdot)$ для некоторых $C_1, C_2, C_3 > 0$ и $\delta > 0$ получим, что

$$C_1 |p - P_i|^2 \leq w_1(p) \leq C_2 |p - P_i|^2, p \in U_\delta(P_i), \quad (4)$$

$$w_1(p) > C_3, p \in T_\delta := T^3 \setminus \bigcup_{i=1}^{27} U_\delta(P_i). \quad (5)$$

Имеет место равенство

$$\int |f_1(t)|^2 dt = |f_0|^2 \sum_{i=1}^{27} \int_{U_\delta(P_i)} \frac{v^2(t) dt}{w_1^2(t)} + |f_0|^2 \int_{T_\delta} \frac{v^2(t) dt}{w_1^2(t)}. \quad (6)$$

Учитывая неравенства (3)-(5) имеем, что i -ая ($i \in \{1, \dots, 27\}$) слагаемая в правой части (6) конечна тогда и только тогда, когда $\phi(P_i) = 0$. В случае $\phi(P_i) = 0, i = 1, \dots, 27$ имеем

$$\int |f_1(t)|^2 dt \leq C_1 \sum_{i=1}^{27} \int_{U_\delta(P_i)} \frac{|t - P_i|^{2\alpha_i} dt}{|t - P_i|^2} + C_2 < \infty.$$

Таким образом $f_1 \in L_2(T^3)$ тогда и только тогда, когда $\phi(P_i) = 0, i = 1, \dots, 27$.

Достаточность. Пусть $\Delta(0) = 0$ и $v(P_i) = 0, i = 1, \dots, 27$. Тогда легко можно проверить, что вектор-функция $f = (f_0, f_1)$, где $f_0 = \text{const} \neq 0$, а f_1 определен по формуле (2), удовлетворяет уравнению $hf = 0$. Выше доказали, что если $\phi(P_i) = 0, i = 1, \dots, 27$, то $f_1 \in L_2(T^3)$. Теоремы 1 доказано.

В ходе доказательства теоремы 1 показали, что если оператор h имеет нулевое собственное значение, вектор-функция $f = (f_0, f_1)$, где $f_0 = \text{const} \neq 0$, а f_1 определен по формуле (2), удовлетворяет уравнению $hf = 0$ и $f_1 \in L_2(T^3)$.

Отметим, что теорема 1 играет важную роль при изучении конечности или бесконечности дискретного спектра соответствующего трехчастичного модельного оператора в зависимости от точки минимума функции $w_1(\cdot)$.

Литература:

1. Albeverio, S., Lakaev S. N., Makarov K. A., Muminov Z. I. The threshold effects for the two-particle Hamiltonians in lattice. *Comm. Math. Phys.* 262 (2006), P. 91–115.
2. Albeverio, S., Lakaev S. N., Muminov Z. I. Schrodinger operators on lattices. The Efimov effect and discrete spectrum asymptotics. *Ann. Henri Poincare.* 5 (2004), P. 743–772.
3. Абдуллаев, Ж. И., Лакаев С. Н. Асимптотика дискретного спектра разностного трехчастичного оператора Шредингера на решетке. *Теор. и мат. физ.*, 136:2 (2003), с. 231–245.
4. Albeverio, S., Lakaev S. N., Muminov Z. I. The threshold effects for a family of Friedrichs models under rank one perturbation. *J. Math. Anal. Appl.* 330 (2007), P. 1152–1168.
5. Albeverio, S., Lakaev S. N., Djumanova R. Kh. The Essential and Discrete Spectrum of a Model Operator Associated to a System of Three Identical Quantum Particles. *Rep. Math. Phys.* 63:3 (2009), P. 359–380.
6. Фаддеев, Л. Д. О модели Фридрихса в теории возмущений непрерывного спектра. *Труды Мат. Инс-та АН СССР*, 73 (1964), с. 292–313.
7. Минлос, Р. А., Синай Я. Г. Исследование спектров стохастических операторов, возникающих в решетчатых моделях газа. *Теор. и матем. физ.* 2:2 (1979), с. 230–243.
8. Дынкин, Е. М., Набако С. Н., Яковлев С. И. Граница конечности сингулярного спектра в самосопряженной модели Фридрихса. *Алгебра и анализ.* 3:2 (1991), с. 77–90.
9. Рид, М., Саймон Б. Методы современной математической физики. Т. 4, Анализ операторов. — М., Мир, 1982.

Решение нелинейных задач методом многих масштабов с использованием математического пакета MatLab при построении фазового портрета

Сабурова Виктория Игоревна, студент;

Ильютченко Павел Сергеевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Задача:

Исследовать асимптотическими методами решение с начальными данными $u(0)=1, \dot{u}(0)=0$. Провести соответствующий численный счет при нескольких малых значениях ε и сравнить полученное асимптотическое решение с численным решением.

$$u + u + \varepsilon * (\dot{u} - u^3) = 0$$

Решение:

Дано уравнение: $u + u + \varepsilon * (\dot{u} - u^3) = 0$

Разложим искомую функцию u в ряд по степеням $\varepsilon \ll 1$

$$u = u_0 + \varepsilon u_1 + \varepsilon^2 u_2 + \dots$$

$$\dot{u} = \frac{\partial u_0}{\partial \tau_0} + \varepsilon \left(\frac{\partial u_0}{\partial \tau_1} + \frac{\partial u_1}{\partial \tau_0} \right) + \dots$$

$$u = \frac{\partial u_0^2}{\partial \tau_0^2} + \varepsilon \left(\frac{2\partial^2 u_0}{\partial \tau_0 \partial \tau_1} + \frac{\partial^2 u_1}{\partial \tau_0^2} \right) + \dots$$

Сгруппируем слагаемые по степеням ε :

$$\varepsilon^0 : \frac{\partial u_0^2}{\partial \tau_0^2} + u_0 = 0$$

Решение получившегося уравнения с начальными условиями $u(0)=1, \dot{u}(0)=0$ является функция $r * \cos(t + \varphi)$ гармонического осциллятора, которую запишем в виде:

$$u = r(\tau_1) \cos(\tau_0 + \varphi(\tau_1)), \text{ где } \begin{cases} \tau_0 = t \\ \tau_1 = \varepsilon t \end{cases} \quad t \text{ — время.}$$

$$\varepsilon^1 : \frac{\partial^2 u_1}{\partial \tau_0^2} + u_1 = -\frac{2\partial^2 u_0}{\partial \tau_0 \partial \tau_1} - \frac{\partial u_0}{\partial \tau_0} + u_0^3$$

Правая часть:

$$2 \left[r'(\tau_1) \sin(\tau_0 + \varphi(\tau_1)) + 2r(\tau_1) \varphi'(\tau_1) \cos(\tau_0 + \varphi(\tau_1)) + r(\tau_1) \sin(\tau_0 + \varphi(\tau_1)) + r^3(\tau_1) \cos(\tau_0 + \varphi(\tau_1))^3 \right]$$

Обозначим: $\tau_0 + \varphi(\tau_1) = \theta$

Упростим правую часть:

$$(2r'(\tau_1) + r(\tau_1)) \sin(\theta) + 2r(\tau_1) \varphi' \cos(\theta) + r^3(\tau_1) \frac{3 \cos(\theta)}{4} + r^3(\tau_1) \frac{\cos(3\theta)}{4}$$

Для того чтобы не происходил резонанс, необходимо "убить" члены $\sin(\theta)$ и $\cos(\theta)$ той же частоты, что и гармонический осциллятор.

Получаем систему:

$$\begin{cases} 2r' + r = 0 \\ 2r\varphi' + r^3 \frac{3}{4} = 0 \end{cases}$$

Решаем дифференциальные уравнения:

$$\frac{2dr}{d\tau_1} = -r$$

$$\frac{2dr}{r} = -d\tau_1$$

$$r = C e^{-\frac{\tau_1}{2}}$$

$$2r\varphi' + r^3 \frac{3}{4} = 0$$

$$2\varphi' + r^2 \frac{3}{4} = 0$$

$$\frac{d\varphi}{d\tau_1} = -C^2 e^{-\tau_1} \frac{3}{4}$$

$$\varphi = C^2 e^{-\tau_1} \frac{3}{8} + C_1$$

Итак, выпишем итоговый результат:

$$u(t) = C e^{-\frac{\varepsilon t}{2}} \cos\left(t + C^2 e^{-\varepsilon t} \frac{3}{8} + C_1\right)$$

$$\dot{u} = C e^{-\frac{\varepsilon t}{2}} \cos\left(t + C^2 e^{-\varepsilon t} \frac{3}{8} + C_1\right) - C e^{-\frac{\varepsilon t}{2}} \sin\left(t + C^2 e^{-\varepsilon t} \frac{3}{8} + C_1\right) \left(C^2 e^{-\varepsilon t} \frac{3}{8} (-\varepsilon) + 1\right)$$

$$\begin{cases} C = 1 \\ C_1 = -\frac{3}{8} + 2\pi n \end{cases}$$

Ответ:

$$u(t) = e^{-\frac{\varepsilon t}{2}} \cos\left(t + e^{-\varepsilon t} \frac{3}{8} - \frac{3}{8}\right)$$

Фазовый портрет

Для построения фазового портрета используем пакет MatLab для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Приводим наше уравнение $u + u + \varepsilon*(\dot{u} - u^3) = 0$ к системе:

$$\begin{cases} \dot{U} = V \\ \dot{V} = -U - \varepsilon(V - U^3) \end{cases}$$

```

1 function f=system(t,y)
2     eps = 0.3;
3     f=[y(2); -y(1) - eps*(y(2) - (y(1))^3)];
4 end
5
    
```

Рис. 1. Листинг программы

```

1 clear;
2 eps=0.1;
3 grid on
4 hold on
5 options = odeset('RelTol', 10e-10);
6 xrange=5;
7 yrange=5;
8 step=1;
9 xx=-xrange:step:xrange;
10 yy=-yrange:step:yrange;
11 for i=1:length(xx)
12     for j=1:length(yy)
13         [T,Y]=ode45(@system,[0 50],[xx(i) yy(j)],options);
14         hLine2=plot(Y(:,1),Y(:,2),'b-')
    
```

Рис. 2. Листинг программы

Решение $u(t) = e^{-\frac{\epsilon t}{2}} \cos\left(t + e^{-\epsilon t} \frac{3}{8} - \frac{3}{8}\right)$ при $t \rightarrow \infty$ сходится к нулю.

Графики решений:

```

Editor - Untitled*
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
+ - 1.0 + / 1.1 x % % % % %
1 [t,y]=ode45(@system,[0 100],[1,0]);
2 plot(t,y(:,1),'r-');
3 grid on
4 hold on
5 C=1;
6 C1=-3/8;
7 u=(C.*exp(-eps.*t./2).*(cos(t+(C^2).*exp(-eps.*t).*3/8+C1)));
8 plot(t,u);
    
```

Рис. 3. Листинг программы

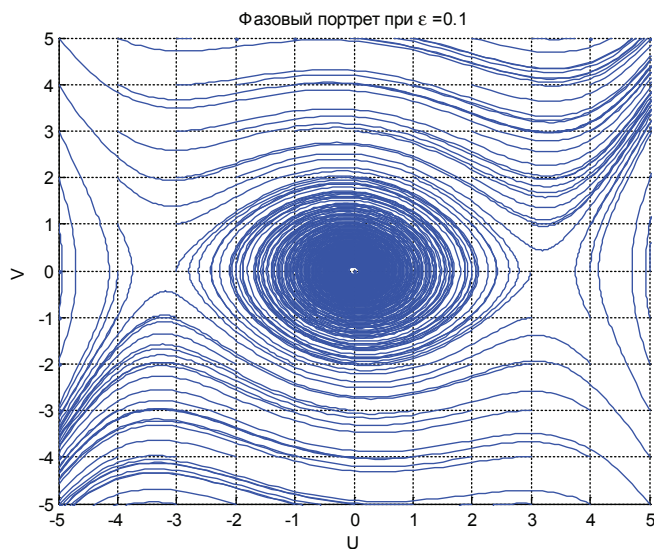


Рис. 4. Фазовый портрет

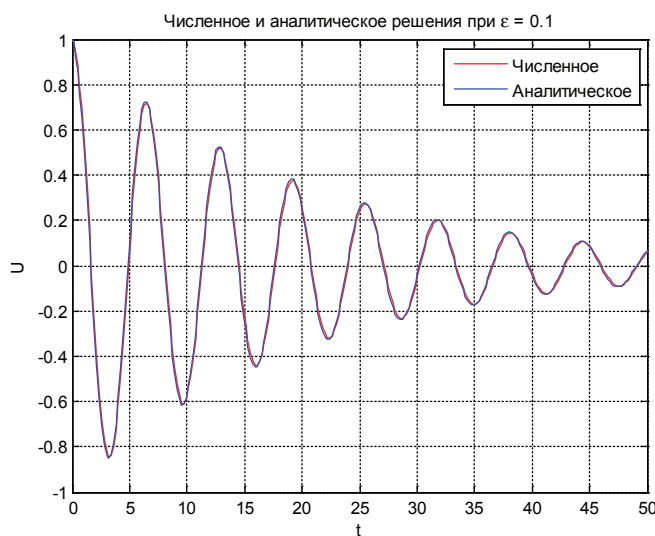


Рис. 5. Численное и аналитическое решения

Численное и аналитическое решения практически совпадают.

Литература.

1. Ильин А. М., Данилин А. Р. Асимптотические методы в анализе. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 248 с.
2. Carl M. Bender, Steven A. Orszag Advanced Mathematical methods for Scientists and engineers: asymptotic methods and perturbation theory. — New York: McGraw-Hill, c1978

0 собственных значениях произведений операторов

Сафарова Нигора Насиллоева, старший преподаватель
 Академический лицей № 2 при Бухарском государственном университете (Узбекистан)

В настоящее время матричное исчисление широко применяется в различных областях математики, механики, теоретической физики, теоретической электротехники и т.д.

Пусть A, B — матрицы $n \times n$ с комплексными элементами. В данной работе дадим 5 разные доказательства следующего утверждения.

Теорема 1. Матрицы AB и BA имеют одинаковые собственные значения.

Сначала приводим некоторые общеизвестные факты [1–4].

Пусть $\text{tr}(T)$ – след матрицы T , а $\det(T)$ – детерминант матрицы T . Тогда имеют место следующие соотношения:

$$\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA); \tag{1}$$

$$\det(AB) = \det(BA); \tag{2}$$

и они хорошо известны в курсе линейной алгебры.

Под следом матрицы $A = (a_{ij})_{i,j}^n$ понимают сумму диагональных элементов этой матрицы:

$$\text{tr}(A) = \sum_{i=1}^n a_{ii}.$$

Нетрудно видеть, что

$$\text{tr}(A) = \sum_{i=1}^n \lambda_i,$$

если $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ – характеристические числа матрицы A .

Доказательство равенство (1) очевидно. Докажем соотношение (2).

Пусть

$$\lambda^n - c_1(T)\lambda^{n-1} + \dots + (-1)^n c_n(T)$$

характеристический многочлен матрицы T , $\lambda_1(T), \lambda_2(T), \dots, \lambda_n(T)$ – его корни с учетом кратности. Они являются характеристическими числами матрицы T . Известно, что $c_k(T)$ является k -ый элементарный многочлен этих чисел.

Следовательно,

$$c_1(T) = \sum_{j=1}^n \lambda_j(T) = \text{tr}(T);$$

$$c_2(T) = \sum_{i < j} \lambda_i(T)\lambda_j(T);$$

.....

$$c_n(T) = \prod_{i=1}^n \lambda_i(T) = \det(T).$$

Чтобы доказать теоремы 1 надо показать, что

$$c_k(AB) = c_k(BA) \tag{3}$$

для всех $1 \leq k \leq n$.

Мы знаем, что этот факт верны в случаях $k = 1$ и $k = n$. Докажем, что оно верна при остальных значениях k .

Доказательство 1. Достаточно показать равенство

$$\lambda_1^m(AB) + \dots + \lambda_n^m(AB) = \lambda_1^m(BA) + \dots + \lambda_n^m(BA) \tag{4}$$

при всех $1 \leq m \leq n$. Подчеркнем, что характеристические числа матрицы T^m является m -ый степень характеристических чисел матрицы T . Таким образом,

$$\sum \lambda_j^m(T) = \sum \lambda_j(T^m) = \text{tr}(T^m).$$

Поэтому соотношение (4) эквивалентно следующему

$$\text{tr}[(AB)^m] = \text{tr}[(BA)^m].$$

С другой стороны из (1) вытекает, что

$$\text{tr}[(AB)^m] = \text{tr}(ABABAB \dots AB) = \text{tr}(BABABA \dots BA) = \text{tr}[(BA)^m].$$

Это и завершает доказательство теоремы 1.

Доказательство 2. Соотношение (3) можно доказать непосредственно. Коэффициент $c_k(T)$ является суммой всех принципиальных миноров порядка $k \times k$ матрицы T . Прямые вычисления (с помощью формулы Бине–Коши) приводят соотношению (3). Более софистская версия этого аргумента включается анти–симметрической тензорной произведений

$\Lambda^k(T)$. Оно является матрицей порядка $\binom{n}{k}$, элементы которой будут миноры порядка $k \times k$ матрицы T . Тогда

$$c_k(T) = \text{tr} \Lambda^k(T), 1 \leq k \leq n.$$

Один из важных свойств $\Lambda^k(T)$ является следующая:

$$\Lambda^k(AB) = \Lambda^k(A)\Lambda^k(B).$$

Следовательно,

$$c_k(AB) = \text{tr}[\Lambda^k(AB)] = \text{tr}[\Lambda^k(A)\Lambda^k(B)] = \text{tr}[\Lambda^k(B)\Lambda^k(A)] = \text{tr}[\Lambda^k(BA)] = c_k(BA).$$

Это и завершает доказательство теоремы 1.

Доказательство 3. Это доказательство вводит аргумент непрерывности, который полезный во многих контекстах. Предположим, что A обратимая (не сингулярная) матрица. Тогда

$$AB = A(BA)A^{-1}.$$

Поэтому AB и BA являются подобными, и следовательно, имеют одинаковые собственные значение. Таким образом, соотношение (3) верно в случае, когда A обратимо. Чтобы доказать в общем случае мы нуждаемся два факта: а) Если A не сингулярная, мы можем выбрать последовательность не сингулярных матриц $\{A_m\}_m$ такое, что $A_m \rightarrow A$. б) Функция $c_k(T)$ есть многочлен элементов матрицы T , и следовательно, они непрерывны. Таким образом, если A сингулярная, то мы можем выбрать последовательность не сингулярных матриц $\{A_m\}_m$ такое, что $A_m \rightarrow A$ и заметим, что

$$c_k(AB) = \lim_{m \rightarrow \infty} c_k(A_m B) = \lim_{m \rightarrow \infty} c_k(BA_m) = c_k(BA).$$

Это и завершает доказательство теоремы 1.

Доказательство 4. В этом доказательстве используется блочные матрицы 2×2 . Рассмотрим матрицы $(2n) \times (2n)$ вида

$$\begin{pmatrix} X & Z \\ O & Y \end{pmatrix},$$

элементы, которых являются матрицы $n \times n$, а O есть нулевая матрица. Характеристическое число этой матрицы есть n характеристические числа матриц X и Y . Детерминант этой матрицы равно $\det(X)\det(Y)$.

Для любой матрицы A порядка $n \times n$, матрица

$$\begin{pmatrix} I & A \\ O & I \end{pmatrix}$$

порядка $(2n) \times (2n)$ является обратимым, и его обратное имеет вид

$$\begin{pmatrix} I & -A \\ O & I \end{pmatrix}.$$

Учитывая этот факт получим, что

$$\begin{pmatrix} I & A \\ O & I \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} AB & O \\ B & O \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & A \\ O & I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} O & O \\ B & BA \end{pmatrix}.$$

Следовательно, матрицы

$$\begin{pmatrix} AB & O \\ B & O \end{pmatrix}$$

и

$$\begin{pmatrix} O & O \\ B & BA \end{pmatrix}$$

подобны, и поэтому имеют одинаковые характеристические числа. Таким образом, матрицы AB и BA имеют одинаковые характеристические числа. Это и завершает доказательство теоремы 1.

Доказательство 5. Пусть A идемпотентная матрица, т. е. $A^2 = A$. Тогда A является оператором проектирования (не обязательно ортогональной). В этом случае, некотором базисе (не обязательно ортонормальной) матрица A записывается как

$$A = \begin{pmatrix} I & O \\ O & O \end{pmatrix}.$$

В этом базисе пусть

$$B = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix}.$$

Тогда

$$AB = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ O & O \end{pmatrix}, BA = \begin{pmatrix} B_{11} & O \\ B_{21} & O \end{pmatrix}.$$

Поэтому AB и BA имеют одинаковые собственные числа. Пусть теперь A произвольная матрица. Тогда существует обратимая матрица G такое, что

$$AGA = A.$$

Заметим, что GA есть идемпотентная матрица и применяем специальный случай подставляя вместо A матрицы GA , а вместо B матрицы BG^{-1} . Это показывает, что $GABG^{-1}$ и $BG^{-1}GA$ имеют одинаковые характеристические числа. С другими словами, AB и BA имеют одинаковые характеристические числа. Это и завершает доказательство теоремы 1.

Пусть A и B две линейные ограниченные операторы в гильбертовом пространстве H . Тогда ненулевые элементы спектров операторов AB и BA совпадают.

Пусть A и B две прямоугольные матрицы. Если обе произведение AB и BA имеют смысл, то ненулевые характеристические числа AB и BA совпадают.

Литература:

1. Ф. Р. Ганхмаер. Теория матриц. — 4-е изд. — М.: Наука, 1988.
2. R. Bhatia. Matrix analysis. Springer-Verlag, New York, 1997.
3. R. Bhatia. Positive definite matrices. In: Princeton Series in Applied Mathematics. Princeton University Press, 1997
4. F. Nielsen, R. Bhatia. Matrix Information Geometry. Springer, XII, 2013, 454.

ФИЗИКА

Детализация механизма самоорганизации в гомогенной реакции Белоусова — Жаботинского

Балацкий Денис Викторович, студент;
Басклеева Ольга Викторовна
Дальневосточный федеральный университет

Интерес к химическим колебаниям определяется надеждой понять механизм биологических периодических процессов.

Проблема заключается в том, что на сегодняшний день мы не имеем ни одной удовлетворительной математической модели для этих колебаний, экспериментально изученных достаточно хорошо.

Цель настоящей работы — детализировать механизм гомогенной автоколебательной химической реакции Белоусова-Жаботинского (далее Б-Ж) в цилиндрическом стакане и чашке Петри. Для достижения поставленной цели были изучены теоретические основы автоколебательных химических реакций; проведены реакции Б-Ж в цилиндрическом стакане и чашке Петри; изучен механизм автоколебательной реакции Б-Ж, построена схема автоколебательной реакции Б-Ж.

Универсальность нелинейной динамики делает важным удачный выбор лабораторной системы, в которой можно изучать структурообразование (самоорганизацию). К таким лабораторным системам относится гомогенная автоколебательная химическая реакция, открытая Б. П. Белоусовым и в дальнейшем изучена А. М. Жаботинским и другими учеными.

Реакция Белоусова-Жаботинского — это протекающее в автоколебательном режиме каталитическое окисление восстановителей бромноватой кислотой HBrO_3 . При этом наблюдаются колебания концентраций окисленной и восстановленной форм катализатора и некоторых промежуточных продуктов. Реакция идет в кислотной среде (H_2SO_4), в качестве катализаторов используют ионы церия переменной степени окисления $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$: Ce^{3+} и Ce^{4+} . В роли восстановителя выступает лимонная кислота ($(\text{HOOC})_2\text{C}(\text{OH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2$).

Первоначально данная реакция была проведена в лаборатории химии кафедры химии и экологии Морского Государственного Университета им. адмирала Г. И. Невельского (г. Владивосток), под наблюдением заведующей лабораторией Лубинец Ирины Ивановны. Затем

реакция проводилась в домашней лаборатории. Так же эта реакция была проведена в Международной средней школе «Развитие» (г. Владивосток) в рамках Международного дня науки, 10 ноября 2015 г.

Для проведения эксперимента использовались реактивы:

— 160 мг раствора лимонной кислоты ($\text{HOOC})_2\text{C}(\text{OH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2$ — восстановитель;

— 3 мг серной кислоты (H_2SO_4) — для создания кислой среды;

— 16 г бромата калия (KBrO_3) — неорганическое соединение, соль щелочного металла калия и бромноватой кислоты, бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде, является сильным окислителем, может быть использован в качестве разрыхлителя теста (в некоторых странах запрещен) — пищевая добавка E 924; бромат калия термически неустойчив, разлагается без плавления, образуя бромид и кислород. Реагирует с серной кислотой;

— 3,5 г сульфата церия ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$) — порошок белого цвета, безводная соль. Ион сульфата церия [$\text{Ce}(\text{SO}_4)_2^{4+}$] является сильным окислителем, особенно в кислой среде. Сульфат церия применяется как катализатор.

Эксперимент проходил так: на электронных весах были отмерены 16 г бромата калия (KBrO_3) и 3,5 г сульфата церия ($\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$). Подготовлен раствор серной кислоты H_2SO_4 в соотношении 1 / 3 частям дистиллированной воды, раствор лимонной кислоты: в стакан добавили 60 г лимонной кислоты, смешали со 100 мл дистиллированной воды. Затем в колбе были смешаны бромат калия и сульфат церия с кислотами (рис. 1).

1. Детализация гомогенной автоколебательной реакции Б-Ж в цилиндрическом стакане

В экспериментах в цилиндрическом стакане зафиксировано периодическое изменение по спектральному испусканию окраски раствора от молочного (максимальная концентрация [Ce^{+3}]) к темно-оранжевому (максимальная



Рис. 1. Подготовка растворов лимонной (HOOC) C (OH) (CH₂COOH)₂ (слева) и серной H₂SO₄ (в центре) кислот, смешивание реактивов с кислотами (справа)

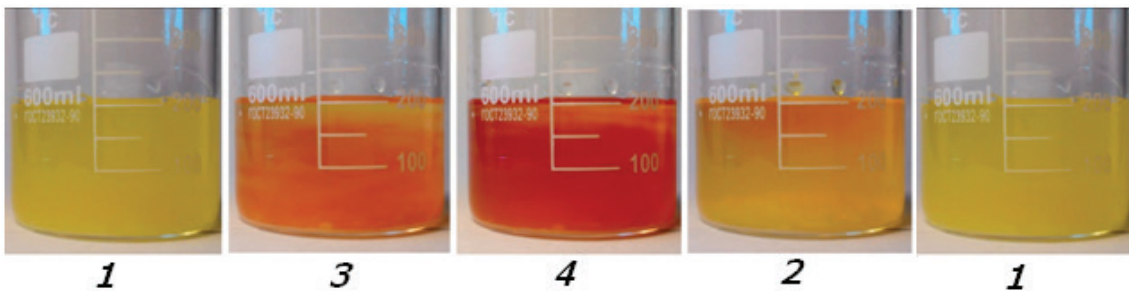


Рис. 2. Стадии реакции Белоусова-Жаботинского (приведены средние значения):
 1 — желтая (длина волны, $\lambda=580$ нм; частота, $f=520$ ТГц; энергия фотонов, $E=2,15$ эВ),
 2 — светло оранжевая (длина волны, $\lambda=590$ нм; частота, $f=510$ ТГц; энергия, $E=2,10$ эВ),
 3 — оранжевая (длина волны, $\lambda=620$ нм; частота, $f=490$ ТГц; энергия фотонов, $E=1,98$ эВ),
 4 — красная (длина волны, $\lambda=750$ нм; частота, $f=410$ ТГц; энергия фотонов, $E=1,68$ эВ)

концентрация [Ce⁴⁺]) и обратно, вызванное колебаниями концентраций окисленной и восстановленной форм катализатора Ce (SO₄)₂ и промежуточных продуктов [Br⁻] (рис.2):

Переход от стадии 1 к стадии 3 сопровождается появлением бифуркаций — меняется установившийся режим работы системы в отдельных точках бифуркаций — точках критического состояния системы, в которых система становится неустойчивой относительно флуктуаций и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и высокий уровень упорядоченности. Пока компоненты реакции не истрачены такой переход происходит. Стохастичность в данном случае содержится в вероятности появления точек бифуркаций.

Наблюдаемая химическая реакция является экзотермической, сопровождается выделением теплоты, вследствие разрыва связей, образования связей продуктов реакции, что отражается на спектральном испускании окраски раствора, а именно энергия фотонов уменьшается от 2,15эВ до 1,68 эВ.

Период колебаний T четко делится на две части: T_1 — фаза окисления катализатора или фаза нарастания концентрации [Ce⁴⁺], стадии 1–3–4, и T_2 — фаза восстановления катализатора или фаза падения концентрации [Ce⁴⁺], стадии 4–2–1, был произведен с помощью эксперимен-

тальных данных. Отметим, что T уменьшался со временем: от 1,5 до 0,6 минуты (рис.3–4). После того, как все компоненты реакции были истрачены, реакция прекратилась.

Полученный график демонстрирует экспоненциальный характер изменения концентрации катализатора.

Полученная закономерность удовлетворяет модели Лотки — Вольтерры, в которой концентрация C меняется экспоненциально, а концентрация [Br⁻] — линейно:

$$\frac{dX_1}{dt} = k_1X_1(C - X_2) - k_0X_1X_3 \quad (1)$$

$$\frac{dX_2}{dt} = k_1X_1(C - X_2) - k_4X_2 \quad (2)$$

$$\frac{dX_3}{dt} = k_2X_2 - k_3X_1 \quad (3)$$

где: X_1 — концентрация автокатализатора [Ce³⁺];

X_2 — концентрация [Ce⁴⁺];

$X_3 = [\text{Br}^-]$;

$C = [\text{Ce}^{4+}]_0 + [\text{Ce}^{3+}]_0$.

График изменения периода T демонстрирует выявленную закономерность — неравномерное уменьшение периода на протяжении всего эксперимента.

Схематически изобразим механизм гомогенной автоколебательной реакции Б-Ж в цилиндрическом стакане (рис.5):

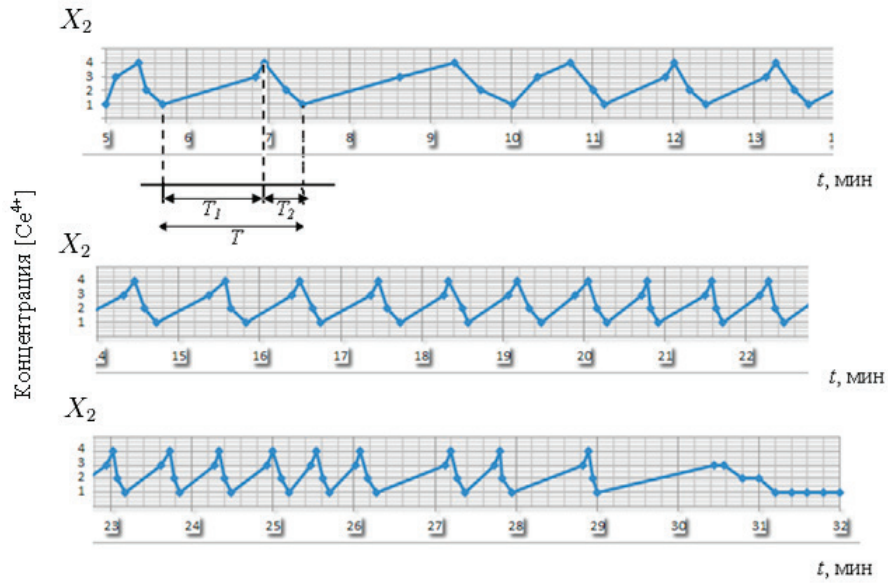


Рис. 3. Период колебаний T реакции Б-Ж, который делится на две части: T_1 — фаза нарастания $[Ce^{4+}]$ и T_2 — фаза падения $[Ce^{4+}]$

T , мин.

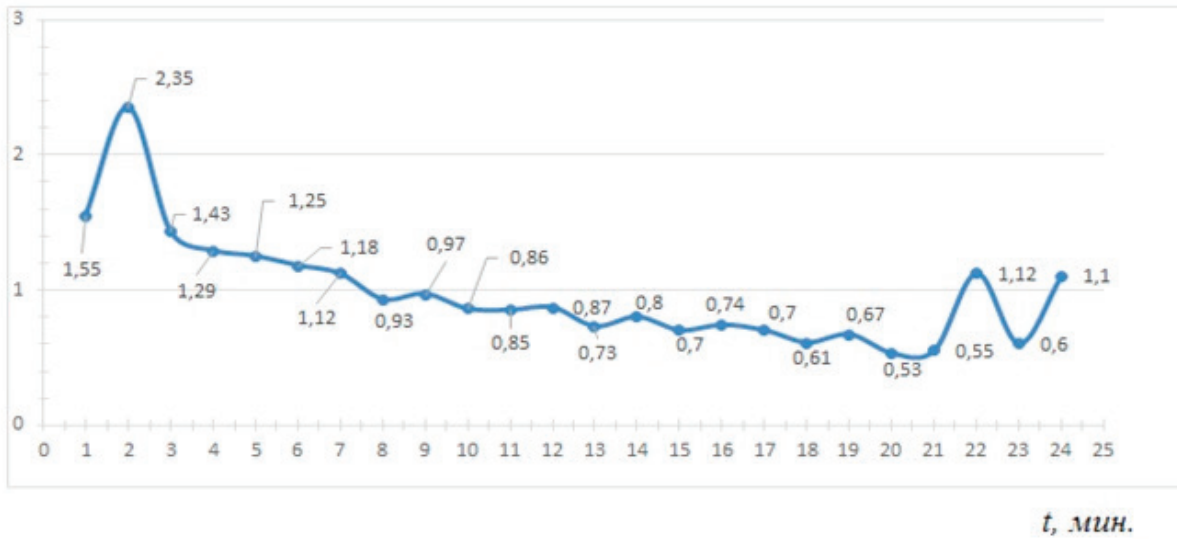


Рис. 4. Изменение периода T на протяжении всего эксперимента

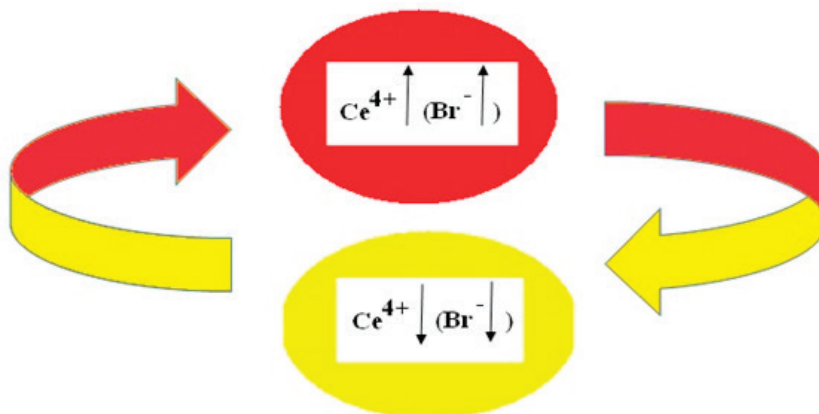
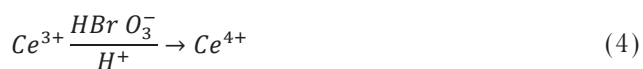


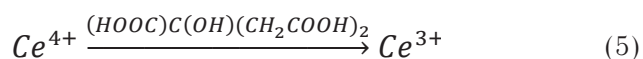
Рис. 5. Механизм гомогенной автоколебательной реакции Б-Ж

На первой стадии реакции (красный овал, T_1) $[Ce^{3+}]$ окисляется броматом. Концентрация $[Ce^{4+}]$ возрастает:



При достижении верхнего порогового значения по концентрации $[Ce^{4+}]$, концентрация Br^- (ингибитора) резко возрастает, что приводит к торможению реакции. $[Br^-]$ взаимодействует с активными частицами реакции и с некоторой скоростью исчезает из системы, что способствует уменьшению концентрации $[Ce^{4+}]$.

Концентрация $[Ce^{4+}]$ уменьшается (желтый овал), достигает нижнего порогового значения, при этом концентрация $[Br^-]$ падает. Раз концентрация замедлителя $[Br^-]$ упала, реакция начинается с большой скоростью: четырехвалентный церий восстанавливается лимонной $(HOOC)C(OH)(CH_2COOH)_2$ кислотой:



После этого цикл повторяется. Таким образом, нами выявлены «часы» реакции: $[Br^-]$.

Недостатком предложенной схемы является то, что, во-первых, она не содержит в себе все химические процессы, а выделяет только два основных, и во-вторых, не содержит математическую модель закономерности автоколебаний.

2. Детализация гомогенной автоколебательной реакции Б–Ж в чашке Петри

Для проведения эксперимента в чашке Петри был использован раствор, приготовленный в предыдущем эксперименте, который был размещен тонким слоем.

Наблюдается автоволновой процесс, возникший вследствие рассеивания концентрации катализатора на неоднородностях поверхности.

Данный автоволновой процесс характеризуется пространственными и временными размерами, независимыми от начальных условий и геометрических размеров системы.

Также мы наблюдаем изменение спектрального испускания от желтого к оранжевому, вызванного колебаниями концентраций катализатора $Ce(SO_4)_2$ и промежуточных продуктов от желтого до оранжевого (рис.6). Изменение концентраций $[Ce^{3+}]$ и $[Ce^{4+}]$ не происходит синхронно во всем растворе вследствие расфазировки колебаний в отдельных точках раствора, максимумы возникают неравномерно в различных частях раствора.

Таким образом, мы наблюдаем периодические бегущие волны окислений, исходящие из неоднородности (участка с измененными параметрами). Скорость распространения волн окисления постоянна и определяется свойствами пространства, а период следования — параметрами в участке неоднородности.

При этом имеет место синхронизация среды вследствие локального повышения кислотности или концентрации бромата. Обозначим А и В — повышения кислотности (А) и повышение концентрации бромата (В); С — точка первого столкновения волн от А и В; D — захват В волнами, исходящими из А; F — полное исчезновение синфазных колебаний (рис.8).

После того, как концентрация компонентов реакции, а именно, концентрация выявленных «часов» реакции: $[Br^-]$, была истрачена, реакция прекращается.

Таким образом, несмотря на различные условия протекания эксперимента в цилиндрическом стакане и чашке Петри: в первом случае причиной начала процесса само-

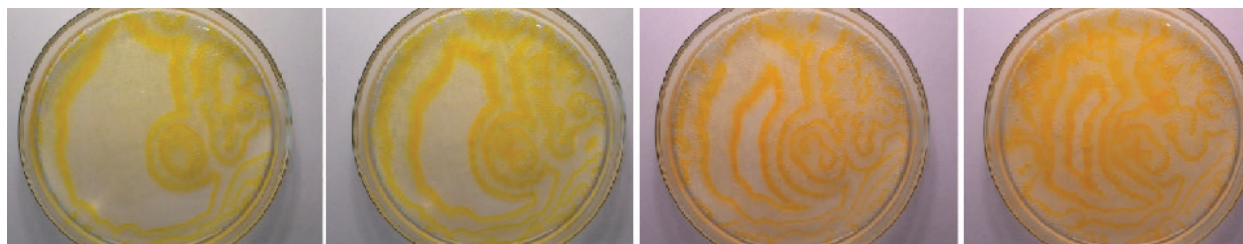


Рис. 6. Изменение структур из автоволн в реакции Б–Ж в чашке Петри

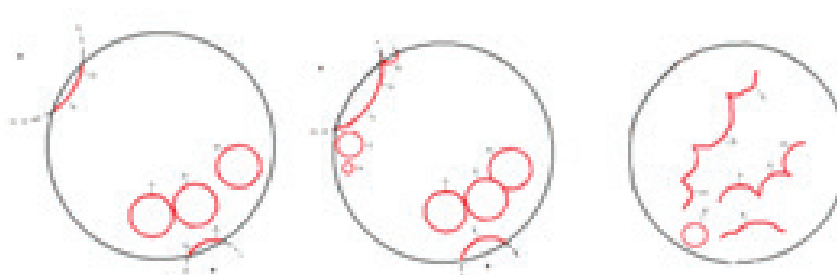


Рис. 7. Схематичное изображение изменение фронтов

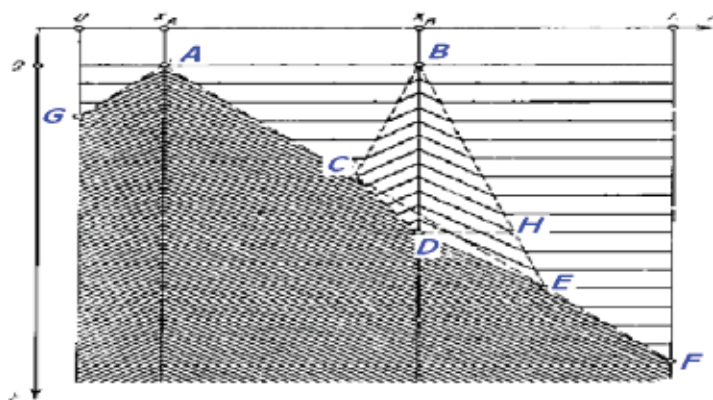


Рис. 8. Синхронизация среды: поглощение одной волны другой

организации служат бифуркации, во втором — рассеивание концентрации катализатора на неоднородностях поверхности, в обоих случаях выявлены «часы» реакций: $[Br^-]$ — ионы брома, наличие необходимой величины которого является главным, но не единственным условием запуска самоорганизации. В системе Лотке «охот-

ник-жертва» этими «часами» является корм для жертвы: если корма будет мало — овцы умрут, умрут и волки. Если корма будет очень много — волки перенасытятся, перестанут охотиться, в их стае поменяются законы иерархии... Т. е. налицо универсальность закономерностей самоорганизации!

Литература:

1. Ванаг, В. К. Волны и динамические структуры в реакционно-диффузных системах. Реакция Белоусова — Жаботинского в обращенной микроэмульсии. — Успехи физических наук. Том № 174. № 9. 2004 г. с. 992.
2. Жаботинский, А. М. Концентрационные автоколебания. М.: Наука. 1974. С.180;
3. Зачернюк, А. Б. Открытие колебательных химических реакций. 1 сентября. № 38. 2008. Электронная статья. URL: <http://him.1september.ru/article.php?ID=200303803>
4. Корзухин, М. Д., Жаботинский А. М. Математическое моделирование химических и экологических автоколебательных систем. — М.: Наука, 1965

Основные понятия геометрической оптики

Дуйсенова Гаухар Асылхановна, преподаватель
Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави (Казахстан)

В статье рассматривается природа света, исходя из эмпирических законов его распространения, и используется представление о распространяющихся независимо друг от друга световых лучах, преломляющихся и отражающихся на границе сред с разными оптическими свойствами и прямолинейных в оптически однородных средах. Наиболее важное значение геометрическая оптика имеет для расчета и конструирования оптических приборов [2].

Геометрическая оптика описывает распространение света, используя понятие лучей или пучков, отвлекаясь от его волновой природы. Она представляет собой предельный случай волновой оптики при $\lambda \rightarrow 0$. В действительности достаточно, чтобы длина волн была много меньше характерных для данной задачи линейных размеров. Она также изучает поведение световых лучей (пучков) в оптических инструментах, которые состоят из

различных отражающих и преломляющих поверхностей. Лежащие в основе геометрической оптики законы отражения и преломления могут быть выведены на основе уравнений Максвелла в предельном случае $\lambda \rightarrow 0$. Геометрическая оптика хотя и является приближением, она представляет огромный интерес с технической и исторической точек зрения [1].

В геометрической оптике основным понятием является луч — геометрическая линия, вдоль которой распространяется световая энергия. Основные свойства лучей: они независимы друг от друга, т.е. не взаимодействуют друг с другом, и в однородной среде распространяются прямолинейно (если ничто им не препятствует). Поверхность нормальная к лучам называется волновой поверхностью [2].

Если перед точечным источником света поместить экран с отверстием, то отверстие выделит в пространстве

за экраном некоторый объем, внутри которого распространяется световая энергия, называемый — световым пучком. Он имеет вид конуса с углом раствора α , который определяется расстоянием от источника до экрана и размером отверстия (апертурная диафрагма). При $\alpha = 0$ говорят о параллельном световом пучке. Представления о параллельном пучке используются широко, но следует помнить, что в действительности такие пучки не существуют — это полезная идеализация. Наблюдать можно лишь световые пучки, но не лучи, потому что световые лучи — это тоже идеализация, удобная для различных геометрических построений и расчетов. С понятием луча (пучка) связывают как энергетические характеристики, например, световой поток, так и частоту, длину волны, поляризацию и другие [1].

С точки зрения лучевой оптики каждая светящаяся точка рассматривается как вершина расходящегося пучка лучей, который называют гомоцентрическим, т.е. имеющим общий центр. Если после отражения и преломления этот пучок превращается в пучок, сходящийся в одну точку, то последний также является гомоцентрическим, а его центр есть изображение светящейся точки. При сохранении гомоцентричности каждая точка источника дает только одну точку изображения. Такие изображения называются точечными или стигматическими. Волновая поверхность гомоцентрического пучка в однородной и изотропной среде является сферической поверхностью [2].

Если в результате отражения и преломления пучка гомоцентричность нарушается, то волновая поверхность перестает быть сферой. При этом стигматичность теряется и изображение точка уже не является точкой. Это явление называют астигмазмом.

Основные законы геометрической оптики: закон зеркального отражения и закон преломления Снеллиуса [3].

Зеркальное отражение. Зеркальное отражение возникает всякий раз, когда плоская волна падает на гладкую плоскую поверхность, например, зеркало: свет не проходит через зеркало, а уходит от него по прямой линии. Отражение удовлетворяет следующими условиями:

- 1) отраженный луч лежит в плоскости падения, образованной падающим лучом и нормалью к поверхности;
- 2) угол отражения θ_0 равен углу падения θ_1 ($\theta_0 = \theta_1$ на Рис.1, оба угла измеряются от нормали).

Преломление, закон Снеллиуса. Пучок света определенного цвета преломляется, т.е. отклоняется от прямолинейного распространения всякий раз, когда на его пути встречается поверхность раздела двух сред с разными показателями преломления n . Величина отклонения зависит от отношения коэффициентов преломления n_2/n_1 (n_1 — показатель преломления среды 1, из которой пучок выходит, n_2 — показатель преломления среды 2, в которую он входит) и от угла падения — угол между преломленным пучком и нормалью к поверхности θ_2 , на которую падает пучок (Рис.1). [3]

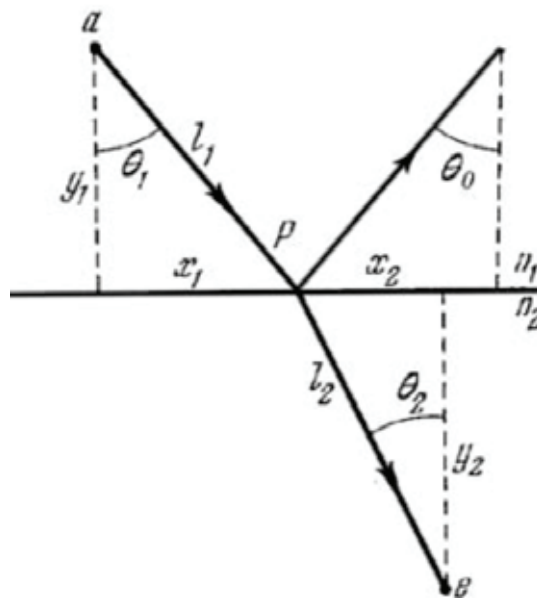


Рис. 1. Преломление и отражение света на плоской поверхности

Ниже мы покажем, что

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{или} \quad \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = n \quad (1)$$

где n — относительный показатель преломления. Соотношение (1) называется *законом преломления Снеллиуса* [1].

При явлениях преломления и отражения имеет место закон взаимности или обратимости световых лучей, который означает, что при преломлении и отражении на границе двух сред лучи остаются взаимными, т.е. при изменении направления лучей на обратное их взаимное расположение не меняется.

Литература:

1. Ландсберг, Г. С. Оптика. — М.: Наука, 1976. — 360 с.
2. Ахманов, С. Г. Физическая оптика. — М.: Наука, 2004. — 213 с.
3. Бурсиан, Э. В. Задачи по физике для компьютера. М.: Наука, 1991. — 225 с.

Моделирование системы «АИН ШИМ — АД» с переменными ψ_r — I_s в неподвижной системе координат $\alpha\beta$ на основе интегрирующих звеньев

Емельянов Александр Александрович, доцент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, ассистент;
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;
 Чернов Михаил Владимирович, студент;
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;
 Прокопьев Константин Васильевич, студент;
 Косарев Сергей Валерьевич, студент;
 Коркин Алексей Александрович, студент;
 Щипицын Константин Дмитриевич, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет

В данной работе рассматривается процесс математического моделирования асинхронного двигателя (АД) [1] при питании от трехфазного автономного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН ШИМ). Результаты этой работы будут основой для создания учебно-лабораторной установки по исследованию системы АИН ШИМ — АД. Функциональная схема системы трехфазный автономный инвертор с ШИМ — асинхронный двигатель приведена на рис. 1.

В этой схеме приняты следующие обозначения:

— u_a^*, u_b^*, u_c^* — задающие гармонические воздействия:

$$\begin{cases} u_a^* = U_M \cdot \sin(\omega t); \\ u_b^* = U_M \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3); \\ u_c^* = U_M \cdot \sin(\omega t - 4\pi/3). \end{cases} \quad (1)$$

— $u_{он}$ — опорное напряжение, представляющее собой пилообразное, двухстороннее, симметричное напряжение с частотой модуляции значительно превышающей частоту напряжения задания. Математическая модель генератора пилообразного напряжения и его выходные сигналы даны на рис. 2 и 3;

— HO_a, HO_b и HO_c — нуль-органы, обеспечивающие сравнение сигналов задания с опорным сигналом. Если $u_{a,b,c}^* > u_{он}$, то выходные сигналы нуль-органов $f_{a,b,c}^* > 0$, иначе $f_{a,b,c}^* < 0$;

— Φ_{1a} и Φ_{2a}, Φ_{1b} и Φ_{2b}, Φ_{1c} и Φ_{2c} — формирователи сигналов управления силовыми ключами. Формирователи сигналов управления имеют взаимно инверсные релейные характеристики [2] и сепарируют сигнал нуль-органа HO по двум каналам управления ключами инвертора. Кроме

того, предусматривают небольшие временные задержки включения ключей. Это необходимо для предотвращения коротких замыканий источника постоянного напряжения $u_{п}$ через силовые ключи инвертора;

— f_{1a}^* и f_{2a}^*, f_{1b}^* и f_{2b}^*, f_{1c}^* и f_{2c}^* — дискретные выходные сигналы с формирователей, управляющих включением силовыми ключами;

— 1А и 2А, 1В и 2В, 1С и 2С — силовые ключи, попеременно подключающие обмотки фаз двигателя к различным полюсам источника постоянного напряжения $u_{п}$.

В каждом из состояний инвертора две фазы двигателя с помощью ключей соединены параллельно и подключены к источнику питания последовательно с третьей фазой. Поэтому напряжение источника питания распределяется между фазами нагрузки (в случае их симметрии) следующим образом: одна треть величины напряжения приходится на каждую из параллельно включенных фаз и две трети — на последовательно включенную фазу [2].

Формирователи сигналов управления силовыми ключами (Φ_{1a} и Φ_{2a}, Φ_{1b} и Φ_{2b}, Φ_{1c} и Φ_{2c}) задают программу подключения фаз обмоток двигателя к источнику постоянного напряжения $u_{п}$.

Фазное напряжение в обмотке двигателя представляет собой пятиуровневую импульсную функцию [2] со значениями:

$$+\frac{2}{3}u_{п}, +\frac{1}{3}u_{п}, 0, -\frac{1}{3}u_{п}, -\frac{2}{3}u_{п}.$$

Импульсные напряжения, подаваемые на двигатель $u_{a\text{шим}}, u_{b\text{шим}}$ и $u_{c\text{шим}}$ связаны с постоянным напряжением $u_{п}$ и выходными сигналами нуль-органов $HO_{a,b,c}$ f_a^*, f_b^* и f_c^* (рис. 4) по следующим зависимостям [2]:

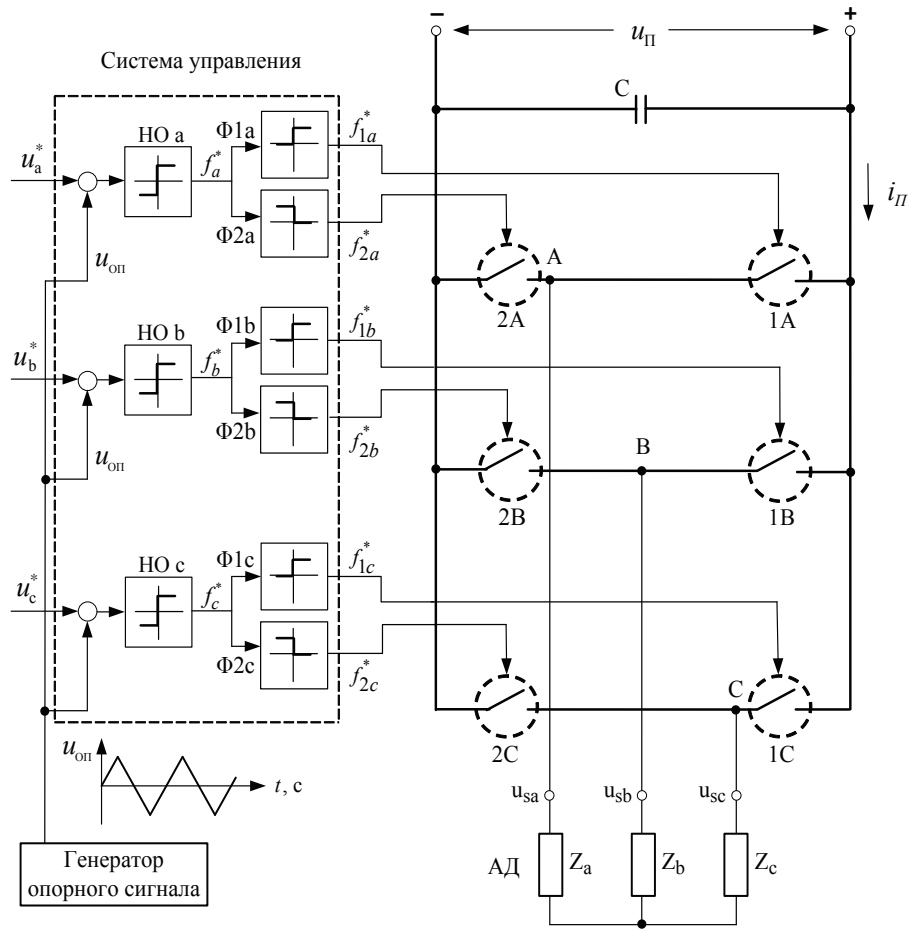


Рис. 1. Функциональная схема системы «АИН ШИМ — АД»

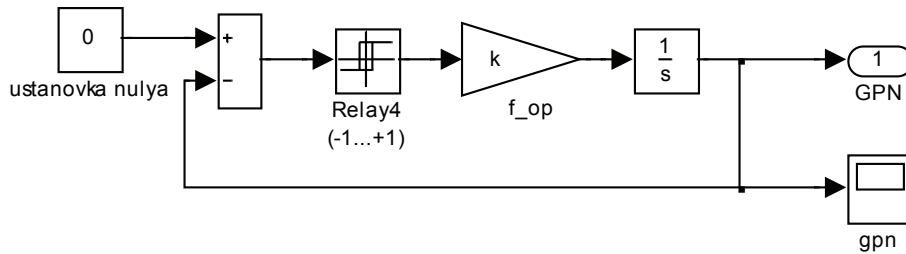


Рис. 2. Генератор пилообразного напряжения

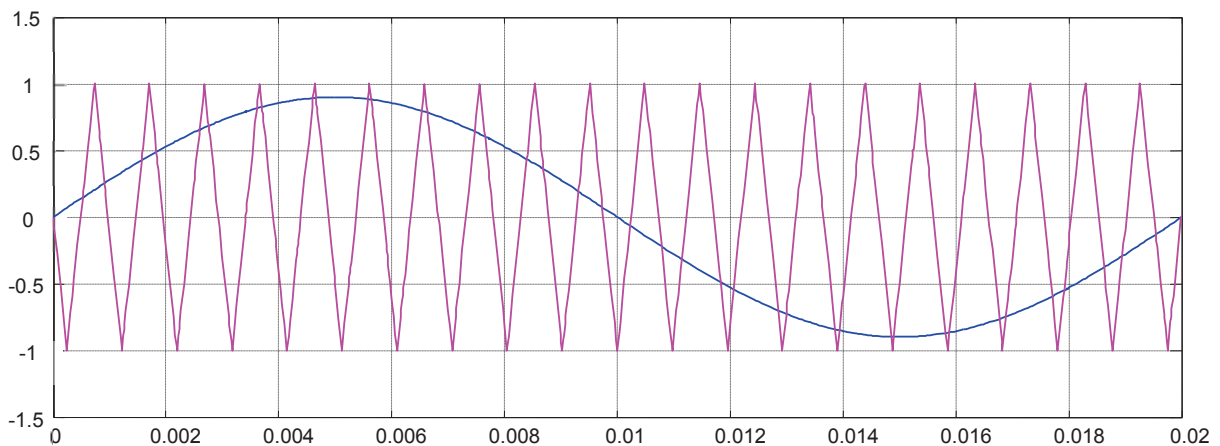


Рис. 3. Сравнение выходного сигнала генератора с задающим гармоническим воздействием u_a^*

$$\begin{cases} u_{a \text{ шум}} = u_{\text{п}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2}{3} f_a^* - \frac{1}{3} f_b^* - \frac{1}{3} f_c^* \right); \\ u_{b \text{ шум}} = u_{\text{п}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(-\frac{1}{3} f_a^* + \frac{2}{3} f_b^* - \frac{1}{3} f_c^* \right); \\ u_{c \text{ шум}} = u_{\text{п}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(-\frac{1}{3} f_a^* - \frac{1}{3} f_b^* + \frac{2}{3} f_c^* \right). \end{cases} \quad (2)$$

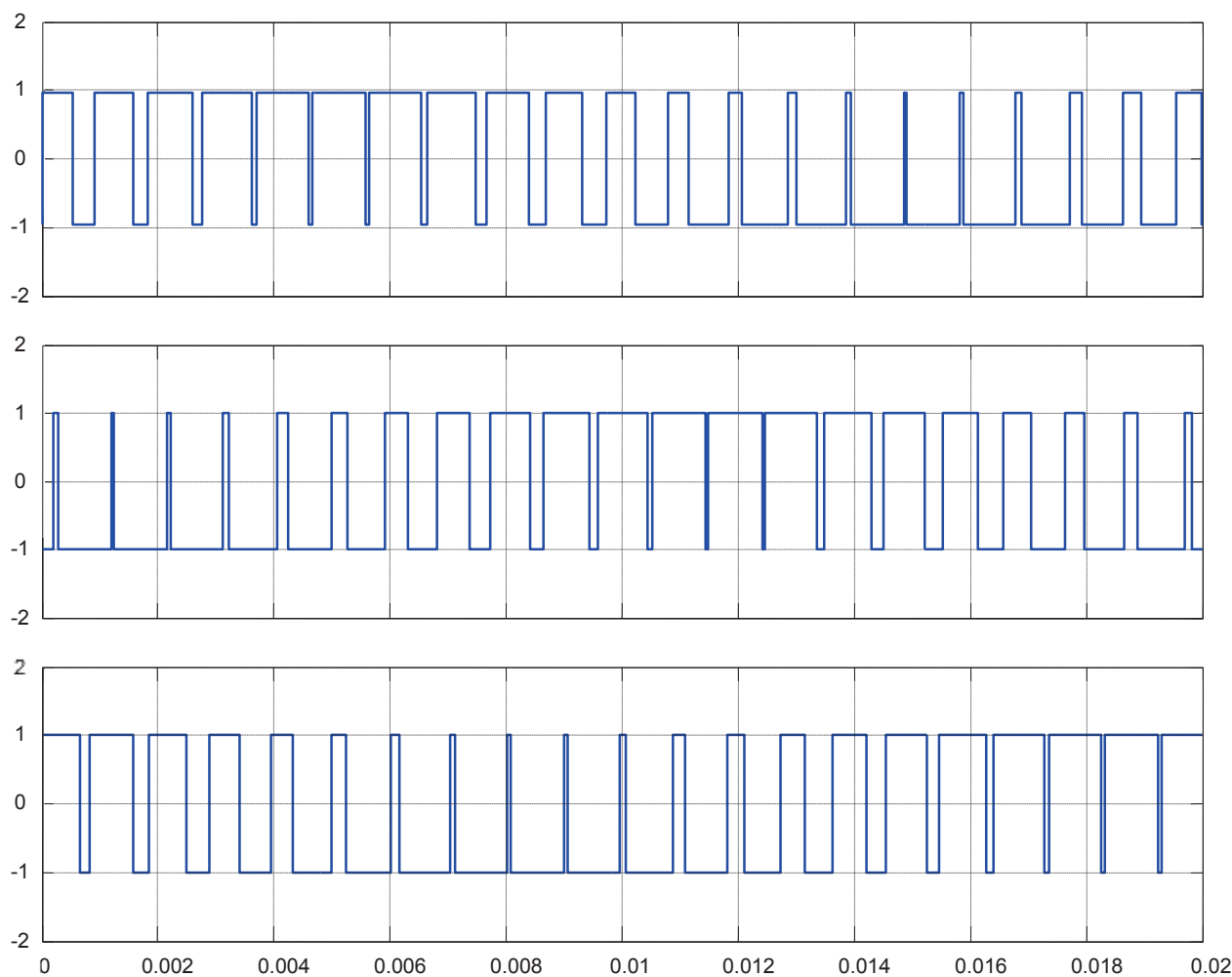


Рис. 4. Сигналы f_a^* , f_b^* и f_c^* на выходе нуль-органов $\text{НО}_{a,b,c}$

Реализация импульсных напряжений $u_{a,b,c \text{ шум}}$ в неподвижной трехфазной системе координат **abc** представлена в Simulink-Matlab на рис. 5. Результаты моделирования напряжений $u_{a,b,c \text{ шум}}$ даны на рис. 6.

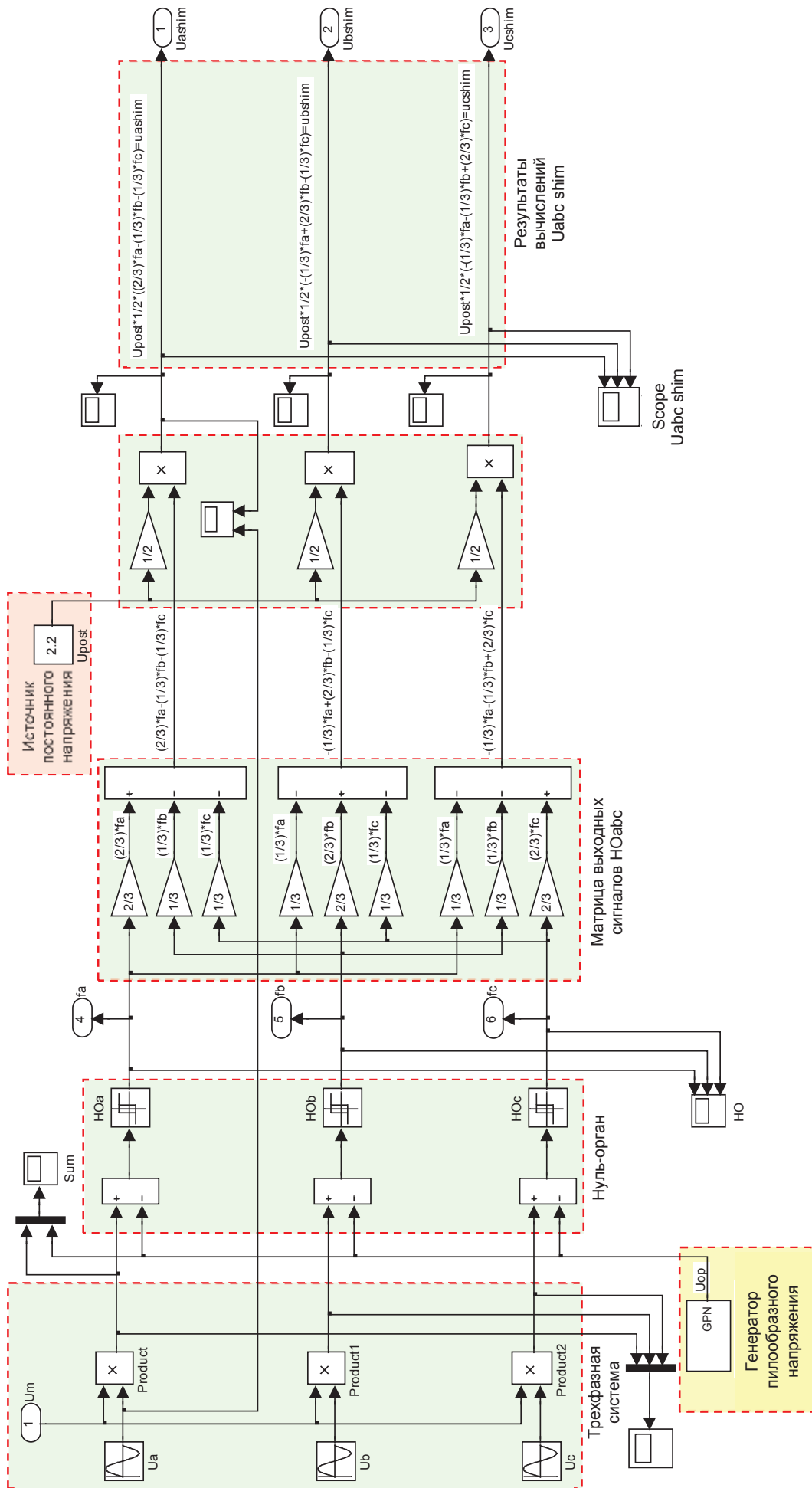


Рис. 5. Математическая модель реализации зависимости (2) в Matlab

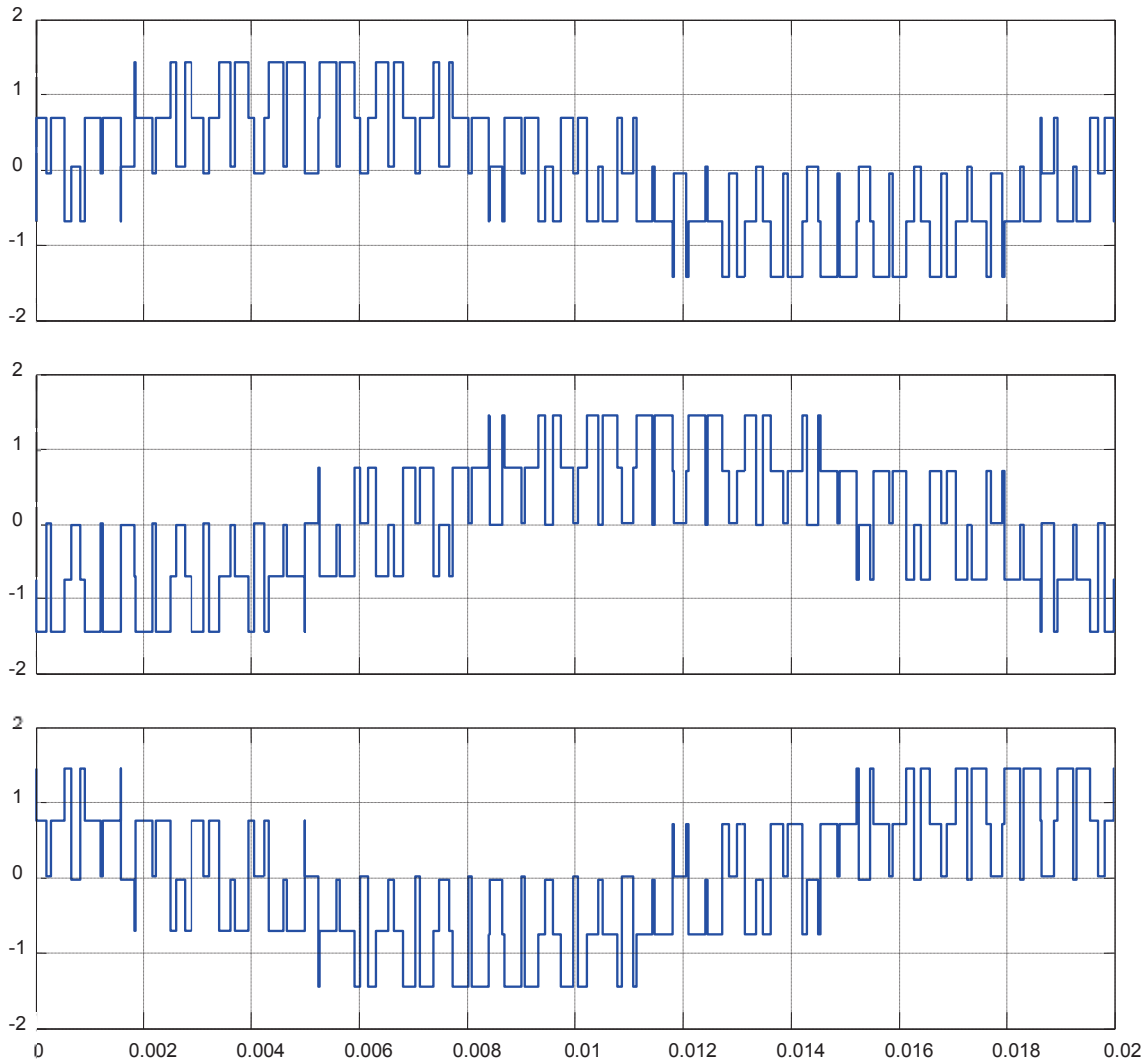


Рис. 6. Выходные напряжения $u_{a\ шмм}$, $u_{b\ шмм}$ и $u_{c\ шмм}$ в неподвижной трехфазной системе координат

Далее эти напряжения из трехфазной системы преобразуются в импульсные двухфазные напряжения в неподвижной декартовой системе координат $\alpha\beta$ по следующим формулам [2]:

$$\begin{cases} u_{s\alpha} = \frac{1}{3} \cdot (2 \cdot u_{sa\ шмм} - u_{sb\ шмм} - u_{sc\ шмм}); \\ u_{s\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (u_{sb\ шмм} - u_{sc\ шмм}). \end{cases} \quad (3)$$

Математическая модель этих уравнений в Simulink-Matlab дана на рис. 7.

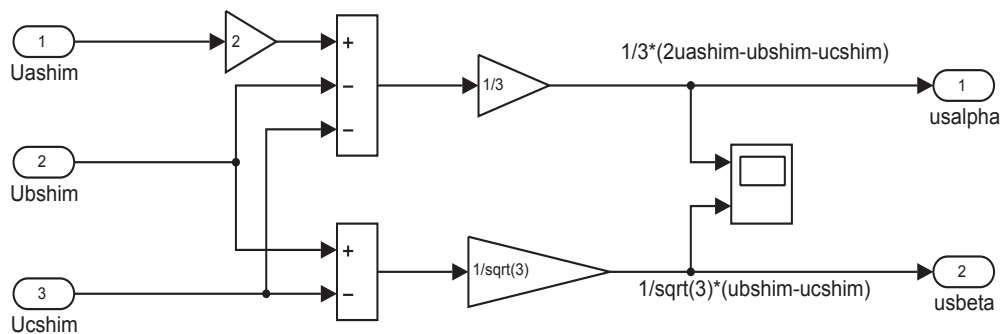


Рис. 7. Прямое преобразование координат «abc → αβ»

Выходные сигналы этого преобразователя даны на рис. 8.

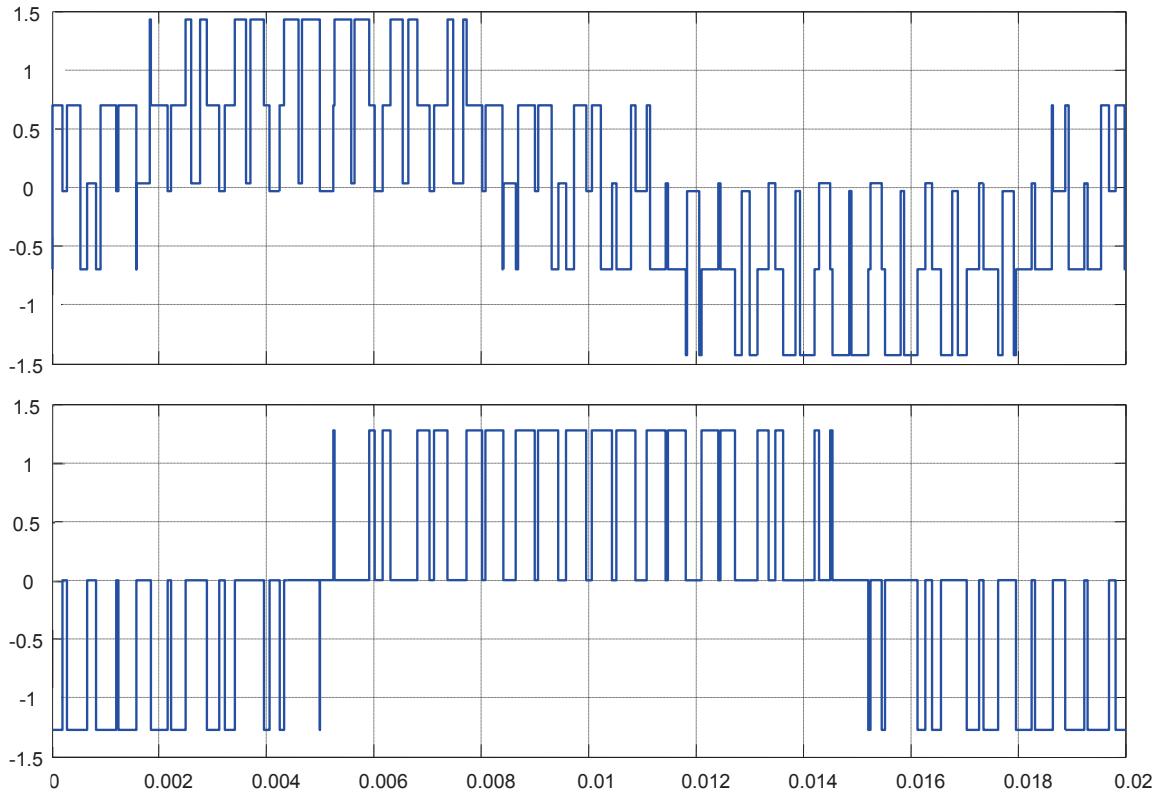


Рис. 8. Напряжения $u_{s\alpha}, u_{s\beta}$ на выходе прямого преобразования координат

Напряжения $u_{s\alpha}, u_{s\beta}$ воздействуют на математическую модель асинхронного двигателя, рассмотренную в статье [1]. Статорные токи $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$ в неподвижной двух-

фазной системе координат $\alpha\beta$ (рис. 9) с помощью обратного преобразователя координат трансформируется в неподвижную трехфазную систему координат (i_{sa}, i_{sb} и i_{sc}).

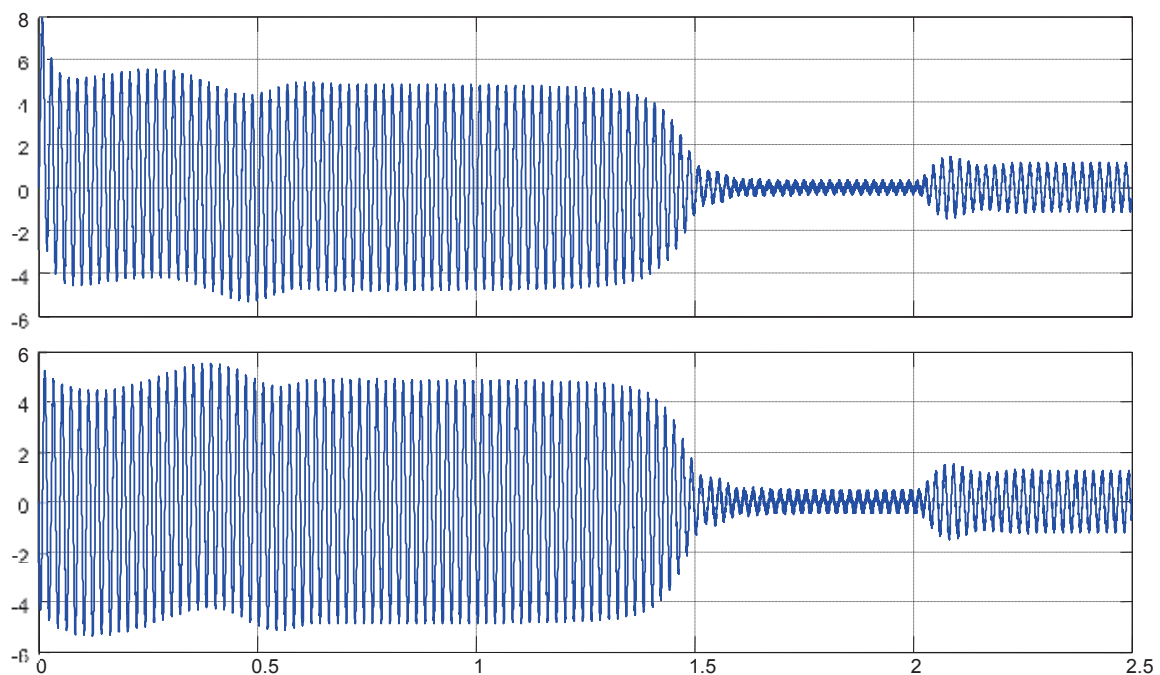


Рис. 9. Статорные токи $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$ в неподвижной системе координат на входе обратного преобразователя координат

Обратные преобразования производятся по следующим формулам [2]:

$$\begin{cases} i_{sa} = i_{\alpha\alpha}; \\ i_{sb} = -\frac{1}{2} \cdot i_{\alpha\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{\alpha\beta}; \\ i_{sc} = -\frac{1}{2} \cdot i_{\alpha\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{\alpha\beta}. \end{cases} \quad (4)$$

Математическая модель обратного преобразования и результаты i_{sa} , i_{sb} и i_{sc} даны на рис. 10, 11 и 12.

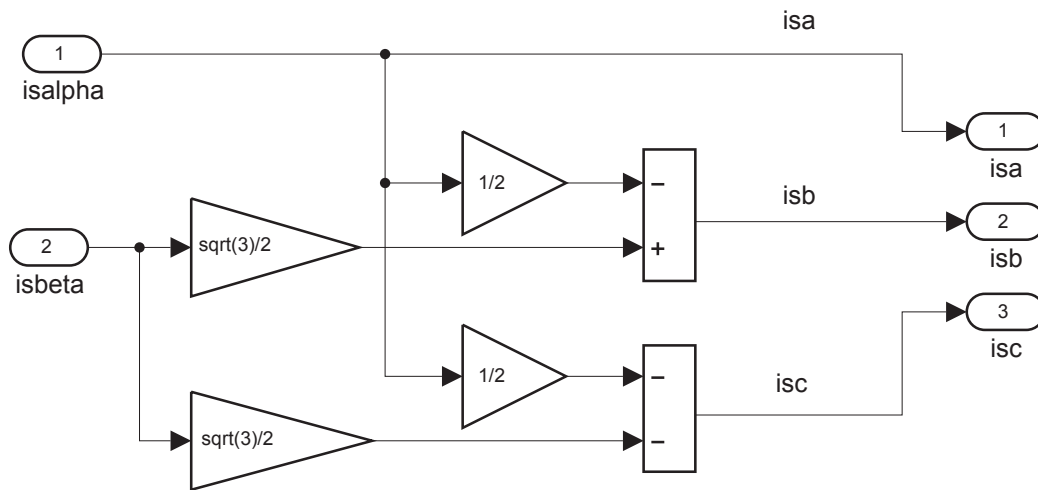


Рис. 10. Математическая модель обратного преобразования токов в неподвижной системе координат « $\alpha\beta \rightarrow abc$ »

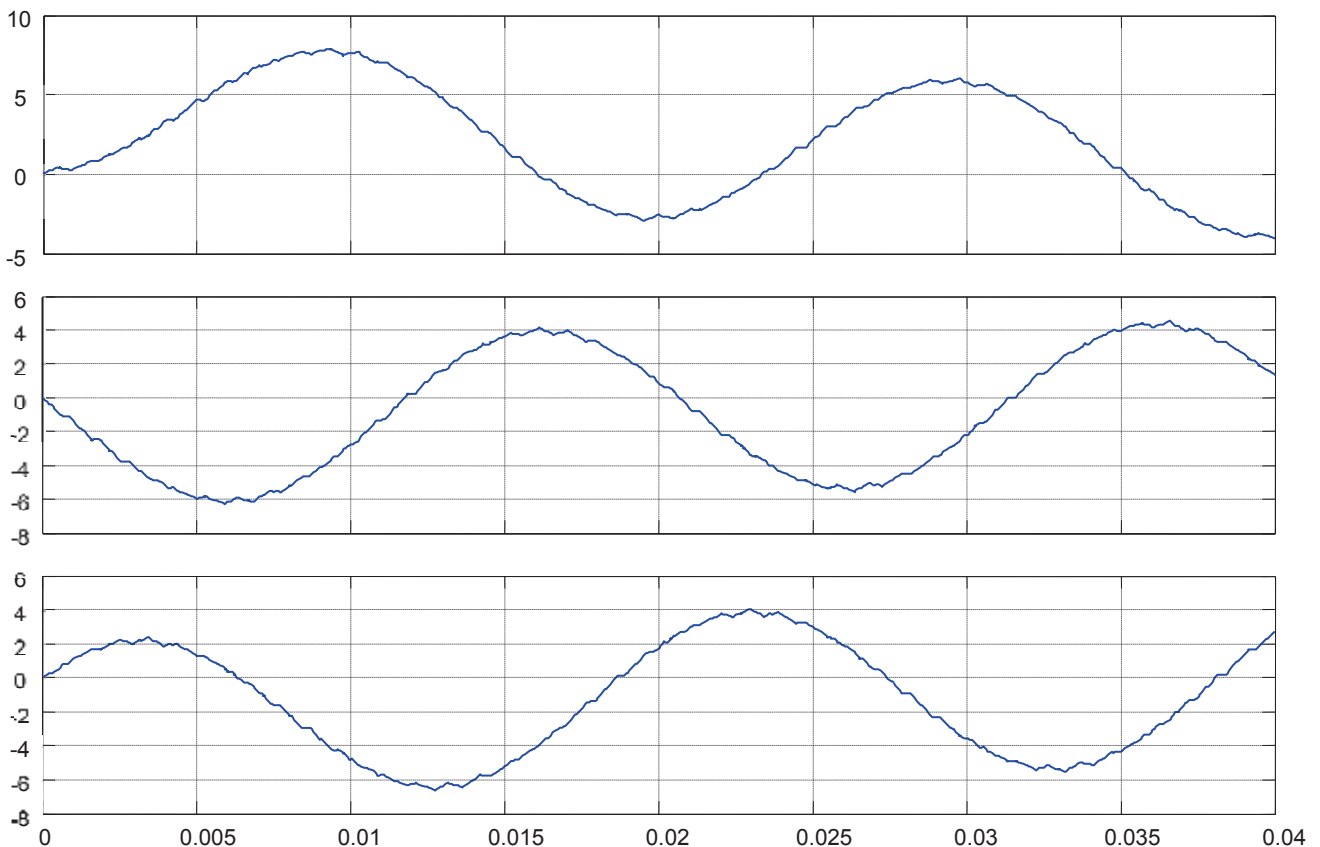


Рис. 11. Статорные токи i_{sa} , i_{sb} и i_{sc} на выходе обратного преобразователя координат при частоте генератора пилообразного напряжения $f_{on} = 4000$ Гц

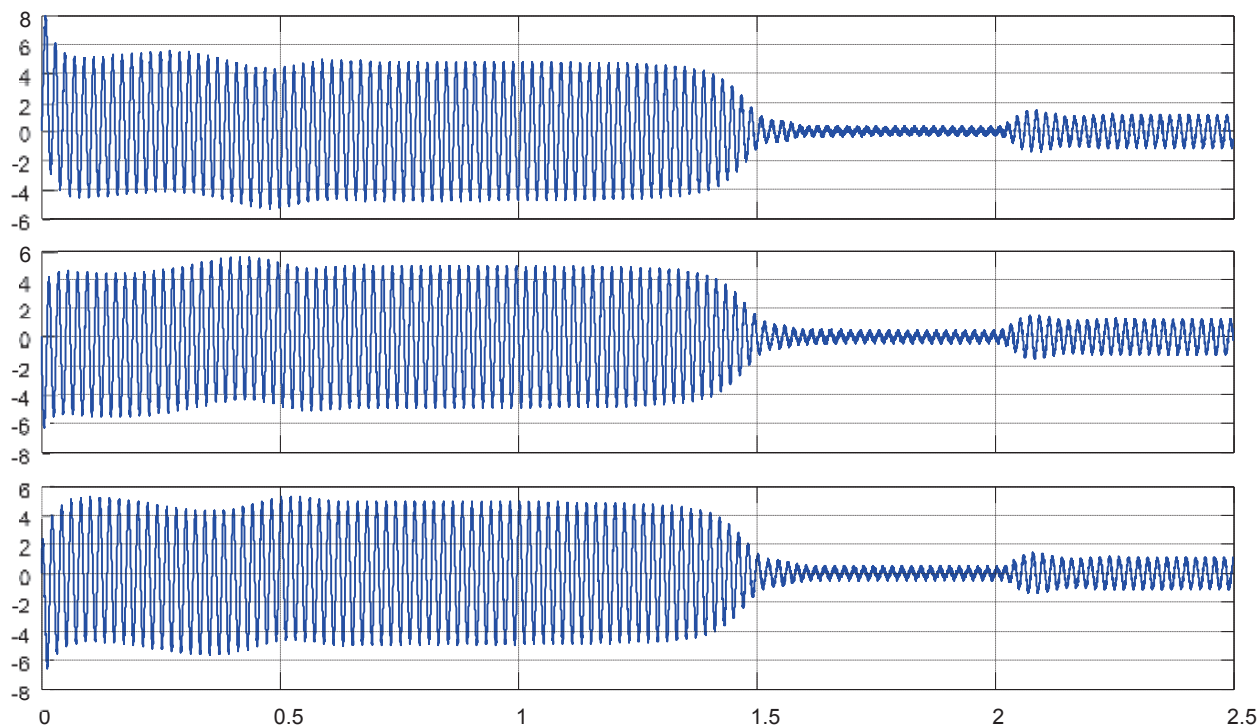


Рис. 12. Статорные токи i_{sa} , i_{sb} и i_{sc} на выходе обратного преобразователя координат при частоте генератора пилообразного напряжения $f_{on} = 4000$ Гц и времени $t = 2,5$ с

Математическая модель оболочки асинхронного двигателя [1] дана на рис. 13.

Расчет параметров двигателя в Simulink представлен на рис. 14, которые должны соответствовать числовым данным, приведенным в [2].

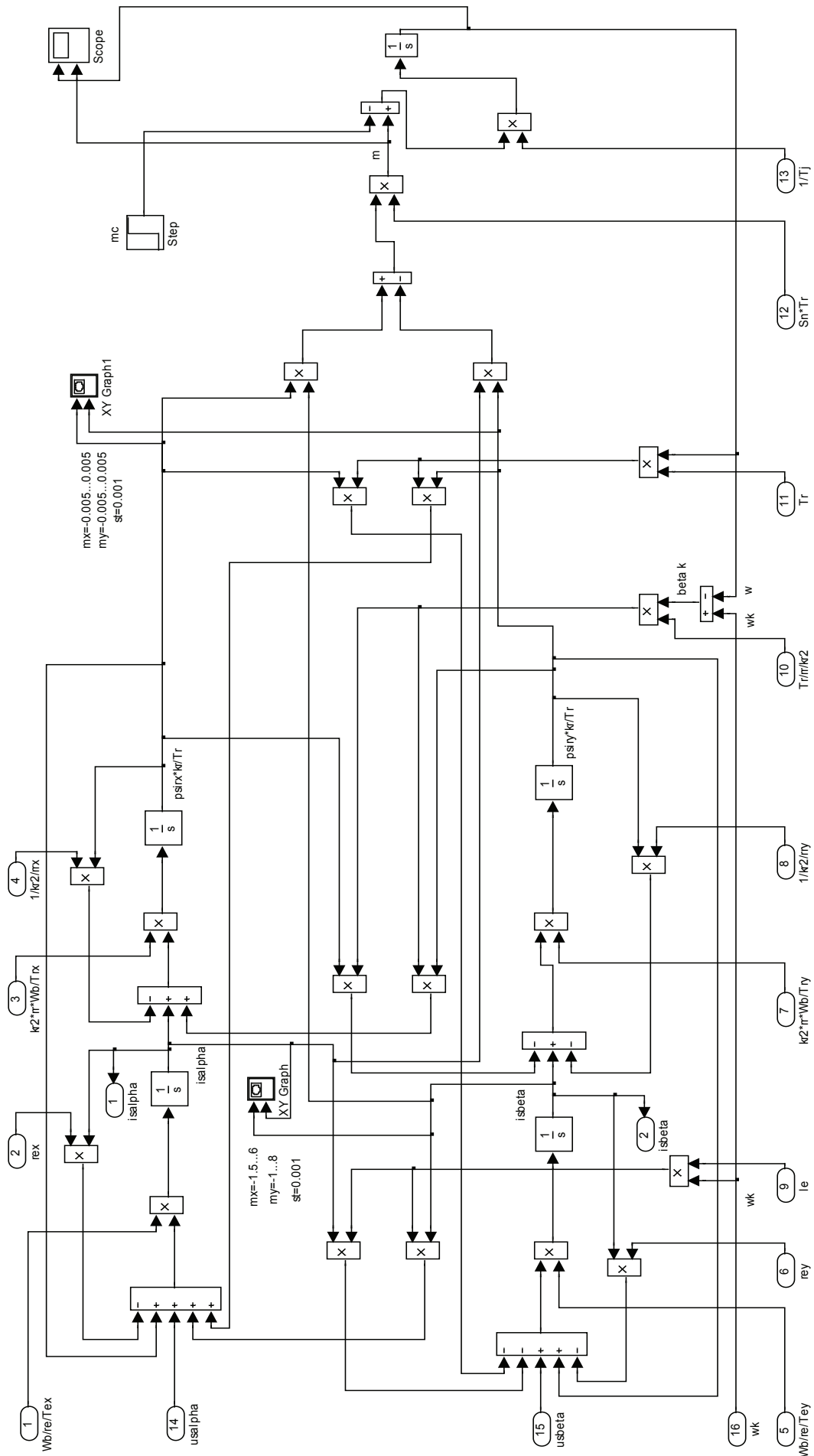


Рис. 13. Модель оболочки АД с переменными $\psi_r - i_s$ в Simulink-Matlab на основе интегрирующих звеньев

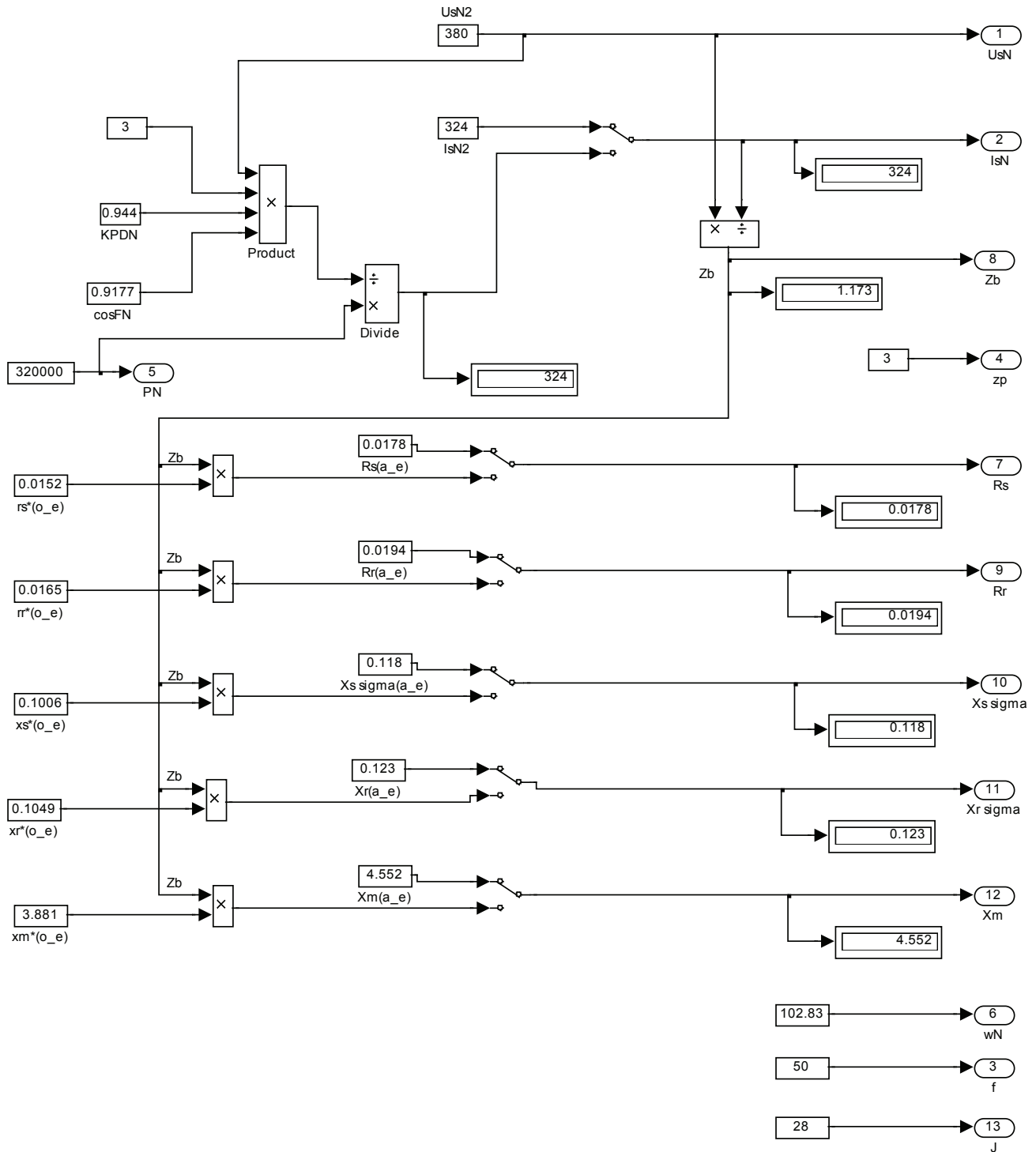


Рис. 14. Расчет коэффициентов по паспортным (справочным) данным

Определение коэффициентов оболочки двигателя дано на рис. 15.

Полная схема математической модели «АИН ШИМ — асинхронный двигатель» дана на рис. 16.

Электромагнитный момент и скорость асинхронного двигателя при питании от АИН ШИМ представлены на рис. 17.

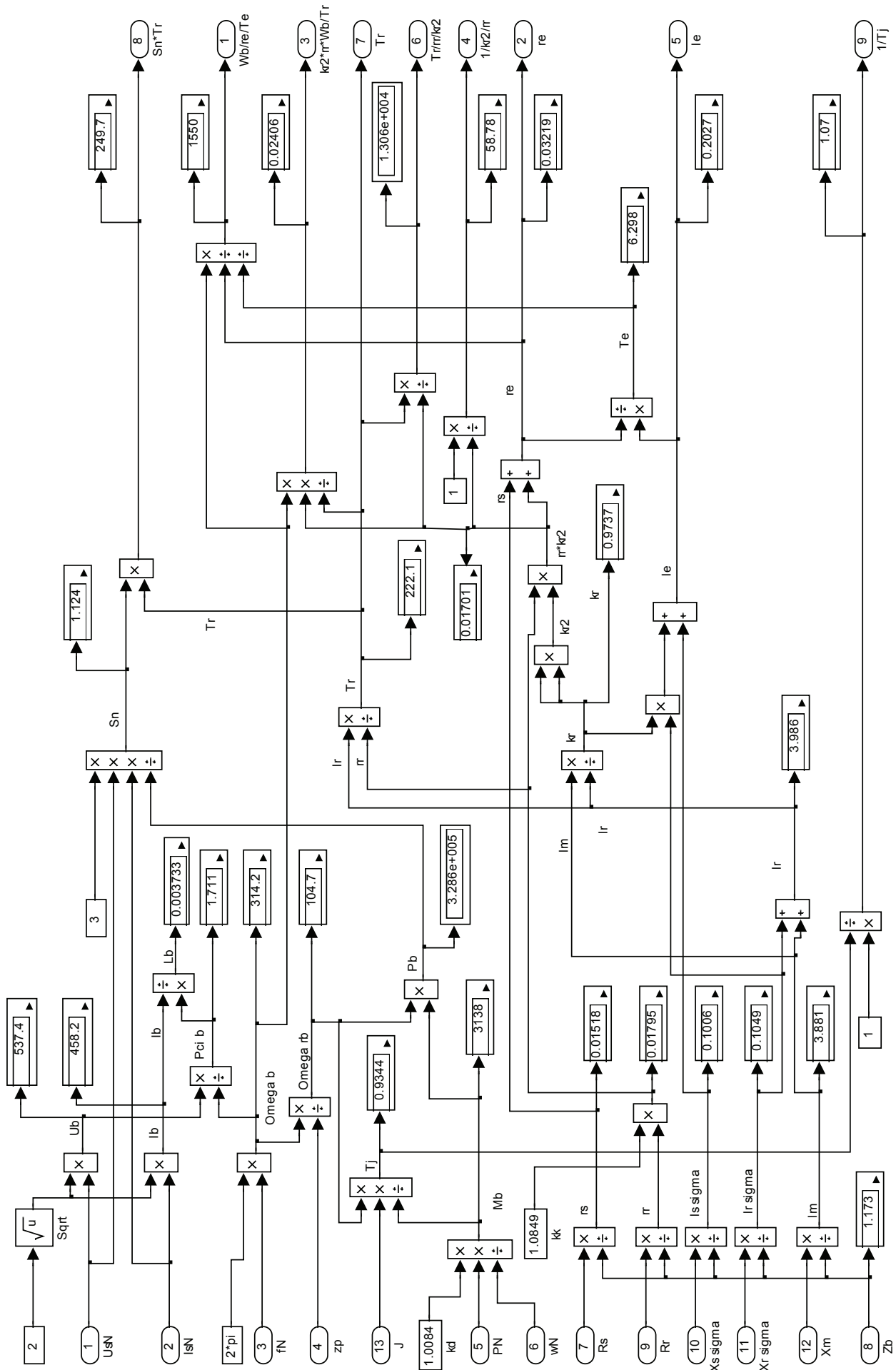


Рис. 15. Определение коэффициентов оболочки АД в Simulink-Matlab

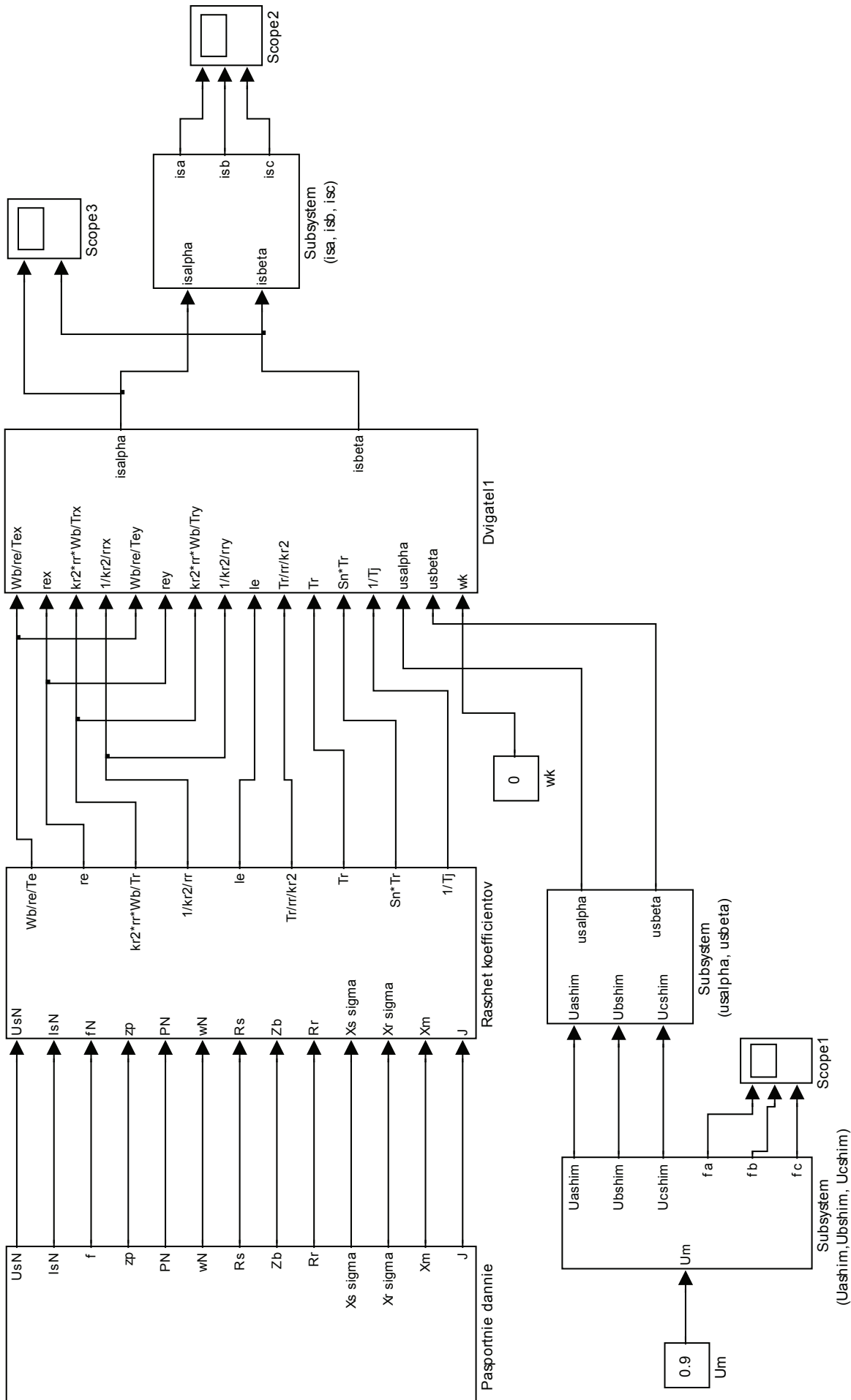


Рис. 16. Полная схема системы АИН ШИМ — АД

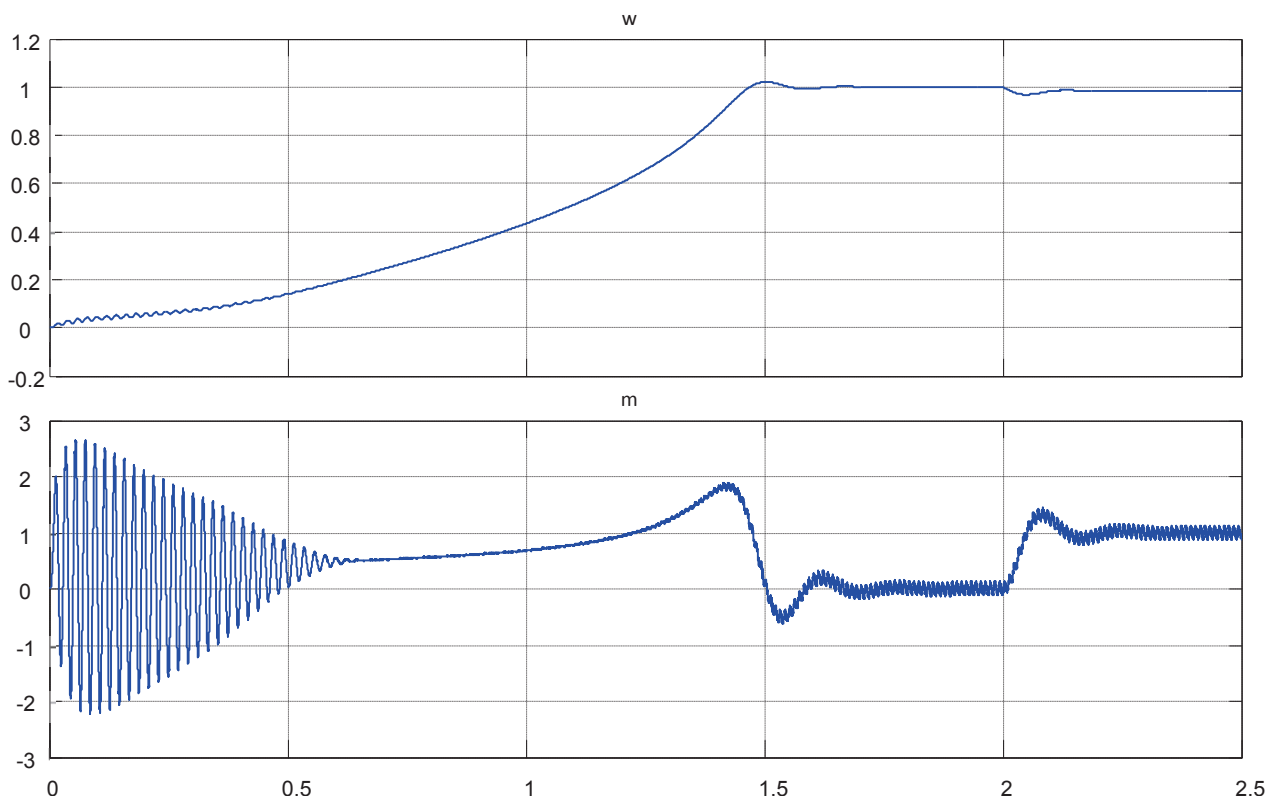


Рис. 17. Момент и скорость двигателя при питании от АИН ШИМ

Литература:

1. Емельянов, А.А., Бесклеткин В.В., Авдеев А.С., Чернов М.В., Киряков Г.А., Габзалилов Э.Ф., Фуртиков К.А., Реутов А.Я., Королёв О.А. Математическая модель асинхронного двигателя с переменными $\psi_r - I_s$ в произвольной системе координат на основе интегрирующих звеньев // Молодой ученый. — 2015. — № 15. — с. 7–30.
2. Шрейнер, Р.Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р.Т. Шрейнер, А.В. Костылев, В.К. Кривовяз, С.И. Шилин. Под ред. проф. д.т.н. Р.Т. Шрейнера. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф. — пед. ун-т», 2008. — 361 с.
3. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. — Екатеринбург УРО РАН, 2000. — 654 с.

Математическое моделирование САР скорости системы «АИН ШИМ — АД» с переменными $\psi_r - i_s$ на основе интегрирующих звеньев в Script-Simulink

Емельянов Александр Александрович, доцент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, ассистент;
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;
 Чернов Михаил Владимирович, студент;
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;
 Прокопьев Константин Васильевич, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет

Эта работа необходима для методических указаний к выполнению студентами лабораторных и практических работ по дисциплине «Системы управления электроприводов» в разделе «Векторное управление асинхронными двигателями». Эта статья является продолжением работы [1]. Кроме того, для лучшего понимания логики изложения материала необходимо рассмотреть все наши статьи за 2015 год.

Развернутая схема САР скорости «АИН ШИМ — АД» дана на рис. 1. Задание на скорость ω^* формируется в Signal Builder (рис. 2).

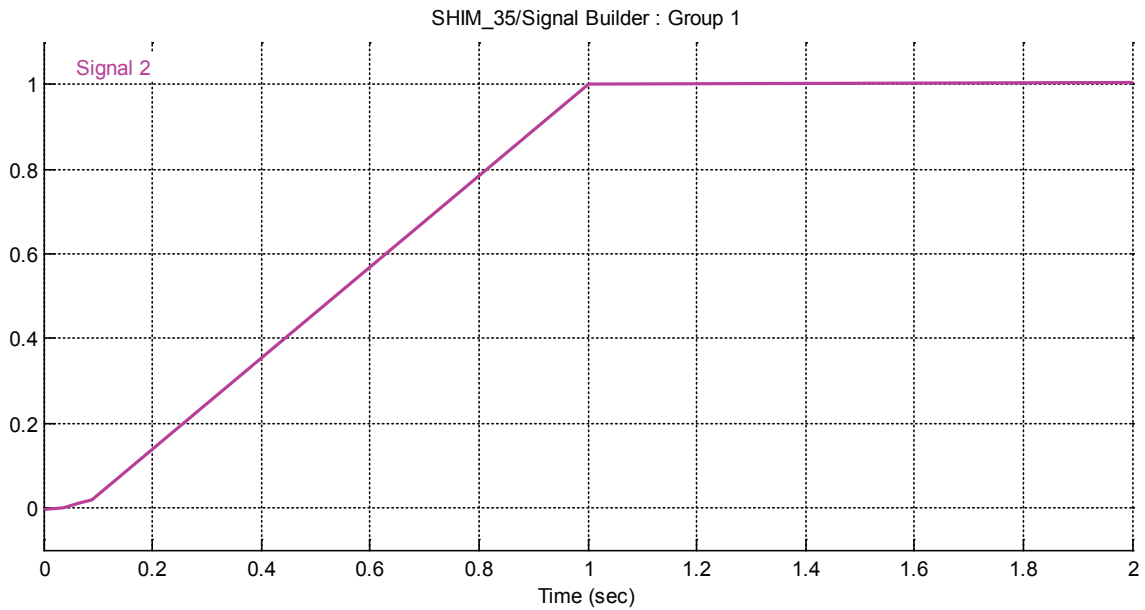


Рис. 2. Задание на скорость ω^*

Под каждым элементом развернутой схемы САР скорости указаны его номер и название. С целью уменьшения объема статьи произведем группировку некоторых элементов.

Математические модели регулятора скорости (номер 1), задание на проекции статорного тока по оси x (номер 2) и y (номер 4) и угловую скорость координатной системы ω_k (номер 3) даны на рис. 3, 4, 5, 6 [1], [2], [3], [4], [5].

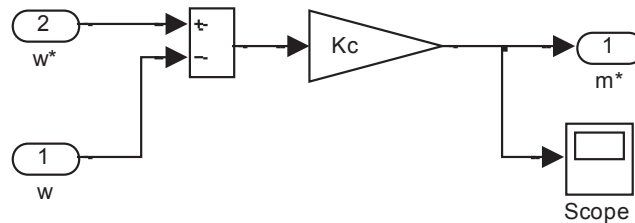


Рис. 3. Регулятор скорости

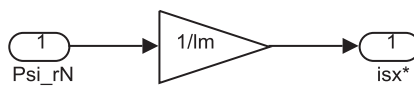


Рис. 4. Задание i_{sx}^*

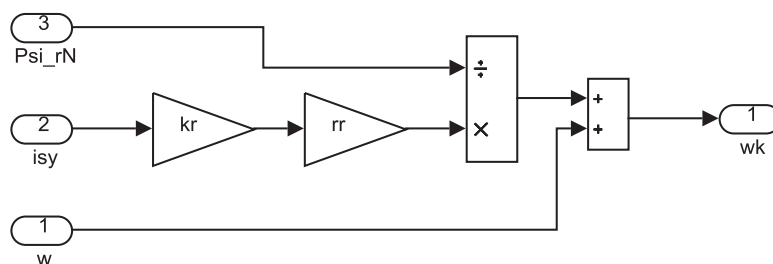


Рис. 5. Задание скорости координатной системой

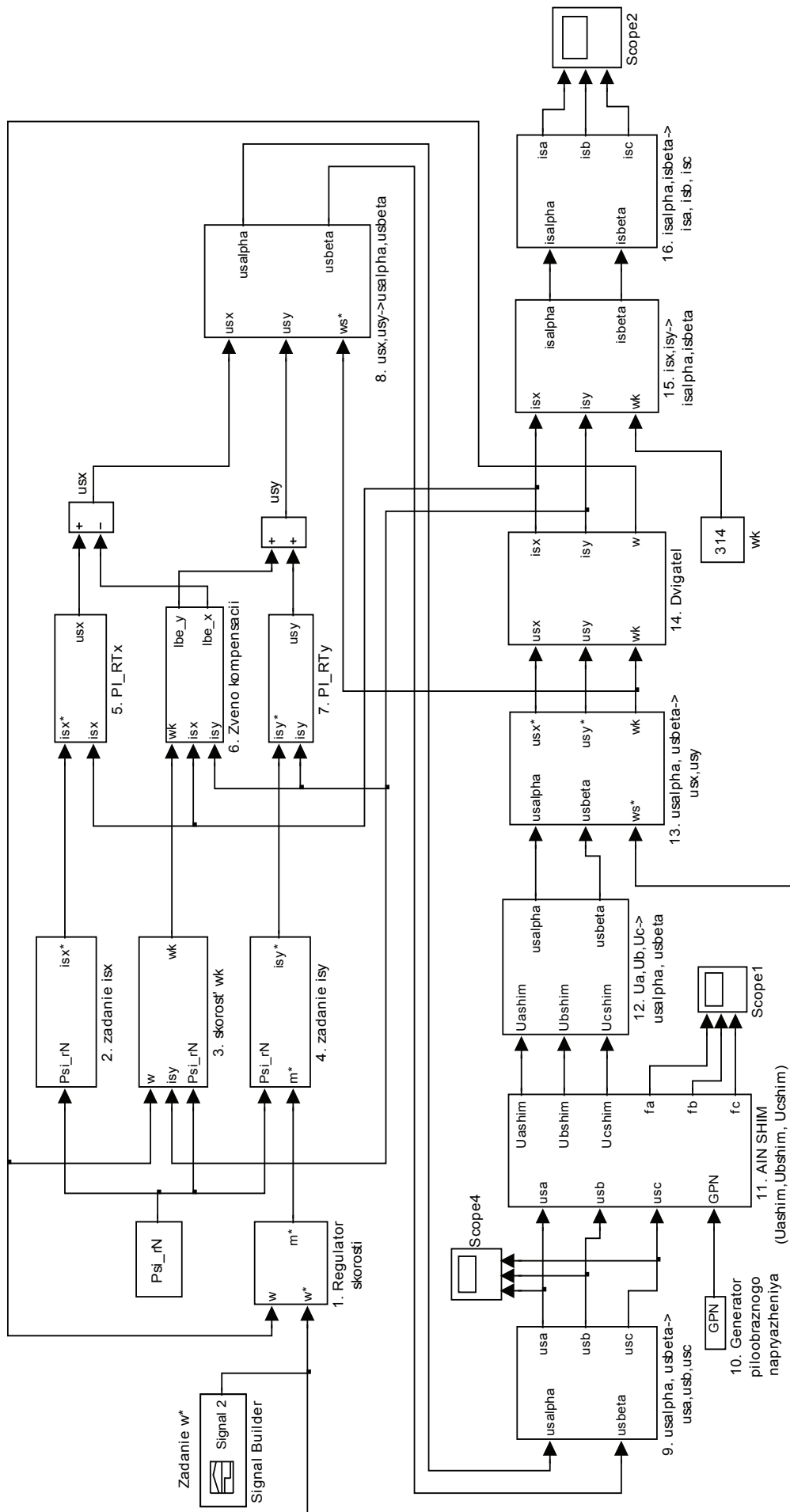


Рис. 1. Развернутая математическая модель САР скорости системы «АИН ШИМ — АД»

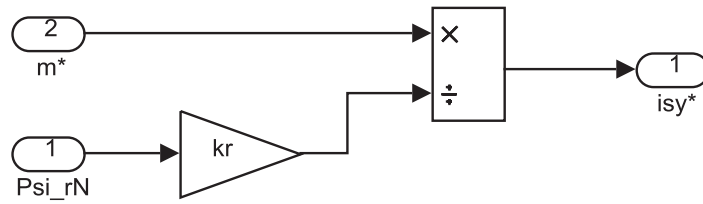


Рис. 6. Задание i_{sy}^*

Регуляторы тока по проекциям x и y даны на рис. 7 и 9 [1], [2], [3], [4]. Звено компенсации внутренних перекрестных связей [5] дано на рис. 8.

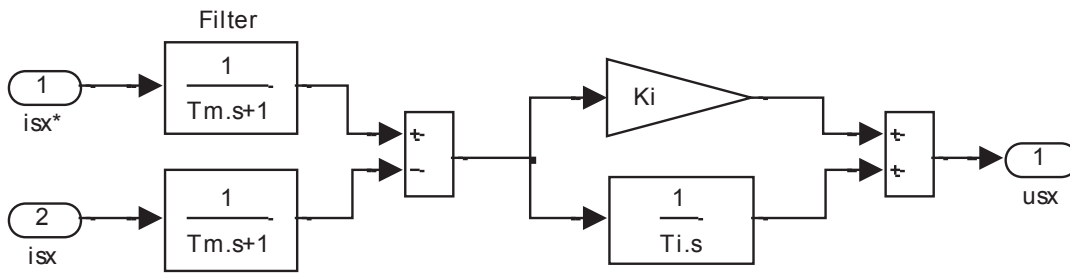


Рис. 7. Регулятор статорного тока по проекции x : ПИ-РТх

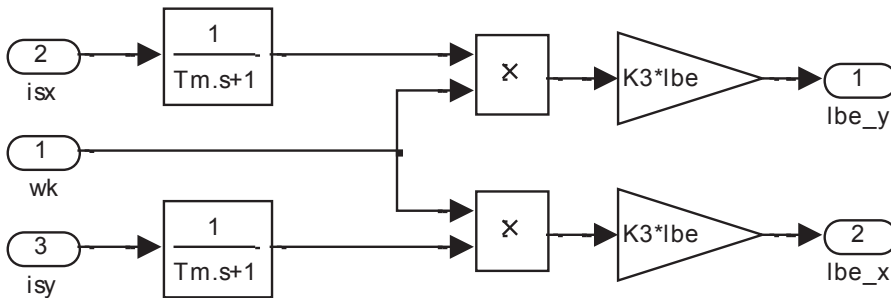


Рис. 8. Звено компенсации внутренних перекрестных связей

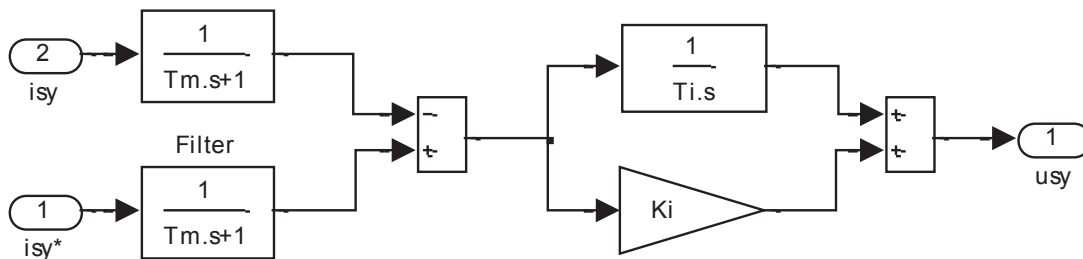


Рис. 9. Регулятор тока по проекции y : ПИ-РТу

Преобразователи координат на развернутой схеме САР скорости даны под номерами 8 и 9 ($x, y \rightarrow \alpha, \beta$ и $\alpha, \beta \rightarrow a, b, c$) приведены на рис. 10 и 11 [4].

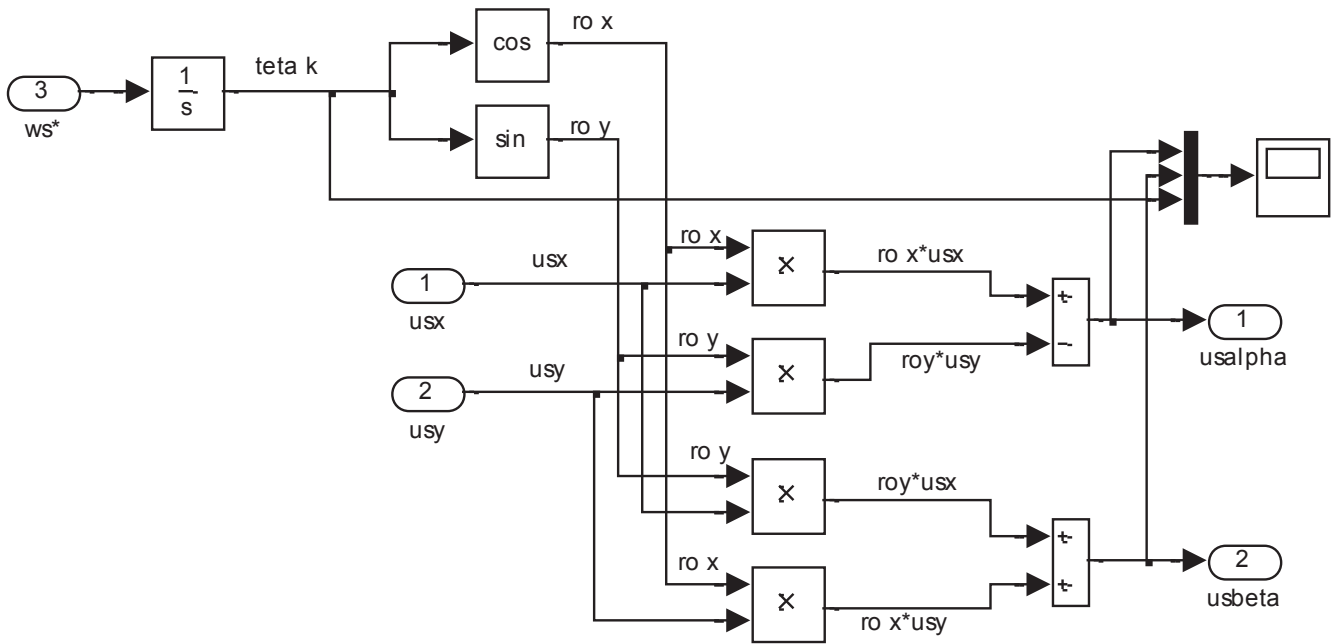


Рис. 10. Преобразователь координат: $x, y \rightarrow \alpha, \beta$

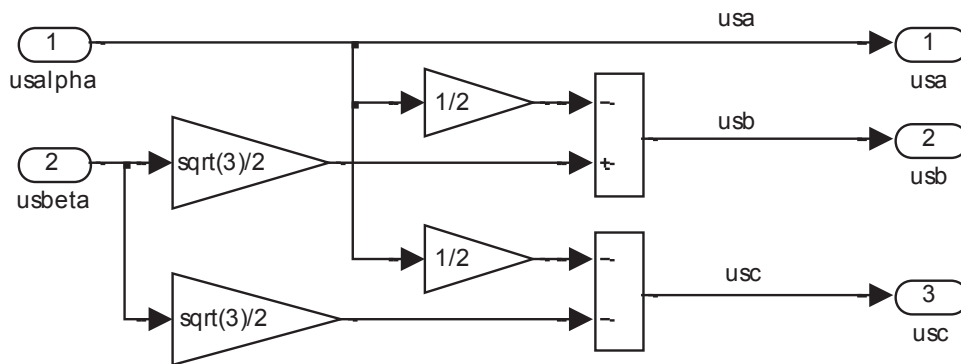


Рис. 11. Преобразователь координат: $\alpha, \beta \rightarrow a, b, c$

Математическая модель АИН ШИМ (номер 11) вместе с генератором пилообразного напряжения GPN (номер 10) даны на рис. 12 и 13.

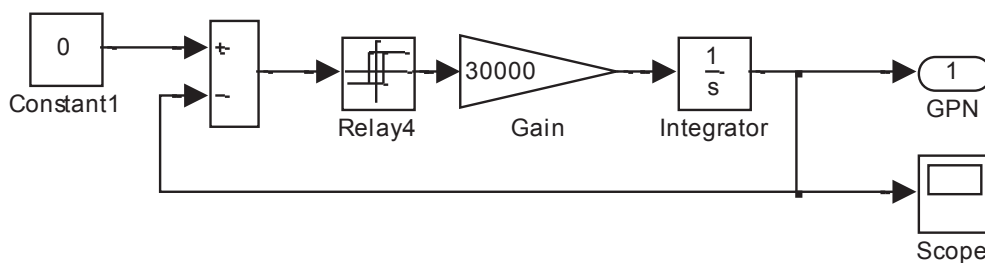


Рис. 13. Генератор пилообразного напряжения (GPN)

Преобразователи координат под номерами 12 и 13 ($u_{a\text{ шим}}, u_{b\text{ шим}}, u_{c\text{ шим}} \rightarrow u_{sa}, u_{sb}$ и $u_{sa}, u_{sb} \rightarrow u_{sx}, u_{sy}$) даны на рис. 14 и 15.

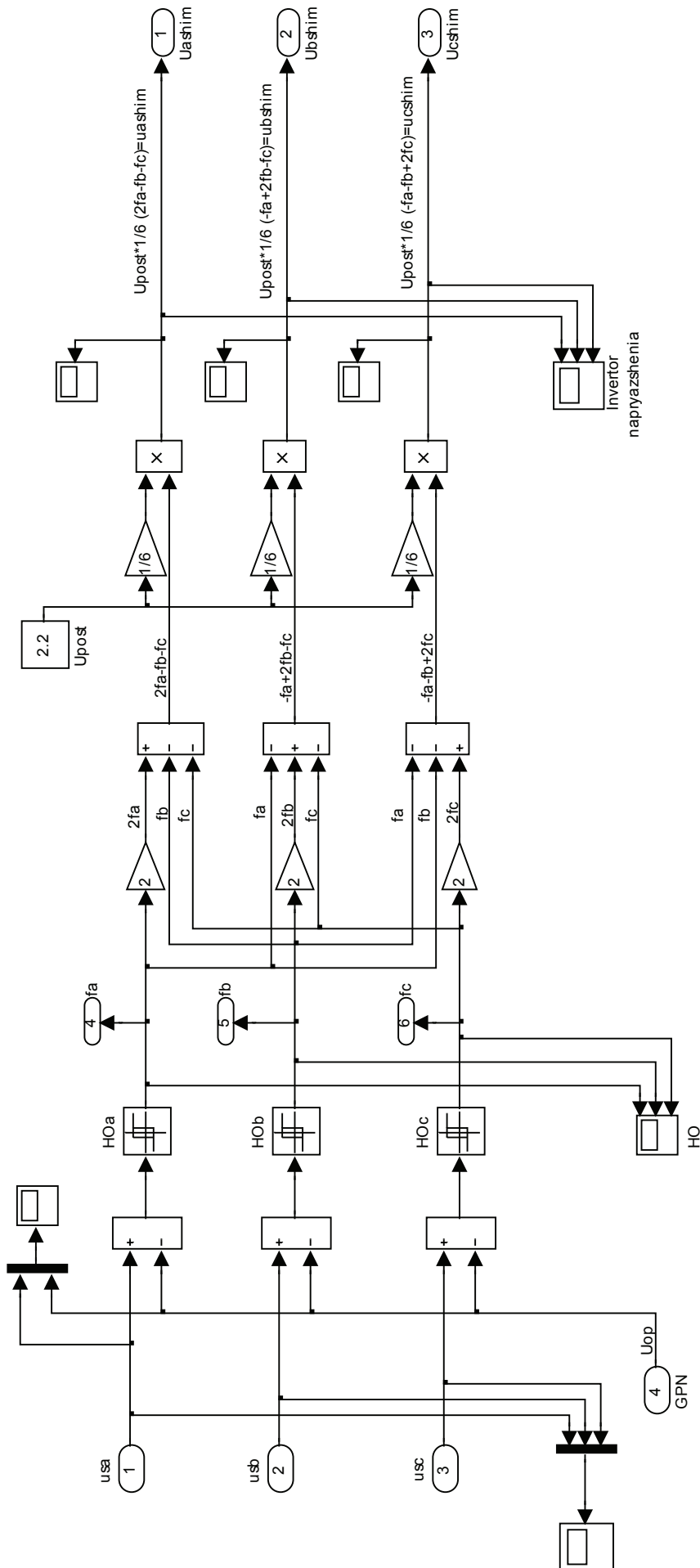


Рис. 12. Математическая модель АИН ШИМ

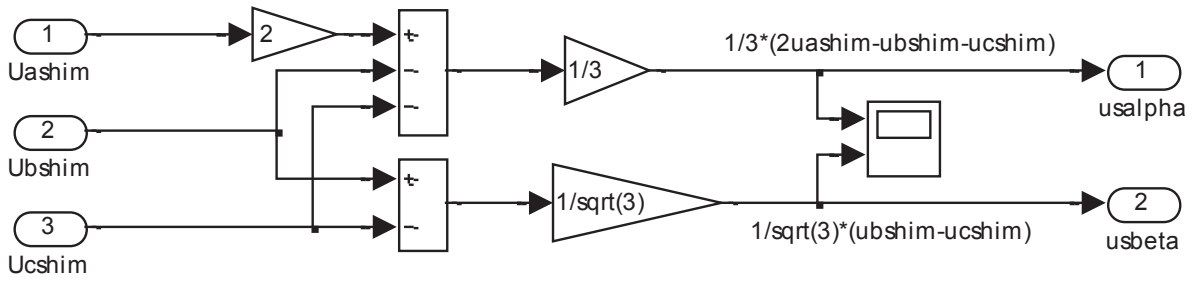


Рис. 14. Преобразователь координат: $u_{a\theta\epsilon i}, u_{b\theta\epsilon i}, u_{c\theta\epsilon i} \rightarrow u_{s\alpha}, u_{s\beta}$

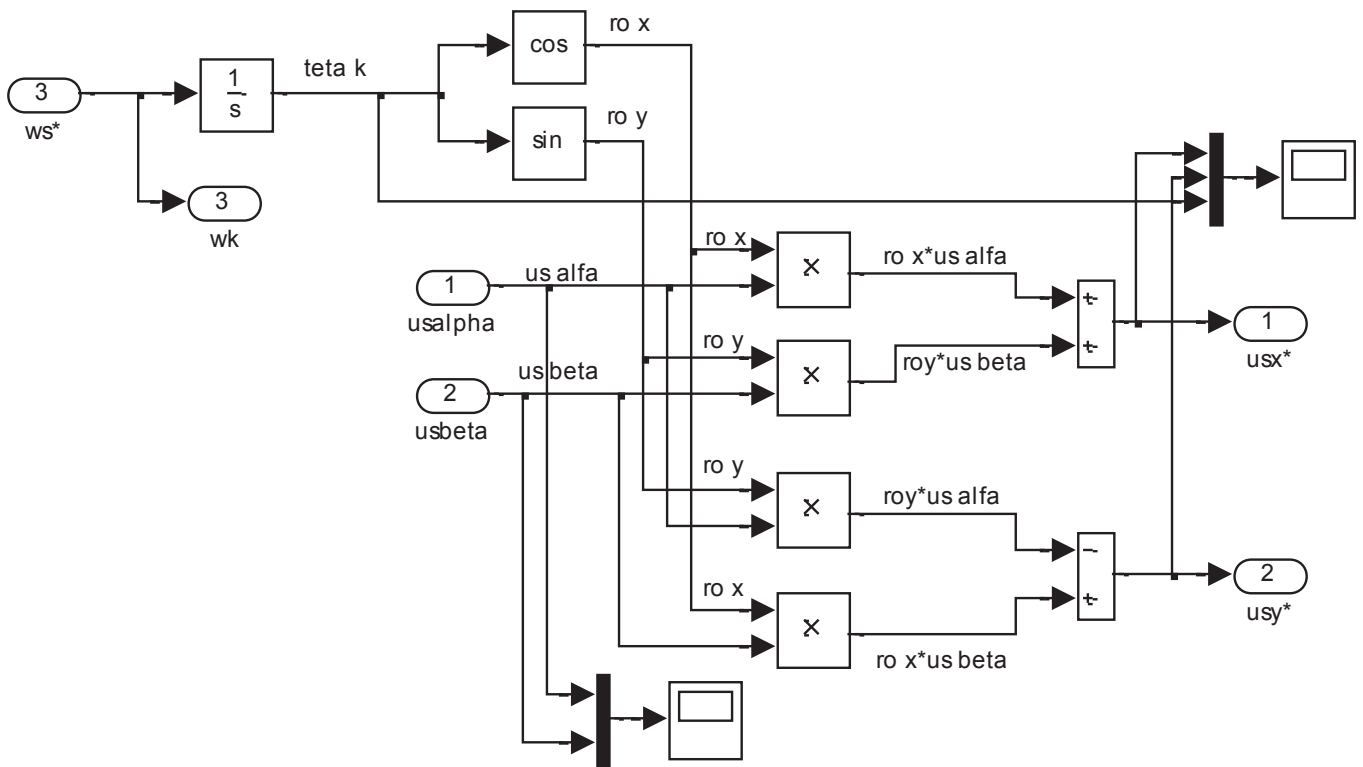


Рис. 15. Преобразователь координат: $u_{s\alpha}, u_{s\beta} \rightarrow u_{sx}, u_{sy}$

Математическая модель двигателя (номер 14) дана на рис. 16.

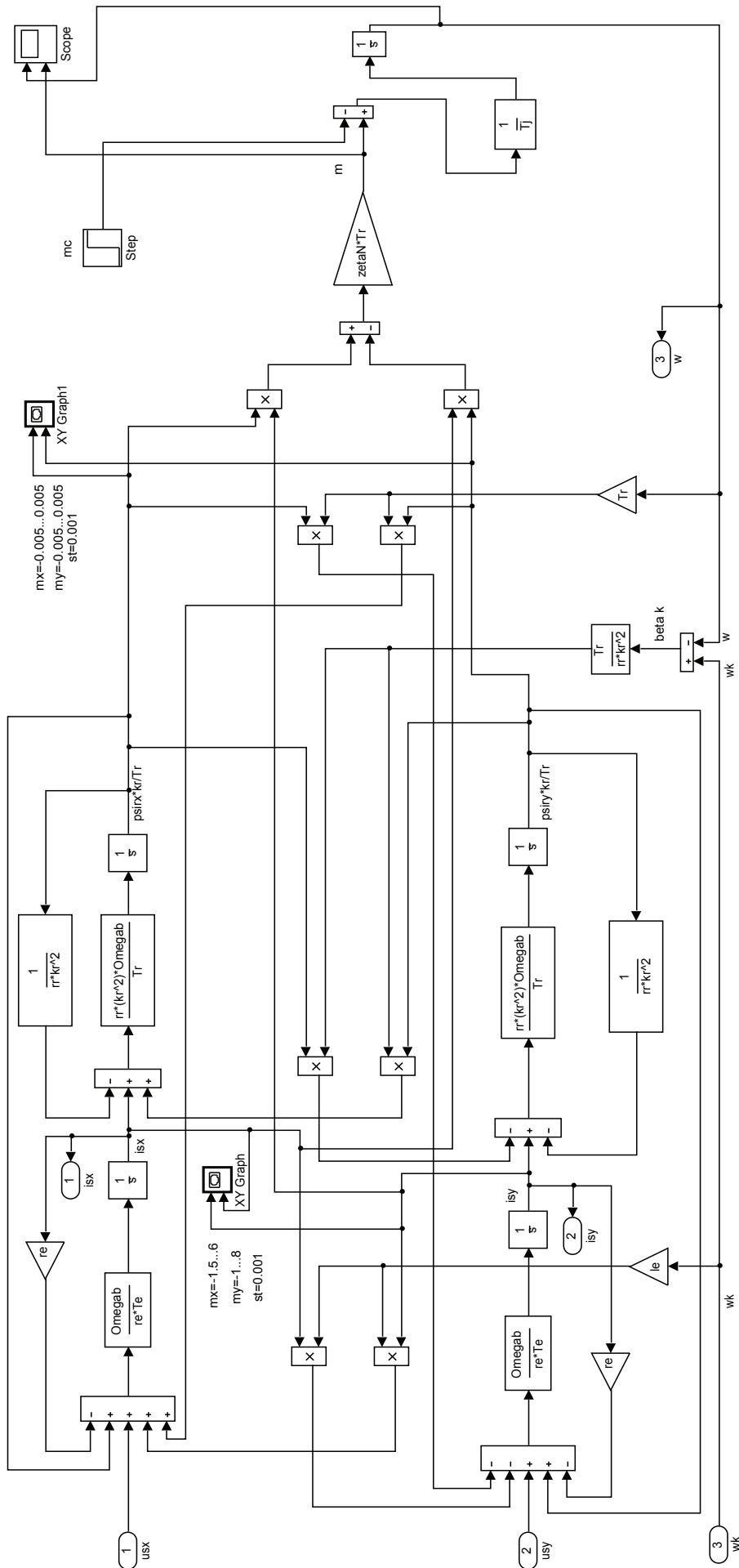


Рис. 16. Математическая модель АД с переменными $\psi_r - i_s$ на основе интегрирующих звеньев

Обратные преобразователи координат по статорным токам с номерами 15 и 16 на развернутой схеме САР скорости приведены на рис. 17 и 18 [4].

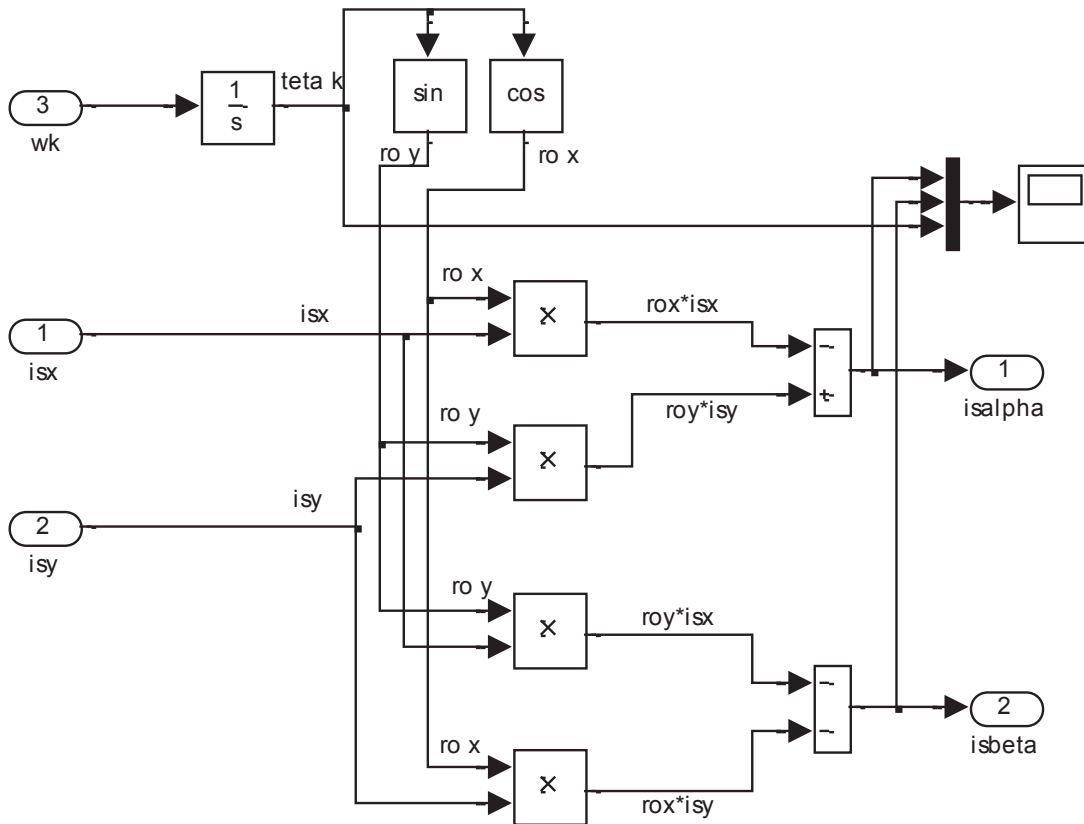


Рис. 17. Обратное преобразование (1-я ступень): $x, y \rightarrow \alpha, \beta$

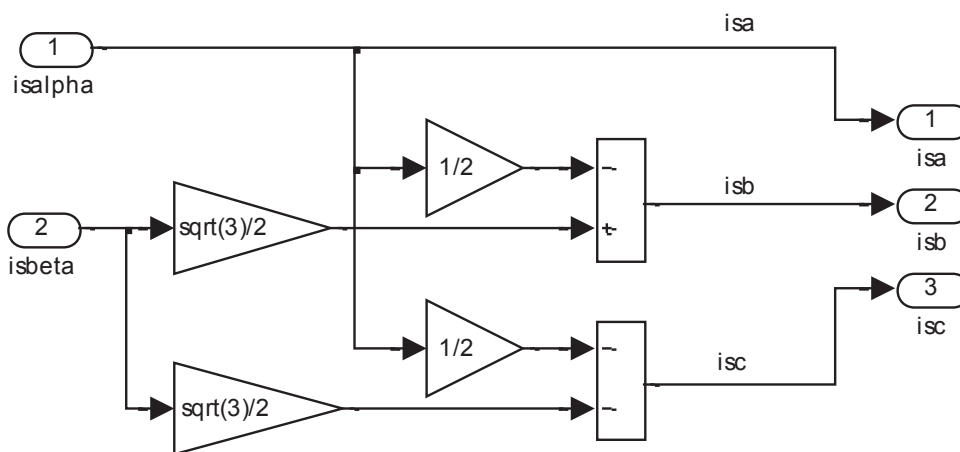


Рис. 18. Преобразователь координат (2-я ступень): $\alpha, \beta \rightarrow a, b, c$

Примечания:

1. К пониманию преобразователей координат.

Наиболее важной частью в САР скорости системы «АИН ШИМ — АД» являются преобразования координат. Технология преобразования состоит в следующем: переход из неподвижной трехфазной системы координат (a, b, c) в неподвижную прямоугольную систему (α, β) , далее переход во вращающуюся систему (x, y) и, наоборот, обратное преобразование координат.

Для лучшего понимания студентами процесса перехода из одной системы координат в другую дадим проекции одного и того же вектора \vec{U}_s в двух системах координат a, b, c и α, β (рис. 19).

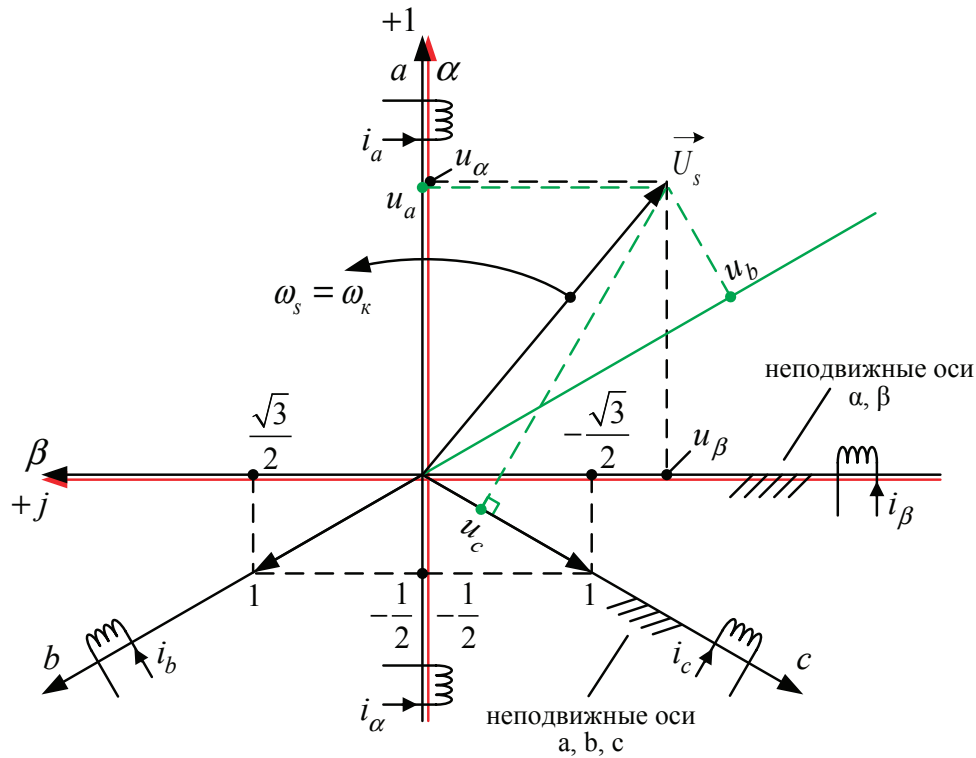


Рис. 19. Проекции вектора \vec{U}_s в системах координат a, b, c и α, β

А) Переход из трехфазной системы в двухфазную: $a, b, c \rightarrow \alpha, \beta$.

Пространственный вектор \vec{U}_s в системе координат a, b, c определяется по следующей зависимости:

$$\vec{U}_s = \frac{2}{3} \cdot (u_a \cdot \vec{a}_1 + u_b \cdot \vec{a}_2 + u_c \cdot \vec{a}_3). \tag{1}$$

где \vec{a}_1, \vec{a}_2 и \vec{a}_3 — единичные пространственные векторы, определяемые:

$$\vec{a}_1 = 1e^{j0}; \quad \vec{a}_2 = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}; \quad \vec{a}_3 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}. \tag{2}$$

Подставим (2) в уравнение (1):

$$\begin{aligned} \vec{U}_s &= \frac{2}{3} \cdot \left(u_a \cdot 1 + u_b \cdot \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + u_c \cdot \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right) = \\ &= \frac{2}{3} \cdot \left(u_a - \frac{1}{2} \cdot u_b + j\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_b - \frac{1}{2} \cdot u_c - j\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_c \right) = \\ &= \underbrace{\left(\frac{2}{3} \cdot u_a - \frac{1}{3} \cdot u_b - \frac{1}{3} \cdot u_c \right)}_{Re} + j \underbrace{\left(\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_b - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_c \right)}_{Im}. \end{aligned}$$

С другой стороны, этот же пространственный вектор \vec{U}_s (рис. 19) можно определить в прямоугольной системе координат α, β :

$$\vec{U}_s = \underbrace{u_\alpha}_{Re} + j \underbrace{u_\beta}_{Im}.$$

Приравнявая действительные и мнимые части, получим:

$$\begin{cases} u_\alpha = \frac{2}{3} \cdot u_a - \frac{1}{3} \cdot u_b - \frac{1}{3} \cdot u_c; \\ u_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_b - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_c. \end{cases} \quad (3)$$

С помощью уравнения (3) производится переход из одной системы координат в другую: $a, b, c \rightarrow \alpha, \beta$.
В матричной форме система уравнений (3) примет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{3}} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{pmatrix} \quad (3')$$

Б) Переход из двухфазной системы в трехфазную: $\alpha, \beta \rightarrow a, b, c$.
Из системы уравнений (3):

$$\begin{cases} u_\alpha = \frac{2}{3} \cdot u_a - \frac{1}{3} \cdot u_b - \frac{1}{3} \cdot u_c; \\ u_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_b - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_c. \end{cases}$$

Примем $u_a = u_\alpha$, тогда первое уравнение примет следующий вид:

$$u_\alpha = \frac{2}{3} \cdot u_a - \frac{1}{3} \cdot u_b - \frac{1}{3} \cdot u_c;$$

$$\left(1 - \frac{2}{3}\right) \cdot u_\alpha = -\frac{1}{3} \cdot u_b - \frac{1}{3} \cdot u_c;$$

$$u_\alpha = -u_b - u_c.$$

Система уравнений (3) преобразуется к виду:

$$\begin{cases} u_\alpha = -u_b - u_c; \\ u_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_b - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_c. \end{cases} \quad (4)$$

Обе части первого уравнения умножим на $\frac{1}{\sqrt{3}}$ и сложим со вторым:

$$+ \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_\alpha = -\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_b - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_c; \\ u_\beta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_b - \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_c. \end{cases}$$

$$u_\beta + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot u_\alpha = -\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot u_c.$$

Отсюда:

$$u_c = -\frac{1}{2} \cdot u_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_\beta. \quad (5)$$

Подставим (5) в первое уравнение (4):

$$u_\alpha = -u_b + \frac{1}{2} \cdot u_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_\beta;$$

$$u_b = -u_\alpha + \frac{1}{2} \cdot u_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_\beta = -\frac{1}{2} \cdot u_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_\beta.$$

Итак, если имеются проекции вектора в системе координат α, β , то можно перейти к проекциям этого же вектора в системе координат a, b, c :

$$\begin{cases} u_a = u_\alpha; \\ u_b = -\frac{1}{2} \cdot u_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_\beta; \\ u_c = -\frac{1}{2} \cdot u_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot u_\beta. \end{cases} \tag{6}$$

В матричной форме:

$$\begin{pmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ 0 & -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_{s\alpha} \\ u_{s\beta} \\ u_{s\gamma} \end{pmatrix} \tag{6'}$$

В) Переход из неподвижной системы координат (α, β) во вращающуюся систему (x, y) : $\alpha, \beta \rightarrow x, y$.

Для пояснения этого перехода рассмотрим формулы пересчета:

$$\vec{U}_s = |U_s| \cdot e^{-j\varphi}.$$

$\varphi = \gamma + \xi$ — угол поворота вектора \vec{U}_s по отношению к $O\beta$ в системе координат $O\alpha\beta$.

$$|\vec{U}_s| = \sqrt{u_{s\alpha}^2 + u_{s\beta}^2} \text{ — модуль вектора } \vec{U}_s.$$

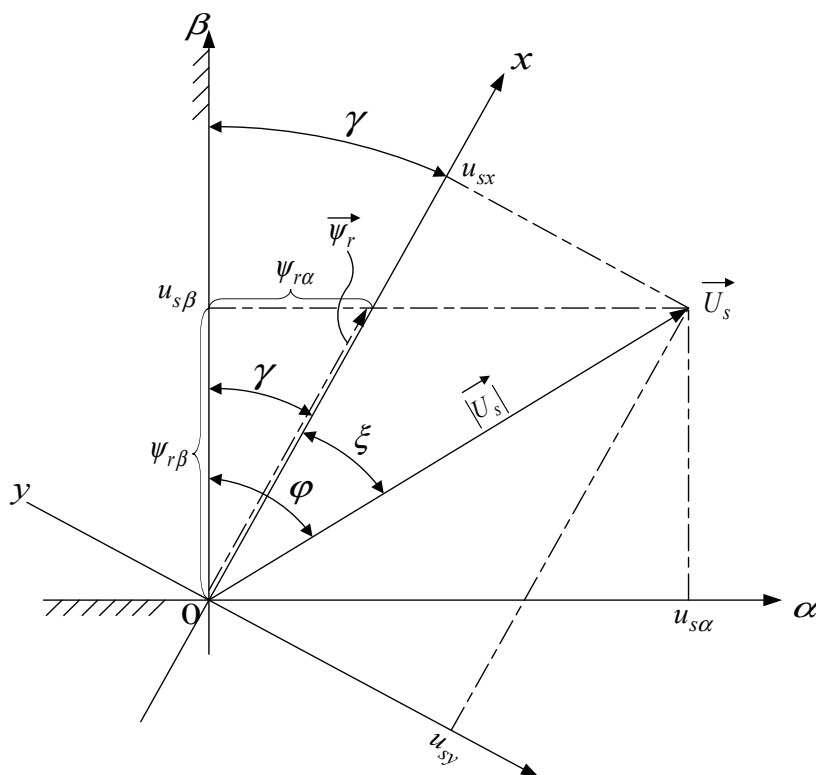


Рис. 20. Пересчет проекций вектора \vec{U}_s при переходе из одной системы координат в другую

$\vec{U}_s = |U_s| \cdot e^{-j\xi}$ - этот же вектор в системе координат Oxy .

$u_{s\alpha}, u_{s\beta}$ - проекции вектора \vec{U}_s на оси $O\alpha$ и $O\beta$ в системе координат $O\alpha\beta$.

u_{sx}, u_{sy} - проекции вектора \vec{U}_s на оси Ox и Oy в системе координат Oxy .

γ - угол поворота между осями.

Пусть новая система координат Oxy сориентирована по вектору потокоцепления обмотки ротора $\vec{\psi}_r$, тогда координатные функции поворота (ρ_x и ρ_y) определяются по следующим зависимостям:

$$\rho_y = \sin \gamma = \frac{\psi_{rx}}{|\vec{\psi}_r|} \text{ и } \rho_x = \cos \gamma = \frac{\psi_{ry}}{|\vec{\psi}_r|},$$

где

$$|\vec{\psi}_r| = \sqrt{\psi_{rx}^2 + \psi_{ry}^2}.$$

$$\begin{cases} u_{sx} = |\vec{U}_s| \cdot \cos(\varphi - \gamma) = \underbrace{|\vec{U}_s| \cdot \cos \varphi}_{u_{s\beta}} \cdot \underbrace{\cos \gamma}_{\rho_x} + \underbrace{|\vec{U}_s| \cdot \sin \varphi}_{u_{s\alpha}} \cdot \underbrace{\sin \gamma}_{\rho_y} = \rho_x \cdot u_{s\beta} + \rho_y \cdot u_{s\alpha}; \\ u_{sy} = |\vec{U}_s| \cdot \sin(\varphi - \gamma) = \underbrace{|\vec{U}_s| \cdot \sin \varphi}_{u_{s\alpha}} \cdot \underbrace{\cos \gamma}_{\rho_x} - \underbrace{|\vec{U}_s| \cdot \cos \varphi}_{u_{s\beta}} \cdot \underbrace{\sin \gamma}_{\rho_y} = -\rho_y \cdot u_{s\beta} + \rho_x \cdot u_{s\alpha}. \end{cases}$$

Для системы, вращающейся со скоростью ω_k , полученные выражения можно записать в следующем виде:

$$\omega_k = \frac{d\theta_k}{dt} \rightarrow \frac{d}{dt} = s \rightarrow \omega_k = s \cdot \theta_k \rightarrow \boxed{\theta_k = \frac{1}{s} \cdot \omega_k}.$$

Обозначим $\cos \theta_k = \rho_x$; $\sin \theta_k = \rho_y$, тогда [4, с. 552]:

$$\begin{cases} u_{sx} = \rho_x \cdot u_{s\alpha} + \rho_y \cdot u_{s\beta}; \\ u_{sy} = -\rho_y \cdot u_{s\alpha} + \rho_x \cdot u_{s\beta}. \end{cases}$$

2. К расчету параметров асинхронного двигателя

В работе [3] в главе 6 «Примеры» дан образец расчета параметров асинхронного двигателя. В наших дальнейших работах направленных на подготовку студентов к исследовательской работе, глава 6 окажет неоценимую помощь. Можно было бы по аналогии рассмотреть паспортные данные любого другого двигателя, но для проверки правильности выводов уравнений сделанных исследовательской группой самостоятельно, необходимо постоянно выходить на многие полученные результаты в работе [4]. Поэтому, этот пример расчета окажется очень полезным.

Номинальные данные:

Номинальный режим работы

S1;

Номинальная мощность

$P_N = 320 \text{ кВт};$

Номинальное фазное напряжение

$U_{s,N} = 380 \text{ В};$

Номинальный фазный ток

$I_{s,N} = 324 \text{ А};$

Номинальная частота

$f_N = 50 \text{ Гц};$

Номинальная синхронная скорость

$\Omega_{0N} = 104,7 \text{ рад/с};$

Номинальная скорость ротора

$\Omega_N = 102,83 \text{ рад/с};$

Номинальный КПД

$\eta_N = 0,944;$

Номинальный коэффициент мощности

$\cos \varphi_N = 0,92;$

Число пар полюсов

$z_p = 3.$

Параметры T-образной схемы замещения при номинальной частоте:

Активное сопротивление обмотки статора

$R_s = 0,0178 \text{ Ом};$

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора

$X_{s\sigma} = 0,118 \text{ Ом};$

Активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к статору

$R_r = 0,0194 \text{ Ом};$

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора, приведенное к статору

$X_{r\sigma} = 0,123 \text{ Ом};$

Главное индуктивное сопротивление

$X_m = 4,552 \text{ Ом};$

Суммарный момент инерции двигателя и механизма

$$J_{\Sigma} = 28 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Базисные величины системы относительных единиц:

Напряжение	$U_{\sigma} = \sqrt{2}U_{s.N} = \sqrt{2} \cdot 380 = 537,4 \text{ В};$
Ток	$I_{\sigma} = \sqrt{2}I_{s.N} = \sqrt{2} \cdot 324 = 458,2 \text{ А};$
Частота	$\Omega_{\sigma} = \Omega_{s.N} = 2\pi f_N = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ рад/с};$
Скорость ротора	$\Omega_{r,\sigma} = \frac{\Omega_{\sigma}}{z_p} = \frac{314,16}{3} = 104,72 \text{ рад/с};$
Сопrotивление	$Z_{\sigma} = \frac{U_{\sigma}}{I_{\sigma}} = \frac{537,4}{458,2} = 1,1728 \text{ Ом};$
Потокоцепление	$\Psi_{\sigma} = \frac{U_{\sigma}}{\Omega_{\sigma}} = \frac{537,4}{314,16} = 1,711 \text{ В} \cdot \text{с};$
Индуктивность	$L_{\sigma} = \frac{\Psi_{\sigma}}{I_{\sigma}} = \frac{1,711}{458,2} = 3,733 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$

Используя номинальные данные двигателя, определяем:

$$M_{\sigma} = k_{\Delta} \cdot M_N = k_{\Delta} \cdot \frac{P_N}{\Omega_N},$$

где $k_{\Delta} > 1$ – коэффициент, учитывающий различие значений электромагнитного момента и момента на валу двигателя в номинальном режиме ($k_{\Delta} = 1,0084$).

$$M_{\sigma} = k_{\Delta} \cdot \frac{P_N}{\Omega_N} = 1,0084 \cdot \frac{320 \cdot 10^3}{102,83} = 3138,07 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

В качестве базисной мощности выбираем значение электромагнитной мощности двигателя в номинальном режиме, определяемое по следующей формуле:

$$P_{\sigma} = M_{\sigma} \cdot \Omega_{p,\sigma} = 3138,07 \cdot 104,72 = 328,62 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Относительные значения параметров схемы замещения двигателя:

$$r_s = \frac{R_s}{Z_{\sigma}} = \frac{0,0178}{1,1728} = 0,0152;$$

$$l_{s\sigma} = \frac{L_{s\sigma}}{L_{\sigma}} = \frac{X_{s\sigma}}{(\Omega_{\sigma} \cdot L_{\sigma})} = \frac{X_{s\sigma}}{Z_{\sigma}} = \frac{0,118}{1,1728} = 0,1006;$$

$$r_r = \frac{R_r}{Z_{\sigma}} = \frac{0,0194}{1,1728} = 0,0165;$$

$$l_{r\sigma} = \frac{X_{r\sigma}}{Z_{\sigma}} = \frac{0,123}{1,1728} = 0,1049;$$

$$l_m = \frac{X_m}{Z_{\sigma}} = \frac{4,552}{1,1728} = 3,881.$$

Механическая постоянная времени:

$$T_j = J_{\Sigma} \cdot \frac{\Omega_{r,\sigma}}{M_{\sigma}} = 28 \cdot \frac{104,72}{3138,07} = 0,934 \text{ с}.$$

Номинальное значение скольжения:

$$\beta_N = \frac{\Omega_{0N} - \Omega_N}{\Omega_{0N}} = \frac{104,72 - 102,83}{104,72} = 0,018.$$

Относительное значение номинальной скорости ротора:

$$\omega_N = (1 - \beta_N) = (1 - 0,018) = 0,982.$$

Нормирующий энергетический коэффициент:

$$\zeta_N = \frac{S_{s.N}}{P_{\text{элм.}N}} = \frac{3 \cdot U_{s.N} \cdot I_{s.N}}{P_{\sigma}} = \frac{3 \cdot 380 \cdot 324}{328620} = 1,124;$$

$$S_{s.N} = 3 \cdot U_{s.N} \cdot I_{s.N} = 369360 \text{ ВА};$$

$$k_s = \frac{l_m}{l_m + l_{s\sigma}} = \frac{3,881}{3,881 + 0,1006} = 0,9749;$$

$$k_r = \frac{l_m}{l_m + l_{r\sigma}} = \frac{3,881}{3,881 + 0,1049} = 0,9737;$$

$$l_{\sigma_3} = l_{s\sigma} + l_{r\sigma} + l_{s\sigma} \cdot l_{r\sigma} \cdot l_m^{-1} = 0,1006 + 0,1049 + \frac{0,1006 \cdot 0,1049}{3,881} = 0,2082.$$

При расчете режимов работы, для того чтобы $i_{sh} = 1$, $m_N = 1$, $u_{sN} = 1$, $\omega_{sN} = 1$ и $\beta_N = 0,018$, необходимо откорректировать r_r :

$$r_{rk} = \rho_N \cdot \beta_N = 0,9962 \cdot 0,018 = 0,0179,$$

где $\rho_N = 0,9962$ – корректирующий коэффициент [3, с. 296].

$$kk = \frac{r_{rk}}{r_r} = 1,0849 \text{ - коэффициент, показывающий отношение } r_{rk} \text{ к } r_r.$$

$$\alpha_r = k_r \cdot \frac{r_{rk}}{l_m} = 0,9737 \cdot \frac{0,0179}{3,881} = 0,00451;$$

$$l_3 = k_r \cdot l_{r\sigma} + l_{s\sigma} = 0,9737 \cdot 0,1049 + 0,1006 = 0,20274;$$

$$l_3 = k_r \cdot l_{\sigma_3} = 0,9737 \cdot 0,2082 = 0,20274;$$

$$r_3 = r_s + k_r^2 \cdot r_{rk} = 0,0152 + 0,9737^2 \cdot 0,0179 = 0,032171;$$

$$T_3 = \frac{l_3}{r_3} = \frac{0,20274}{0,032171} = 6,302;$$

$$k_r^2 \cdot r_{rk} = 0,9737^2 \cdot 0,0179 = 0,017;$$

$$\frac{1}{r_3} = \frac{1}{0,032171} = 31,084;$$

$$T_{r\sigma} = \frac{l_{r\sigma} + k_s \cdot l_{s\sigma}}{r_{rk}} = \frac{0,1049 + 0,9749 \cdot 0,1006}{0,0179} = 11,339;$$

$$T_{s\sigma} = \frac{l_{s\sigma} + k_s \cdot l_{r\sigma}}{r_s} = \frac{0,1006 + 0,9737 \cdot 0,1049}{0,0152} = 13,338;$$

$$\frac{T_r}{k_r^2 \cdot r_{rk}} = \frac{222,676}{0,9737^2 \cdot 0,0179} = 13098,587;$$

$$\frac{k_r}{T_{s\sigma}} = \frac{0,9737}{13,338} = 0,073;$$

$$\frac{T_{s\sigma}}{k_r} = \frac{13,338}{0,9737} = 13,698;$$

$$\frac{T_{r\sigma} \cdot T_{s\sigma}}{k_r \cdot k_s} = \frac{11,339 \cdot 13,338}{0,9737 \cdot 0,9749} = 159,324;$$

$$k_r \cdot k_s \cdot T_{s\sigma}^{-1} = \frac{k_r \cdot k_s}{T_{s\sigma}} = 0,073 \cdot 0,9749 = 0,0712;$$

$$\frac{T_{r\sigma}}{\Omega_{\sigma}} = \frac{11,339}{314,16} = 0,036;$$

$$\frac{T_{s\sigma}}{\Omega_{\sigma}} = \frac{13,338}{314,16} = 0,0425;$$

$$\frac{T_3}{\Omega_{\sigma}} = \frac{6,302}{314,16} = 0,02006;$$

$$\frac{T_r}{\Omega_{\sigma}} = \frac{222,676}{314,16} = 0,7088;$$

$$\frac{\zeta_N}{l_{\sigma_3}} = \frac{1,124}{0,2082} = 5,3987;$$

$$\zeta_N \cdot T_r = 1,124 \cdot 222,676 = 250,29;$$

$$\frac{\Omega_{\sigma}}{r_3 \cdot T_3} = \frac{314,16}{0,032171 \cdot 6,302} = 1549,558;$$

$$\frac{k_r}{T_r} = \frac{0,9737}{222,676} = 0,00437;$$

$$\frac{1}{r_{rx} \cdot k_r^2} = \frac{1}{0,0179 \cdot 0,9737^2} = 58,824;$$

$$\frac{r_{rx} \cdot k_r^2 \cdot \Omega_0}{T_r} = \frac{0,0179 \cdot 0,9737^2 \cdot 314,16}{222,676} = 0,024.$$

Расчет этих коэффициентов производим в Script:

```
%Номинальные данные
PN=320000;
UsN=380;
IsN=324;
fN=50;
Omega0N=104.7;
OmegaN=102.83;
nN=0.944;
cos_phiN=0.92;
zp=3;
%Параметры Т-образной схемы замещения при номинальной частоте
Rs=0.0178;
Xs=0.118;
Rr=0.0194;
Xr=0.123;
Xm=4.552;
J=28;
%Базисные величины системы относительных единиц
Ub=sqrt(2)*UsN;
Ib=sqrt(2)*IsN;
OmegasN=2*pi*fN;
Omegab=OmegasN;
Omegarb=Omegab/zp;
Zb=Ub/Ib;
Psib=Ub/Omegab;
Lb=Psib/Ib;
kd=1.0084;
Mb=kd*PN/OmegaN;
Pb=Mb*Omegarb;
rs=Rs/Zb;
ls=Xs/Zb;
lr=Xr/Zb;
lm=Xm/Zb;
Tj=J*Omegarb/Mb;
betaN=(Omega0N-OmegaN)/Omega0N;
wN=(1-betaN);
SsN=3*UsN*IsN;
```

```

zetaN=SsN/Pb;
ks=lm/(lm+ls);
kr=lm/(lm+lr);
lbe=ls+lr+ls*lr*lm^(-1);
roN=0.9962;
rr=roN*betaN;
alphar=kr*rr/lm;
le=kr*lbe;
re=rs+(kr^2)*rr;
Te=le/re;
Tr=(lm+lr)/rr;
Psi_rN=0.942;
Tm=0.005;
K1=1.5;
K2=1.5;
K3=0.1;
K4=0.65;
Ki=0.87*K1;
Ti=0.41/K2;
Kc=100*K4;
    
```

Результаты расчетов скорости ω и электромагнитного момента m при $K_1 \cdot K_i = 1,305$; $\frac{1}{K_2 \cdot T_i \cdot s} = \frac{1}{0,273 \cdot s}$; $K_3 \cdot l_{\sigma_s} = 0,0208$; $K_4 \cdot K_c = 65$ приведены на рис. 21.

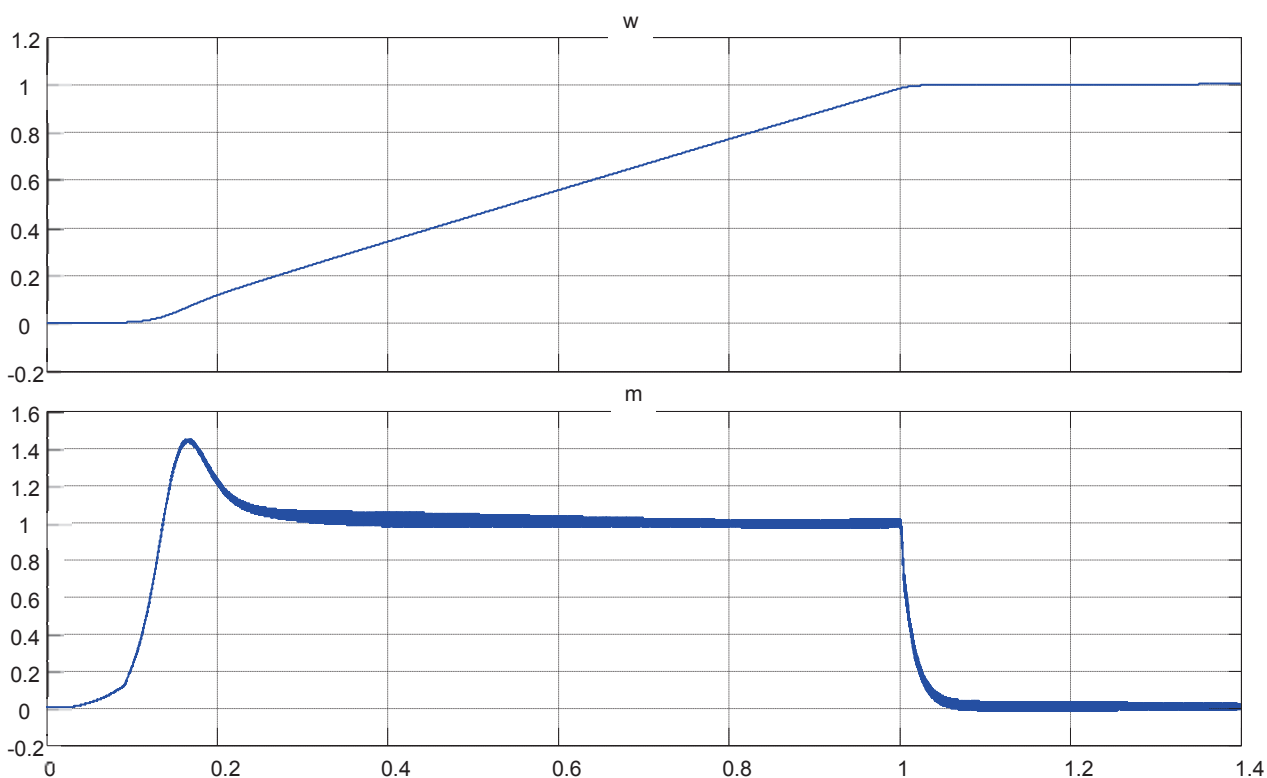


Рис. 21. Графики скорости и момента

Литература:

1. Емельянов, А. А., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Чернов М. В., Киряков Г. А., Габзалилов Э. Ф., Прокопьев К. В. Математическое моделирование САР скорости системы «АИН ШИМ — АД» с переменными $\Psi_T - I_s$ на основе интегрирующих звеньев // Молодой ученый. — 2015. — № 24. — с. 12–31.
2. Шрейнер, Р. Т. Системы подчиненного регулирования электроприводов: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер. — Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф. — пед. ун-т», 2008. — 279 с.
3. Шрейнер, Р. Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Кривовяз, С. И. Шилин. Под ред. проф. д. т. н. Р. Т. Шрейнера. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф. — пед. ун-т», 2008. — 361 с.
4. Шрейнер, Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. — Екатеринбург: УРО РАН, 2000. — 654 с.
5. Шрейнер, Р. Т. Электроприводы переменного тока на базе непосредственных преобразователей частоты с ШИМ: монография / Р. Т. Шрейнер, А. И. Калыгин, В. К. Кривовяз; под ред. Р. Т. Шрейнера. — Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф. — пед. ун-т», 2012. — 223 с.

Анализ спектральных характеристик сфигмограмм лучевой артерии при экстрасистолии

Кырмагенов Дмитрий Аюшеевич, инженер
Институт физического материаловедения СО РАН

Представлены результаты экспериментальных исследований частотных характеристик сфигмограмм лучевой артерии практически здорового человека и при наличии экстрасистолии с помощью спектральных методов с использованием автоматизированного пульсодиагностического комплекса.

Ключевые слова: пульсовая волна, экстрасистолия, спектральный анализ.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной смерти во всем мире: ни по какой другой причине ежегодно не умирает столько людей, сколько от ССЗ. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, в 2012 году от ССЗ умерло 17,5 миллиона человек, что составило 31% всех случаев смерти в мире. Из этого числа 7,4 миллиона человек умерли от ишемической болезни сердца и 6,7 миллиона человек в результате инсульта. Поэтому изучение и совершенствование методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний весьма актуальны.

Для оценки состояния сердечно-сосудистой системы применяются такие методы, как электрокардиография, эхокардиография, кинетокардиография, сфигмография, флелетонометрия, реография и др. В данной статье для изучения характеристик пульсовой волны применен один из этих методов — сфигмография, основанный на графической регистрации пульсовых колебаний стенки кровеносного сосуда. Для обработки и анализа сфигмограмм использовали спектральный анализ, а для исследования частотного состава было использовано быстрое преобразование Фурье [1–4]. Аналогичные исследования можно провести с помощью современных математических методов: вейвлет-анализа и преобразования Гильберта-Хуанга [5–8] и других, за исключением рассмотренного в [9] дифференциально-интегрального преобразования сигналов.

Целью работы является сравнительный анализ частотного спектра пульсовой волны лучевой артерии практически здорового человека и соответствующего частотного спектра обследуемого с наличием экстрасистолии.

Для получения исходных реализаций пульсовых сигналов в цифровой форме использовался автоматизированный пульсодиагностический комплекс (АПДК) [10], который позволяет регистрировать пульсовую волну с запястья руки человека с частотой дискретизации 200 Гц и обрабатывать данные на компьютере с помощью различных математических методов.

На рис. 1а представлена сфигмограмма лучевой артерии без экстрасистолии. На следующем рисунке (рис. 1б) — её амплитудный спектр. На рисунке 2а представлена сфигмограмма лучевой артерии обследуемого пациента с экстрасистолией. Как видно из рисунков, пульсовые сигналы по форме отличаются друг от друга.

Расчеты показали, что у пульсового сигнала с экстрасистолией (рис. 2б) частотный спектр пульсового сигнала существенным образом отличается от соответствующего спектра при отсутствии экстрасистолии (рис. 1б). Отличие заключается в том, что в случае наличия экстрасистолии наблюдается отсутствие четко выраженных гармоник на частотах, кратных основной частоте.

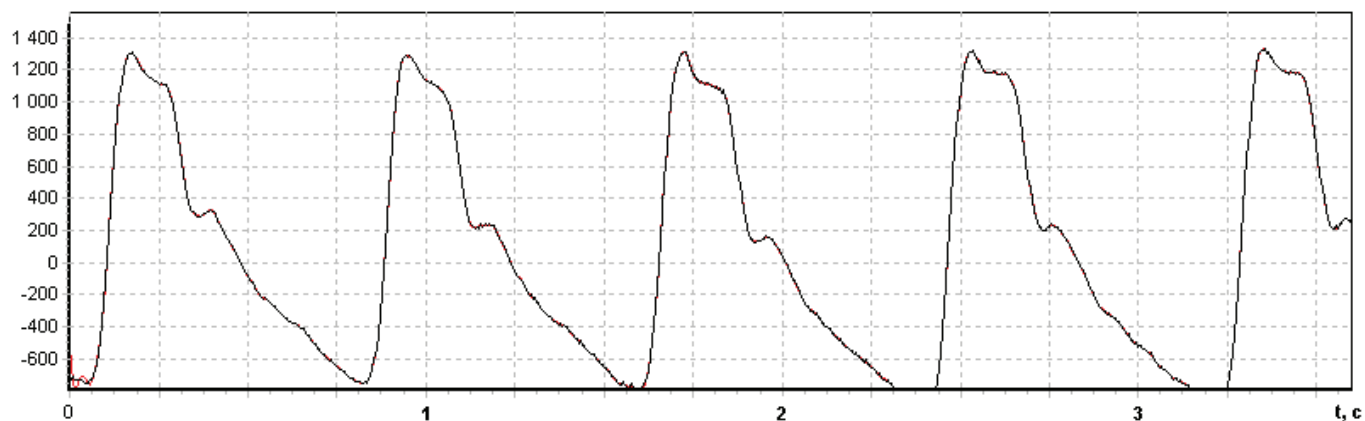


Рис.1 а. Пульсовая волна без экстрасистолии

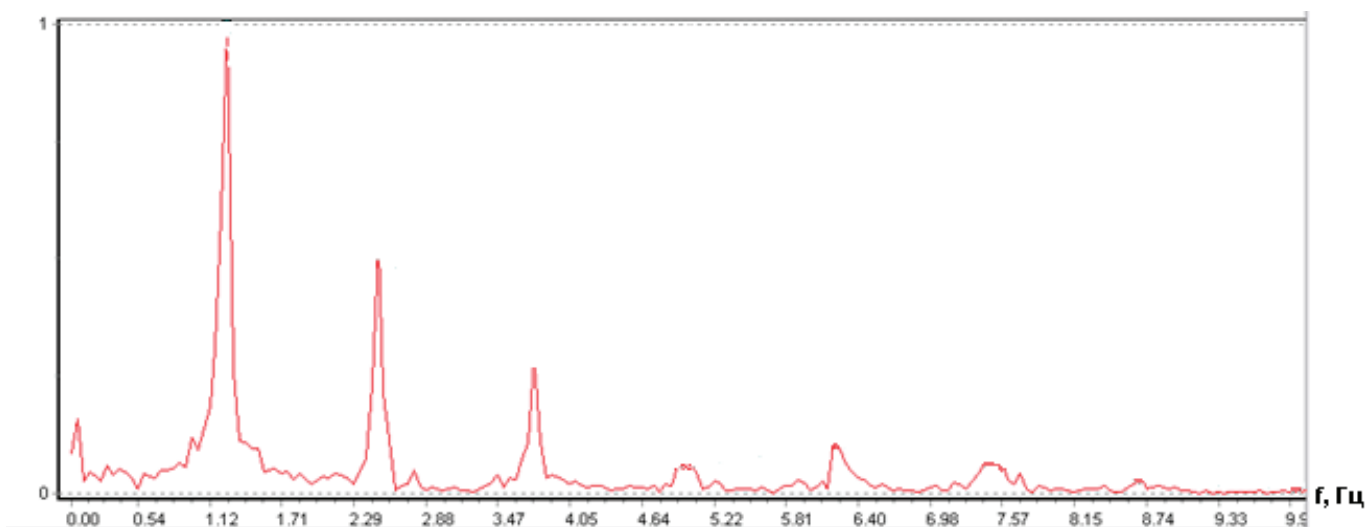


Рис. 1 б. Амплитудный спектр пульсовой волны без экстрасистолии

Ниже приведен пульсовый сигнал с экстрасистолией и её амплитудный спектр.

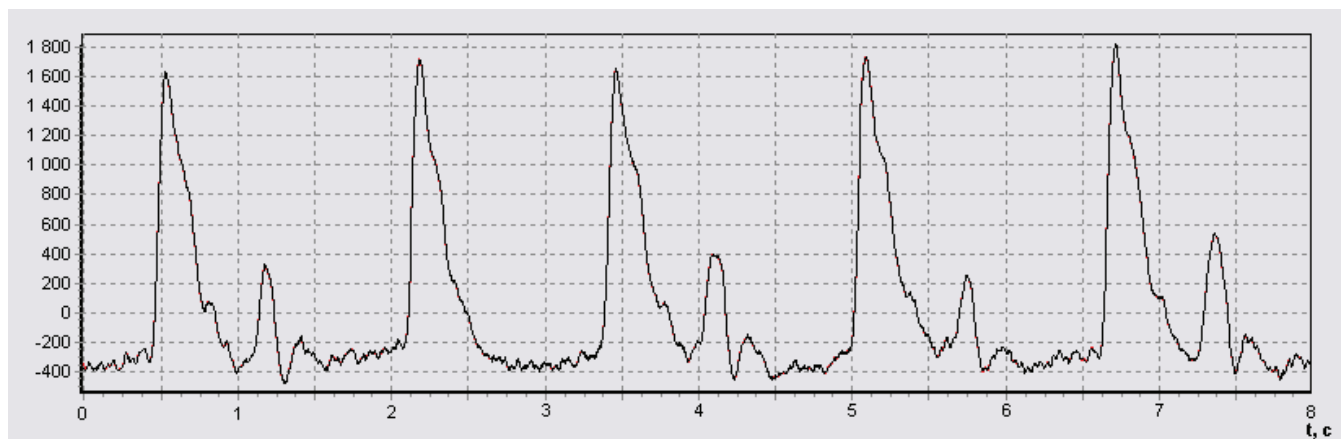


Рис. 2 а. Пульсовая волна с экстрасистолией

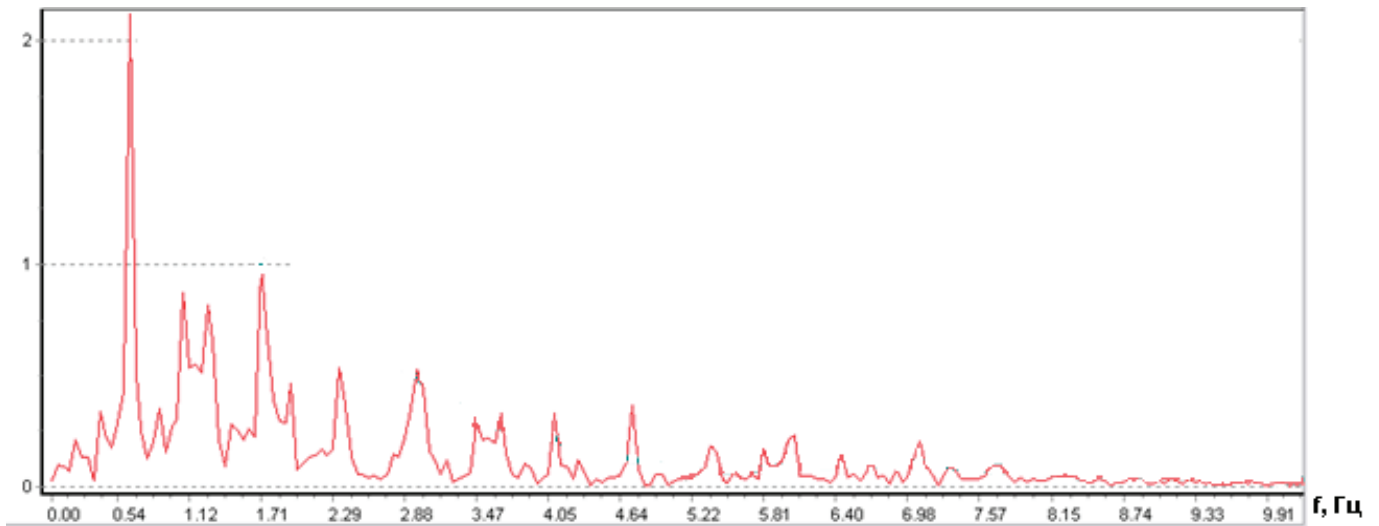


Рис. 26. Амплитудный спектр пульсовой волны с экстрасистолией

При сравнении отношений мощностей сигналов в диапазонах 0,6–8 и 8–15 получены следующие результаты:

	Сигнал с экстрасистолией	Сигнал без экстрасистолии
мощность сигнала в диапазоне 0,6–8 Гц.	581158	553152
мощность сигнала в диапазоне 8–15 Гц.	2636	1953
отношение мощностей в диапазонах 0,6–8 и 8–15 Гц.	220	283

Таким образом, пульсовые сигналы по форме и их частотные спектры при наличии экстрасистолии у обследуемых и ее отсутствии заметно отличаются друг от друга. Основное отличие заключается в том, что на частотном

спектре сигнала при наличии экстрасистолии сложно выявить гармоники, кратные основной частоте в отличие от спектров практически здорового человека.

Литература:

1. Бороноев, В. В., Павлов А. Е., Омпоков В. Д. Оценка уровня тренированности организма человека на основе спектрального анализа пульсовых сигналов // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 2. с. 13–16.
2. Бороноев, В. В., Гармаев Б. З., Цыдыпова Е. Д. Спектральные характеристики пульсового сигнала при нарушении гемодинамики // Журнал радиоэлектроники: электрон. журн. № 10. 2010. URL: http://jre.cplire.ru/jre/library/Ulan-Ude-2010/pdf/files/s2_34.pdf (дата обращения: 08.11.2010)
3. Бороноев, В. В., Гармаев Б. З., Омпоков В. Д. Корреляция спектральных и статистических характеристик пульсового сигнала при заболеваниях сердца // Вестник БГУ. 2012, Вып. 4, Серия «Химия, физика». с. 221–223.
4. Бороноев, В. В., Омпоков В. Д., Павлов А. Е.. Спектральный анализ variability сердечного ритма по пульсовой волне при нагрузочных пробах // Вестник БГУ. 2012, Вып. 4, Серия «Химия, физика». с. 223–226.
5. Boronoev, V. V., Garmayev B. Z. Wavelet-based Detection Method for Physiological Pressure Signal Components // Proceedings of International Conference on Computer Technologies in Physical and Engineering Applications (ICCTPEA), 2014 (<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6893256>)
6. Бороноев, В. В., Омпоков В. Д. Возможности преобразования Гильберта-Хуанга в задаче обработки и анализа биомедицинских сигналов // Биомедицинская радиоэлектроника. 2014. № 3. с. 40–44.
7. Boronoev, V. V.; Ompokov V. D. The Hilbert-Huang Transform for biomedical signals processing // Proceedings of International Conference on Computer Technologies in Physical and Engineering Applications (ICCTPEA), 2014 (<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=68932565>)

8. Бороноев, В. В., Гармаев Б. З. Исследование статистической модели информативных точек пульсовой волны // Вестник БГУ. 2012, Вып. 4, Серия «Химия, физика». с. 217–219.
9. Бороноев, В. В., Гармаев Б. З., Омпоков В. Д. Дифференциально-интегральные преобразования модельных сигналов // Радиотехника. 2015. № 3. с. 122–127.
10. V. V. Boronoyev. Pulse Wave Contour Analysis in Automated Mode // Biomedical Engineering, Vol.48, No. 4, 2014, pp. 209–213.

ХИМИЯ

Ионный состав природных вод Азербайджана

Гаджиева Севиндж Рафик кызы, доктор химических наук, профессор;

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук;

Исмаилова Нигяр Видади кызы, магистр;

Алиева Хумай Эльшан кызы, инженер-химик центральной лаборатории ЗАО «Азерсу»

Бакинский государственный университет

Происходящее в почвах процессы окисления органических веществ вызывают расход кислорода и выделение углекислоты, поэтому в воде при фильтрации её через почву возрастает содержание углекислоты, что приводит к обогащению природных вод карбонатами кальция, магния и железа, с образованием растворимых в воде кислых солей типа:



Бикарбонаты присутствуют почти во всех водах в тех или иных количествах. Большую роль в формировании химического состава воды играют подстилающие почву грунты, с которыми вода вступает в соприкосновение, фильтруясь и растворяя некоторые минералы. Особенно интенсивно обогащают воды осадочные породы, такие, как известняки, доломиты, мергели, гипс, каменная соль и др. В свою очередь почва и породы обладают способностью адсорбировать из природной воды некоторые ионы (например, Ca^{2+} , Mg^{2+}), замещая их эквивалентным количеством других ионов (Na^+ , K^+).

Подпочвенными водами легче всего растворяются хлориды и сульфаты натрия и магния, хлорид кальция. Силикатные и алюмосиликатные породы (граниты, кварцевые породы и т.д.) почти нерастворимы в воде и содержащей углекислоту и органические кислоты.

Наиболее распространенными в природных водах являются следующие ионы: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , H^+ .

Ион хлора присутствует почти во всех природных водоемах, причем его содержание меняется в очень широких пределах. Сульфат — ион также распространен повсеместно. Основным источником растворенных в воде сульфатов является гипс. В подземных водах с содержанием сульфат — иона обычно выше, чем в воде рек и озер. Из ионов щелочных металлов в природных водоемах в наибольших количествах находится ион натрия, который является характерным ионом сильноминерализованных вод.

Ионы кальция и магния в маломинерализованных водах занимают первое место. Основным источником ионов кальция является известняки, а магния — доломиты (MgCO_3 , CaCO_3). Лучшая растворимость сульфатов и карбонатов магния позволяет присутствовать ионам магния в природных водах в больших концентрациях, чем ионам кальция.

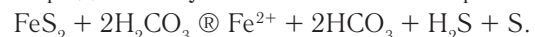
Ионы водорода в природной воде обусловлены диссоциацией угольной кислоты. Большинство природных вод имеют рН в пределах 6,5–8,5. Для поверхностных вод в связи с меньшим содержанием в них углекислоты рН обычно выше, чем для подземных.

Соединения азота в природной воде представлены ионами аммония, нитритными, нитратными ионами за счет разложения органических веществ животного и растительного происхождения. Ионы аммония, кроме того, попадают в водоемы со сточными промышленными водами.

Соединения железа очень часто встречаются в природных водах, причем переход железа в раствор может происходить под действием кислорода или кислот. Так например, при окислении весьма распространенного в породах пирита получается серноокисное железо:



а при действии угольной кислоты — карбонат железа:



Соединения кремния в природных водах могут быть в виде кремниевой кислоты. При $\text{pH} < 8$ кремниевая кислота находится практически в недиссоциированном виде; при $\text{pH} > 8$ кремниевая кислота присутствует совместно с HSiO_3^- , а при $\text{pH} > 11$ — только HSiO_3^- . Часть кремния находится в коллоидном состоянии, с частицами состава $\text{HSiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, а также в виде поликремниевой кислоты. В природных водах присутствуют также Al^{3+} , Mn^{2+} и другие катионы.

Помимо веществ ионного тапа природные воды содержат также газы и органические и грубодисперсные

взвеси. Наиболее распространенными в природных водах газами являются кислород и углекислый газ. Источником кислорода является атмосфера, углекислоты — биохимические процессы, происходящие в глубинных слоях земной коры, углекислота из атмосферы.

Из органических веществ, попадающих извне, следует отметить гуминовые вещества, вымываемые водой из гумусовых почв. Большая часть из них находится в коллоидном состоянии. В самих водоемах органические вещества непрерывно поступают в воду в результате отмирания различных водных организмов. При этом часть из них остается взвешенной в воде, а другая опускается на дно, где происходит их распад.

Грубодисперсные примеси, обуславливающие мутность природных вод, представляют собой вещества минерального и органического происхождения, смываемые с верхнего покрова земли дождями или талыми водами во время весенних паводков.

Влияние состава воды на здоровье населения

Здоровье населения находится в прямой зависимости от состава природных вод в источниках, из которых осуществляется регулярное водоснабжение данной территории.

Ежедневно употребляемые каждым человеком 1,5–2,5 литра воды не должны, в идеале, содержать никаких вредных примесей, вредно воздействующих на здоровье человека. В то же время, природные воды должны содержать достаточное количество микроэлементов, участвующих в обменных процессах человека. Так, например, пониженное содержание фтора в питьевой воде способствует разрушению зубной эмали и развитию стоматологической патологии. Недостаток йода, что характерно для нашего эндемичного в этом плане региона, вызывает заболевание щитовидной железы. Бактериальное загрязнение природных вод представляет собой опасность возникновения и распространения инфекционных заболеваний, включая особо опасные инфекции.

Содержание в природных водах солей тяжелых металлов, остатков нефтепродуктов и прочих вредных примесей может вызывать онкологическую патологию и множество других опасных болезней. Наиболее подвержено население почечно-каменной болезни, предопределяемой составом употребляемой воды. Методы очистки воды в нашем регионе, к сожалению, пока не совершенны.

Влияние компонентов химического состава питьевой воды на здоровье населения

Компонентный состав употребляемой нами питьевой воды весьма сложен и химически разнообразен.

Таблица 1

Компоненты состава воды	Необходимая суточная потребления, граммы	ПДК мг/л	Влияние на состояние здоровья населения при избыточном и недостаточном поступлении в организм и при превышении ПДК
Кальций	0,4–0,7	3,5	Недостаток — увеличение числа смертельных исходов при кардио-васкулярных заболеваниях (далее — КВЗ), увеличение тяжести рахита, остеомаляция, нарушение функционального состояния сердечной мышцы и процессов свертывания крови. Избыток — мочекаменная болезнь, нарушение состояния водно-солевого обмена, раннее обызвествление костей у детей, замедление роста скелета.
Магний	0,2–0,3	20	Недостаток — внезапная смерть младенцев, увеличение тяжести течения и числа неблагоприятных исходов КВЗ, нейро-мускулярные и психиатрические симптомы, тахикардия и фибрилляция сердечной мышцы, гипомagneзимия. Избыток — возможность развития синдромов дыхательных параличей и сердечной блокады, желудочно-кишечного тракта.
Медь	2–3	10	Недостаток — атеросклеротические заболевания кровеносных сосудов и сердца, анемия, гиперхолестеринемия. Избыток — наличие врожденных заболеваний, изменения водно-солевого и белкового обменов, окислительно-восстановительных реакций, течения беременности, идиопатическое снижение чувства вкуса и обоняния, гипер- и паракератоз.

Фтор	1,3–1,9	1,5	Недостаток — кариес. Избыток — флюороз, полиневриты, остеосклеротические изменения костей, артериальная гипотония.
Марганец	0,0015	0,1	Недостаток — снижение скорости роста, нарушения липидного обмена. Избыток — анемия, нарушения функционального состояния.
Кобальт	0,7– ⁵	0,1	Недостаток — заболевания системы крови, изменение морфологического состава крови, подавление иммунных и окислительно-восстановительных реакций. Избыток — нарушение функционального состояния ЦНС и щитовидной железы.
Селен	не уст.	-	Недостаток — увеличение детской смертности, развитие синдрома «болезнь белых мышц». Избыток — кариес, злокачественные новообразования.
Общее солесодержание	-	-	В зависимости от содержания основных солевых компонентов отмечена связь со смертностью от КВЗ; связь с заболеваниями сердечно-сосудистой, желудочно-кишечной и выделительной систем организма.
Алюминий	-	0,5	Нейротоксическое действие.
Барий	-	0,1	Воздействие на сердечно-сосудистую и кроветворную систему.
Бор	-	0,5	Снижение репродуктивной функции у мужчин, нарушение овариально-менструального цикла у женщин (ОМЦ), углеводного обмена, активности ферментов, раздражение ЖКТ.
Кадмий	-	0,001	Болезнь «итай-итай», увеличение КВЗ, почечной, онкологической заболеваемости (ОЗ), нарушения ОМЦ, течения беременности и родов, мертворождаемость, повреждение костной ткани.
Молибден	-	0,25	Увеличение КВЗ, заболеваемость подагрой, эндемическим зобом, нарушения ОМЦ.
Мышьяк	-	0,05	Нейротоксическое действие, поражение кожи, ОЗ.
Натрий	-	200	Гипертензия.
Никель	-	0,1	Поражение сердца, печени, ОЗ, кератит.
Нитраты, нитриты	-	45 33	Рак желудка, метгемоглобинемия.
Ртуть	-	0,0005	Нарушения функции почек, нервной системы.
Свинец	-	0,03	Поражение почек, нервной системы, кроветворных органов, КВЗ, авитаминозы С и В.
Стронций	-	7	Стронциевый рахит.
Хром	-	0,5	Нарушение функции печени и почек.
Цианиды	-	0,1	Поражение нервной системы, щитовидной железы.
Дибромхлор-метан	-	0,03	Мутагенное действие, ОЗ.
Тетрахлор-этилен	-	0,02	Мутагенное действие, ОЗ.
Бензол	-	0,5	Воздействие на печень и почки.
Бензапирен	-	0,000005	ОЗ
Пентахлор-фенол	-	0,01	ОЗ
Гексахлор-бензол	-	0,05	ОЗ
Железо	-	0,3	Аллергические реакции, болезни крови.
Сульфаты	-	500	Диарея, увеличение числа гипоацидных состояний.
Хлориды	-	350	Гипертензия.
Дихлорфенол	-	0,002	ОЗ
Трихлорфенол	-	0,004	ОЗ

Литература:

1. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. Под редакцией О. А. Юшманова М.: Агропромиздат, 1985
2. А. М. Никаноров Т. А. Хоружая, А. В. Жулидов Мониторинг качества вод: оценка токсичности
3. Ю. В. Новиков «Экология, окружающая среда и человек»

Обзор и сравнительная характеристика масел-теплоносителей, применяемых в России

Стахов Владимир Игоревич, студент;
Багдасаров Леонид Николаевич, кандидат технических наук, доцент;
Стахов Василий Игоревич, студент
Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина

Энергетика многих современных производственных процессов и основана на применении для передачи тепла жидких теплоносителей и рабочих сред со специфическими химическими, теплофизическими и реологическими свойствами. В целом ряде закрытых циркуляционных жидкостных систем успешно применяют нетоксичные нефтяные масла — теплоносители, отличающиеся достаточно высокой термической стабильностью и температурой самовоспламенения. Нефтяные масла — высокотемпературные теплоносители, работоспособные до 280–320 °С, представляют собой продукты глубокой переработки нефти, в которых благодаря технологическим особенностям процесса достигается высокое содержание ароматических углеводородов. Поэтому в обозначениях масел, как правило, включена аббревиатура АМТ (ароматизированное масло-теплоноситель), а следующая затем цифра указывает примерную предельно допустимую температуру длительного применения. Эти масла представляют собой смесь экстрактов селективной очистки нефтяных дистиллятных масел. Но экстракты, главным преимуществом которых является дешевизна, обладают и существенными недостатками — плохими низкотемпературными свойствами, повышенной коррозионной агрессивностью и способностью вызывать образование различных отложений внутри циркуляционной системы.

В последние годы в эксплуатации появились новые типы масел-теплоносителей, представляющие собой обычные нефтяные дистиллятные масла селективной очистки. Они лишены перечисленных выше недостатков.

На рынке представлены как российские, так и импортные масла-теплоносители. Масла выпускаются как нефтяные, так и синтетические, для эксплуатации как в закрытом (безвоздушном), так и в открытом (ванна, двойной котёл) контуре. Температурный диапазон использования различных теплоносителей варьируется от –115 °С до 410 °С. При подборе теплоносителя необходимо ориентироваться на рекомендуемые температурные диапазоны использования, чтобы они максимально соответствовали технологическим процессам производства.

Теплоносители служат длительный срок, если их эксплуатировать при нормальных условиях и температурах не выше рекомендуемых для каждого теплоносителя. Однако на практике срок годности жидкости зависит от многих факторов: наличие/отсутствие перепадов температуры в системе, равномерности нагрева различных частей системы, отсутствия соприкосновения с воздухом в камере расширения. В правильно сконструированной и работающей системе можно ожидать, что теплоноситель прослужит несколько лет.

Цель настоящей работы — сравнительные испытания масел-теплоносителей различного состава. В связи с этим в работе решаются следующие задачи:

- анализ работы современных закрытых циркуляционных систем обогрева;
- выбор методик лабораторных испытаний масел — теплоносителей;
- сравнительные испытания нефтяного масла-теплоносителя, производимого в ООО «ЛЛК-Интернешнл», и масел ряда ведущих производителей.

Рассмотрим применение закрытых циркуляционных систем нагрева. Системы, в которых используются масла-теплоносители:

Масляные термостаты и парогенераторы

В качестве теплоносителя в контурах термостатов используются различные масла. Максимальная рабочая температура термостатов достигает 300 °С. Термостаты разработаны для обеспечения заданной температуры пресс-форм и каландров и используются в различных промышленных процессах, в том числе при литье, в экструзии и ковке. В качестве теплоносителя в парогенераторах используется специальное масло-теплоноситель. Комбинированное использование масел в термомасляных системах парогенераторов представляет собой один из простых способов получения пара, необходимого для производства.

Воздухонагреватели

Во многих промышленных установках, где требуется горячий воздух, например в сушилках, надежным и эф-

фективным решением вопроса является использование воздухонагревателей с использованием масла-теплоносителя. Масло циркулирует в трубках, обдуваемых холодным воздухом. В результате теплообмена получается горячий воздух, который затем можно с легкостью использовать в промышленных системах. Наибольший объём потребления масел-теплоносителей приходится на термомасляные котлы и системы их использующие.

Термомасляные котлы

Масла-теплоносители используются в закрытых циркуляционных системах использующих. Использование масла в качестве теплоносителя для подвода тепловой энергии в различных технологических процессах в промышленности является более предпочтительным нагреву паром, так как позволяет получить высокие температуры при низких давлениях, что удешевляет стоимость основного оборудования. Вследствие высокой гибкости таких систем многие промышленные технологии, разработанные в последнее десятилетие (производство полиэфирных смол, синтетических смол, термопластических материалов и т.д.) используют масло при температурах до 340°C. Области применения термомасляных котлов: разогрев мазута в нефтехранилищах, получение тепла в промышленности, химические реакции, сушильные установки, горячее прессование, непрямоe производство пара.

Топливом для термомасляных котлов может быть: мазут, дизельное топливо, природный газ, пропан-бутан.

В качестве топлива в термомасляных котлах могут использоваться элементы биомассы — отходы деревообработки (опилки, стружка, щепа, кора) любой влажности, древесные пеллеты и гранулы, торф, отходы растениеводства (лузга гречихи, жмых и шелуха семечек подсолнечника, лоза хмеля и винограда, коробочки льна, солома и т.п.).

Теплоносительные установки

Термомасляные котлы находят применение преимущественно в промышленности, где они заменяют паровые котельные. Теплоносительные установки широко распространены в развитых странах, находят применение во всех областях энергетики. Везде, где требуется равномерный процесс нагрева при температурах до 450°C, в качестве теплоносителя установок вместо горячей воды или пара все шире применяют масла. Имеются следующие режимы: водогрейный режим для отопления и г.в.с., паровой режим для технологических нужд, с выработкой электроэнергии.

Термомасляная котельная

Термомасляная котельная или котельная термального масла — теплогенерирующая система использующая в качестве теплоносителя нефтяное или синтетическое масло. Термомасляная котельная позволяет при невысоком давлении в трубопроводах (около 6 бар) создавать рабочие температуры до 350°C. Области использования термомасляных котельных: пищевая промышленность (пекарни, производство кофе, производство

жиров и масел), бумажное и картонное производство, деревообработка (производство ДСП и ДВП, сушка дерева), металлопромышленность (печи сушки и окрашивания, гальванизация, удаление жиров), бетонная и строительная промышленность (печи термической обработки, нагрев бетона и смесей, сушка кирпичей), пластмассовая промышленность (печи термической обработки, печи для сушки, сушка туннель-прессов), химическая промышленность (нагрев жидкостей, емкостей, автоклавы).

Комплексы верхнего разогрева и слива темных нефтепродуктов

Комплексы предназначены для разогрева и слива темных нефтепродуктов (мазута), нефти, битумов из ж/д цистерн через верхний люк. В качестве теплоносителя используется специальное масло-теплоноситель. Нормы потребления масла зависят от мощности установки, объема расширительного бака, обогреваемой площади, условий эксплуатации и т.д. Нефтяной теплоноситель, при правильной эксплуатации системы служит до 10000 часов, синтетический в 5 раз дольше, обнаружение и мониторинг термической деструкции теплоносителя (возникает при превышении температур использования для данного теплоносителя), нетрудно осуществлять путем проведения периодического его анализа.

По данным исследования настоящей работы можно сделать следующие выводы:

1. Масла-теплоносители, изготовленные на основе очищенных масел, при 20°C значительно превосходят масла на основе экстрактов селективной очистки по теплоемкости (в среднем на 20–25%), и уступают по теплопроводности (на 5–6%). При работе циркуляционных систем обогрева очищенные масла-теплоносители более предпочтительны, поскольку имеют значительно меньшую испаряемость. У масла ЛУКОЙЛ ТЕРМО ОЙЛ этот показатель ниже других — 10,80% масс при 250°C.

2. С ростом температуры до 150°C у очищенных масел-теплоносителей теплоемкость растет. При этом теплоемкость масла ЛУКОЙЛ ТЕРМО ОЙЛ растет в наибольшей степени, что объясняется почти полным отсутствием ароматических углеводородов. Теплопроводность всех масел с ростом температуры до 150°C снижается и почти сравнивается.

3. После термического воздействия теплоемкость всех масел-теплоносителей возрастает вследствие испарения легких углеводородов.

4. По термической стабильности и воздействию на металлы масло-теплоноситель ЛУКОЙЛ ТЕРМО ОЙЛ превосходит как очищенные масла Mobiltherm 605 и Shell Heat Transfer oil S2, так и масла на основе экстрактов селективной очистки Башнефть АМТ-300 и Газпромнефть МТ-300 ом.

5. Идентичность химического состава масел ЛУКОЙЛ ТЕРМО ОЙЛ, Mobiltherm 605 и Shell Heat Transfer oil S2 позволяет сделать вывод о полной взаимозаменяемости масел, при добавлении в систему одного масла в другое возможно смешение этих масел в любых пропорциях без

существенных изменений в работе циркуляционных систем нагрева. Смешение масла ЛУКОЙЛ ТЕРМО ОЙЛ с теплоносителями на основе экстрактов селективной очистки масляных дистиллятов (типа АМТ-300) путем добавления в систему будет улучшать работу последней пропорционально объему добавления.

6. Опыт применения масел-теплоносителей Mobiltherm 605 и Shell Heat Transfer oil S2 позволяет рассчитывать, что при эксплуатации масла-теплоносителя ЛУКОЙЛ ТЕРМО ОЙЛ в циркуляционных системах с температурами нагрева выше 300°C срок службы масла без замены и пополнения системы составит не менее 5 лет.

Литература:

1. Лукомский, С. М. Высокотемпературные теплоносители и их применение. — М: Госэнергоиздат, 1956—56 с.
2. Стромберг, А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия. — М.: Высшая школа, 2001—527 с.
3. Даниэльс, Ф., Олберти Р. Физическая химия. Издание 4-е. — М.: «Мир», 1978 г. — 648 с.
4. Школьников, В. М. Справочник. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Издание 2-е. — М.: «Химия», 1999 г. — 601 с.
5. Манг, Т., Дрезель У. Смазки. Производство, применение, свойства. Справочник: пер. 2-го англ. изд. под ред. Школьников В. М. — СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. — 944 с.
6. Научно-технический отчет «Применение масел-теплоносителей». Кафедра «Термодинамика» МИНГ им. Губкина. 1987 г. — 78 с.
7. Научно-технический отчет «Сравнение тепловой эффективности различных систем нагрева в промышленности». Кафедра «Термодинамика» МИНГ им. Губкина. 1988 г. — 82 с.
8. Инструкция по эксплуатации циркуляционной системы нагрева анодной массы. Утверждена Главным инженером Красноярского алюминиевого завода 27 апреля 1990 года.

ИНФОРМАТИКА

Организация бухгалтерского учета основных средств в «ЕК АСУФР SAP R/3» ОАО «РЖД»

Авдеева Анжелика Васильевна, студент
Ростовский государственный университет путей сообщения

Ключевые слова: Единая корпоративная автоматизированная система управления финансами и ресурсами (ЕК АСУФР), система, SAP R/3, автоматизация, основные средства, основная запись.

В настоящее время в железнодорожной отрасли активно производится внедрение проекта ЕК АСУФР, основной задачей которой является создание автоматизированной системы управления, которая в совокупности охватывает сферы учета и отчетности. Основой функционирования данной системы служат специализированные вычислительные комплексы, в составе которых содержится высокопроизводительный сервер системы R/3, а также группа клиентов системы R/3. Они объединены в единую локальную сеть, которая, в свою очередь, является сегментом локальной сети ОАО «РЖД».

Основа производственно-хозяйственной деятельности любой организации состоит не только в использовании материальных, финансовых и трудовых ресурсов, но также и в использовании основных средств. Дело в том, что основные средства играют большую и незаменимую роль в трудовом процессе: они определяют производственную мощь предприятия, образуя в своей совокупности его производственно-техническую базу. Соответственно, важна и правильность, полнота, своевременность их учета, чему способствует высококачественная автоматизированная система управления. SAP R/3 — это бухгалтерская программа, являющаяся автоматизированной системой, которая позволяет планировать ресурсы крупных организаций, полностью и абсолютно точно рассчитывать все показатели, формировать единое информационное пространство.

Для начала рассмотрим значение ЕК АСУФР, а также систему SAP R/3, применяемую в качестве основного продукта, реализующего прикладную функциональность ЕК АСУФР.

Основной задачей Единой корпоративной автоматизированной системы управления финансами и ресурсами является единая и систематическая автоматизация деятельности объектов российских железных дорог, которая осуществляется в условиях единого процесса управления

финансово-хозяйственной деятельностью на основе комплексного и неделимого информационного пространства.

ЕК АСУФР — Единая корпоративная автоматизированная система управления финансами и ресурсами. [3]

Данная система создана согласно Концепции информатизации железнодорожного транспорта Российской Федерации и полностью охватывает инфраструктуру железных дорог нашей страны. Эта многофункциональная система управления позволяет не только отчетливо следить за системой финансового и бухгалтерского учета, выработать и поддерживать единую методологию учета, но и способствует интеграции и повышению эффективности координирования абсолютно всеми бизнес-процессами.

Специалисты ОАО «РЖД» посредством ЕК АСУФР в режиме реального времени контролируют основные показатели деятельности в финансовой области (осуществляют контроль денежных потоков, контроль над целевым использованием денежных средств, наличием запасов), в области имущества, материально технического снабжения.

ЕК АСУФР не имеет аналогов во всем мире, как по охвату, так и по объему операций.

С ее помощью имеется возможность объединения таких систем, как:

- технологические диспетчерско-регистрационные;
- анализа данных;
- поддержки принятия решений;
- хранения данных;
- управления финансами и ресурсами предприятия.

Основа ЕК АСУФР — это система управления предприятием фирмы SAP R/3 на всех уровнях управления отраслью. Благодаря чему обеспечивается и поддерживается необходимая открытость данной системы. Для учета и контроля над изменениями внешних условий функционирования Единой корпоративной автоматизированной

системой управления финансами и ресурсами, в составе R/3 содержатся средства настройки функционирования любой компоненты или внешних интерфейсов системы.

Система SAP R/3, применяемая в роли основного продукта, который реализует прикладную функциональность ЕК АСУФР, обеспечивает следующие функциональные преимущества:

1) R/3 применяют на всех уровнях, используют как для автоматизации отдельного предприятия или группы предприятий, так и для автоматизации управления денежными потоками в пределах многоуровневой корпорации. Что подтверждает универсальность системы.

2) R/3 имеет модульный принцип построения, что увеличивает функциональность ЕК АСУФР на каждом из уровней, а значит, в рамках единого комплекса решен вопрос интеграции задач управления.

3) Функции, реализованные средствами R/3, свободно и быстро приспосабливаются к увеличению количества объектов управления и рабочих мест пользователей ЕК АСУФР.

4) Посредством специальных функций системы R/3, можно способствовать непосредственному взаимодействию между ЕК АСУФР различных уровней, путем информационного объединения базы данных и исключения передачи данных с уровня на уровень через промежуточные структуры.

Система SAP R/3 — многофункциональна в своих областях (Учет и отчетность, Логистика и Персонал), а также во множестве модулей, на которые каждый из них подразделяется. К примеру, чтобы автоматизировать управление финансовой деятельности, существуют следующие прикладные модули системы SAP R/3: Финансы (FI), Производственное планирование (PP), Управление проектами (PS), Управление основными средствами (AM), Контроллинг (CO), Сбыт (SD), Управление материальными потоками (MM) и многие другие. Так, посредством множества модулей можно использовать не только отдельные компоненты данной системы, но и их различные комбинации. Кстати, все модули объединены между собой в режиме реального времени.

Обратим наше внимание на модуль «Управление основными средствами».

Что такое основные средства?

Основные средства состоят из стоимостного выражения средств труда и предметов производственного назначения. То есть, это основные фонды, которые постепенно переносят свою стоимость на выпускаемую продукцию частями и по мере износа, в течение нескольких производственных циклов. В отличие от оборотных средств, в производственном процессе основные средства используются многократно и не изменяют свою натурально-вещественную форму. Наряду с оборотными средствами, основные средства — это составляющий элемент уставного капитала организации, и, благодаря их эффективному использованию организация может регулировать результат своей хозяйственной деятельности.

Итак, рассматриваемый нами модуль «Управление основными средствами», позволяет вести управление и учет основных средств и включает в себя такие элементы, как например: замена основных средств, ремонт оборудования, техническое обслуживание, техническое управление основными средствами, амортизация основных средств, управление инвестициями, продажа активов и, собственно, традиционный бухгалтерский учет основных средств.

Рассмотрим подробнее как же на практике осуществляется организация учета основных средств в системе SAP R/3.

Известно, что внедрение финансово-экономической системы должно быть направлено на улучшение функционирования организации и обеспечение выживания в конкурентных условиях. Поэтому, чтобы добиться эффективного функционирования организации, повысить ее конкурентоспособность, необходим переход от классических и устоявшихся структур, ориентированных на функции, к более гибким и разносторонним формам, ориентированным на процессы. С помощью соответствующих инструментальных средств системы такой переход может быть осуществлен (для SAP R/3 — это «Бизнес-инжиниринг»). Способ настройки рассматриваемой системы является одним из показателей ее технического уровня: чем больше возможность настройки и конфигурирования системы без потребности в ее переписывании, тем выше технический уровень. Система SAP R/3 — конфигурируемая система, а это значит, что организация, которая ее приобретает, настраивает систему под свои параметры в соответствии со спецификой осуществляемой деятельности (то есть, будет работать с индивидуальной версией SAP R/3).

В соответствии с этим, речь пойдет о Единой Корпоративной Автоматизированной Системе Управления Финансами и Ресурсами ОАО «РЖД» на версии ECC 6.0, а конкретнее — о создании основной записи основного средства в SAP R/3.

Операция создания основной записи основного средства в данной системе осуществляется при вводе объектов основных средств в эксплуатацию. Данные, которые вносятся в основную запись, формируют инвентарную карточку основного средства. Вообще, процесс создания такой записи систематизирован и логически построен, что значительно облегчает учет и работу бухгалтеров в принципе.

При создании основной записи, не избежать использования справочников, формирующих бухгалтерскую и статистическую отчетность по основным средствам. Это такие как:

— Указатель инвентарных объектов (УИО), позволяющий провести классификацию объектов основных средств, определить срок полезного использования для целей бухгалтерского и налогового учета, амортизационную группу и код ОКОФ (Общероссийского классификатора основных фондов) и помогающий формировать отчетность с использованием этих классификаторов;

— ОКОФ — справочник, являющийся основным классификатором основных средств в РФ и помогающий формировать отчетность;

– ОКОСЖТ (Отраслевой классификатор основных средств железнодорожного транспорта), помогающий формировать отчетность в разрезе данного отраслевого классификатора;

– Справочник строк 6-жел: по форме 6-жел осуществляется разбивка основных средств по видам отрасли;

– Справочник видов собственности имущества: в системе SAP R/3 — это поле «Код собственности». Он указывает вид собственности объектов основных средств и классифицирует их для формирования Формы 5.

– Справочник льгот налога на имущество: в системе SAP R/3 — это поле «Код классификации»;

– Справочник видов деятельности основных средств;

– Справочник материально ответственных лиц;

– Справочник по амортизационным группам.

При сохранении в системе основного средства, автоматически ему будет присвоен номер основного средства (диапазон номеров определяется для каждого класса основных средств).

Итак, для создания основной записи основного средства из транзакции Z00ATDS4 «Меню бухгалтера по учету основных средств» проделаем следующий путь: выбираем в меню пункт: «Основное средство» и далее — «Создать». После чего на экране появится окно: «Создание основного средства: Экран запроса» (рис.1), в котором в вертикальном порядке будет представлена группа полей для обязательного заполнения пользователем:

Рис. 1. Окно «Создание основного средства: Экран запроса»

Рассмотрим значения этих полей.

Класс Основных Средств: необходимо определить класс основного средства (его можно найти в таблице «Соответствие классов ОС счетам Главной книги»);

БЕ: указать номер балансовой единицы (дело в том, что рассматриваемая структура ОАО «РЖД» осуществляет ведение бухгалтерского учета в одной балансовой единице);

Число одинаковых Основных Средств;

Группа полей «Образец»: заполняют в случае, если основная запись основного средства создается по образцу.

Окончив заполнение полей, необходимо подтвердить внесенные данные, нажав кнопку «ENTER», которая в системе выглядит следующим образом (рис.2):



Рис. 2. Кнопка «ENTER»

Далее на экране высветится следующая группа полей для заполнения, содержащая три основных раздела:

Первый — «Общие данные», включающий, в свою очередь, поля: Название, Текст основной номер основ-

ного средства, Выбор счета, Серийный, Инвентарный, Номенклатурный и Сетевой номер основного средства, Количество и Дата ввода в ОАО «РЖД»;

Второй — «Инвентаризация»: Дата последней инвентаризации и Ссылка;

Третий — «Информация о проводках».

После подтверждения данных появится окно «Указатель инвентарных объектов» (рис 3):

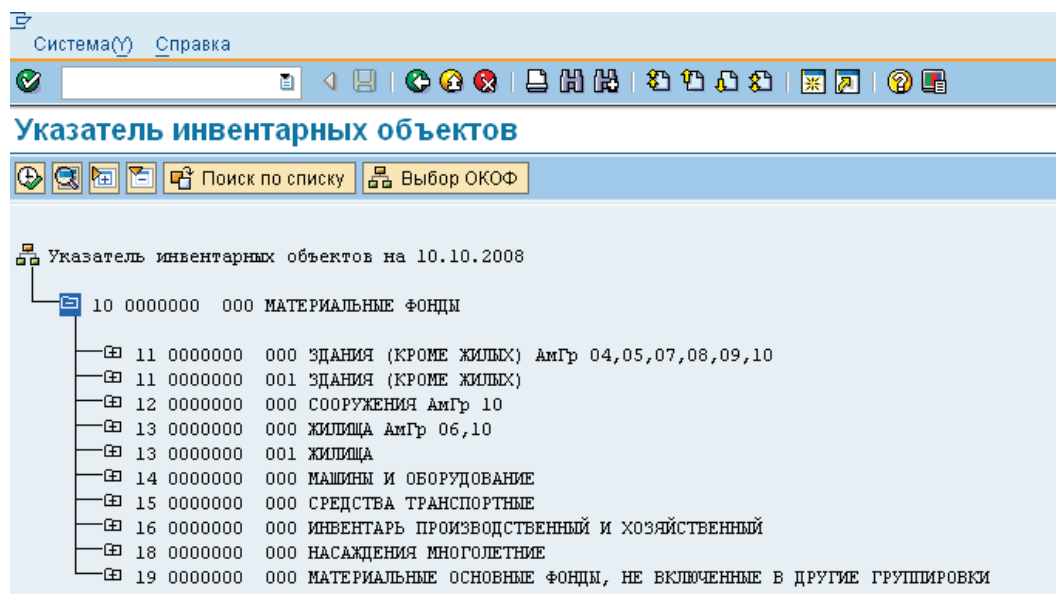


Рис. 3. Окно «Указатель инвентарных объектов»

Таким образом, на практике мы можем наблюдать тот факт, что при создании основной записи в системе SAP R/3 обязательно необходимо использовать справочники, формирующие бухгалтерскую и статистическую отчетность по основным средствам. Так, на данной стадии каждой создаваемой основной записи основного средства присваиваем позицию справочника Указателя инвентарных объектов либо ОКОФ (на рис. 3 они отображены в виде иерархической структуры). Различить их несложно: позиции справочника ОКОФ имеют последние 3 цифры кода равные «000», а справочника Указателя инвентарных объектов — отличные от «000». И, соответственно, если выбор нужно сделать из справочника ОКОФ, то дополнительно следует указать амортизационную группу. Далее, при заполнении групп полей основных данных, в обязательном порядке будут использоваться справочники, о которых в данной статье ранее было сказано.

Как в системе SAP R/3 осуществляется ведение справочников?

Для этого рассмотрим один из справочников — «Налоговые инспекции»: он предназначен для обобщения информации о налоговых инспекциях, на территории которых могут находиться объекты основных средств. В системе имеется окошко «Список налоговых инспекций», где таблица содержит шесть столбцов, имеющих названия соответственно:

1 — «Текст», в котором содержится код причины постановки на учет БЕ (КПП БЕ) в налоговой инспекции на территории которой находится имущество Балансовой Единицы;

2 — «ИМНС» — наименование налоговых инспекций;

3 — «Код налоговой инспекции»;

4 — «ОКАТО» (код территории, на котором находится объект основного средства);

5 — Область;

6 — «Город/ Населенный пункт»;

7 — «Район».

Количество строк в таблице зависит от количества налоговых инспекций на территории нахождения объектов основных средств.

Отметим, что помимо создания основной записи, в системе возможно выполнение массы операций при учете объектов основных средств. Это: просмотр, изменение, блокирование, удаление основной записи основного средства; массовое изменение полей основной записи; массовая активация/деактивация признака «ОС остановлено» и некоторых других.

После создания основной записи основного средства, ее просмотр, изменение или блокирование можно производить, войдя в ту же самую транзакцию Z00ATDS4 «Меню бухгалтера по учёту основных средств». При просмотре данные основной записи основного средства не изменяются, а при изменении основной записи данные можно изменить. В случае удаления основной записи основного средства войти нужно в транзакцию Z00ATDS4 «Типовое рабочее меню бухгалтера по основным средствам». Удаление произвести возможно, только если на основном средстве нет значений, а также если по нему не было движений. Если в стандартной карточке основного средства (основной записи основного средства) не предусмотрены дополнительные поля Инвентарной карточки (например, закладки: перео-

ценка, амортизация, драгоценные металлы и т.д.), то их можно заполнить.

Путь по меню бухгалтера при выполнении всех операций довольно прост. Изобразим его в форме наглядной схемы (рис. 4)

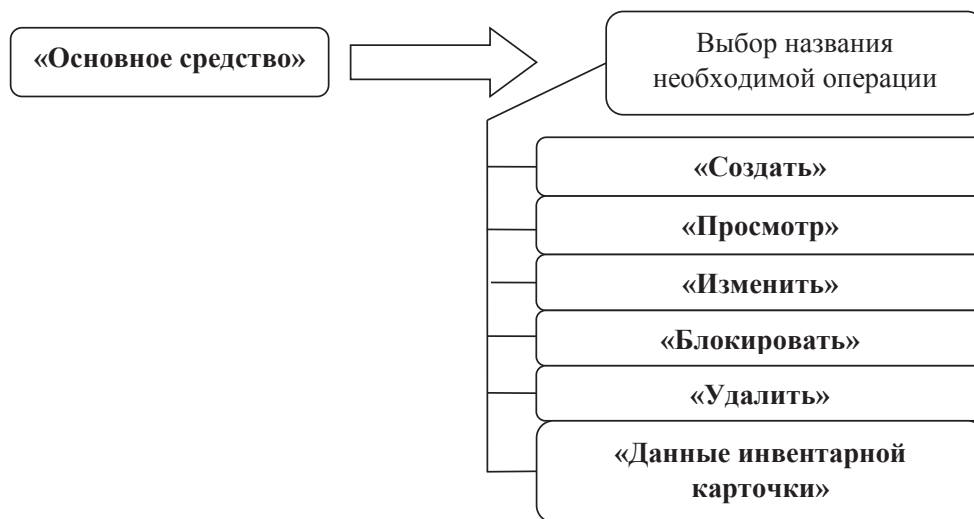


Рис. 4

Выводы

Таким образом, система SAP обеспечивает средства для стратегического управления и анализа результатов производства и деятельности организации. Она предоставляет возможность полной функциональности для единого и систематического управления всей деятельностью организации, объединяя при этом процессы производства, сбыта, управления, планирования, взаимодействия с поставщиками и подрядчиками и финансовый учет

в комплексную цепочку. Соответственно, широкий спектр функций системы SAP R/3 указывает на ее способность решать основные задачи, которые необходимо решить даже самым крупным организациям.

Данная система обеспечивает правильность, надежность, своевременность, полноту организации учета основных средств. Систематизированная организация учета в системе позволяет избежать неполноты внесения данных, что не допустит искажения финансового результата организации или крупной корпорации.

Литература:

1. Керимов, В. Э. Бухгалтерский учет: учебник для бакалавров / В. Э. Керимов. — 6-е изд., изм. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2014. — 192 с.
2. Операционная инструкция «Основная запись Основного средства» / Типовая система ЕК АСУФР 6.0 (ТДС/ТФС ЕК АСУФР 6.0) / А. Н. Филин — Зам. Генерального директора ООО «ОЦРВ». — 122 с.
3. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://dic.academic.ru>

Применение современных технологий обучения для дисциплины «Разработка клиент-серверных приложений»

Допира Рита Ивановна, старший преподаватель;
Попова Надежда Викторовна, старший преподаватель;
Базикова Карлыгаш Манаповна, старший преподаватель
Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова (Казахстан)

В статье рассмотрены инновационные технологии обучения, применяемые при подготовке студентов информационного профиля. В результате применения данных технологий преподаватель, выступая консультантом, помогающим студентам реализовать выбранную образовательную траекторию, учит студентов самостоятельно изучать, анализировать, систематизировать, оценивать полученные знания и применять их в профессиональной деятельности.

Ключевые слова: разработка приложений, современные технологии обучения, таксономия Блума, Case-study

Развитие информационных и сетевых технологий диктуют новые форматы передачи и хранения знаний. Уникальные изменения в технологиях и методологиях обучения за последние пять лет предназначены для применения информационных технологий в профессиональной деятельности преподавателя. Сейчас учебный процесс больше должен быть направлен на яркость представления учебного материала и его скомпанованность в блоки, так как современная молодежь привыкла усваивать материал блоками, что связано с её большим интересом к информации, полученной через Интернет. Возможности Интернета так же обусловили изменения в направлении выбора акцентов в обучении. Так, сегодня преподаватель не является единственным источником знаний и информации, да и представить такой объём информации, который может предоставить Интернет не реально за отведённые учебные часы. Сегодня преподаватель в первую очередь должен научить студента эффективно выполнять отбор информации, правильно её систематизировать в зависимости от текущего положения вещей и всегда помнить о практическом её применении и не только в разрезе изучаемой дисциплины.

Дисциплина для специальности 5В060200 — «Информатика» «Разработка клиент-серверных приложений» изучается на четвертом курсе и относится к элективным дисциплинам. Пререквизитами дисциплины являются «Web-дизайн», «Программирование», «Базы данных и информационные системы». Учебно методический комплекс дисциплины «Разработка клиент-серверных приложений» разработан с использованием современных подходов и методов, улучшающих качество преподавания, используются стратегии, инструменты и образовательные технологии для обеспечения эффективности учебного процесса и учебных достижений студентов, предоставляются инновационные подходы в обучении, претворяющие в реальность переход от концепции «передачи готовых знаний» к концепции «образование-становление». По-

этому дисциплина предназначена для синтеза теоретических знаний и приобретения практических умений в разработке приложений. Ожидаемые результаты изучения дисциплины:

1. знания:
 - особенностей разработки приложений с помощью среды Visual Studio
 - теоретических основ языка программирования C#
 - возможностей платформы Microsoft.Net Framework для разработки и выполнения программ;
2. умения: разрабатывать, внедрять и тестировать клиент-серверное приложение;
3. навыки:
 - использования современных инструментальных средств и технологий программирования
 - определения требований к разрабатываемому приложению.

При проведении лекционных занятий используются опережающие задания для определения начального уровня знаний; ассоциогаммы, нацеленные на определение основных понятий дисциплины; написание эссе на тему «Мой первый опыт создания приложения»; рефлексия (ответ на вопросы о том, что на лекционном занятии понравилось, что нет, и что хотелось бы узнать подробнее). Используется метод Колба — теория, согласно которой весь процесс обучения и освоения информации у взрослых обучаемых состоит из четырех ступеней: непосредственный конкретный опыт, рефлексивное наблюдение, теоретическое обобщение и эксперимент. Для демонстрации примеров были записаны видеоролики программой видеозахвата экрана монитора HyperCam, отредактированы и сконвертированы в программе Freemake Video Converter. Контроль и оценка результатов обучения студентов осуществляется тестированием, используя программу разработки тестов Free Quiz Marker. Эта программа позволяет создавать всевозможные тесты (открытого, закрытого типа, с множественным выбором, на соответствие).

Для закрепления теоретического материала студентам на практических занятиях выдаются индивидуальные задания. В качестве методических рекомендаций используются скринкасты. Цели практических

занятий определены с применением таксономии Блума. На рисунке представлена пирамида Блума, для занятия по теме «Основные понятия языка программирования C#».

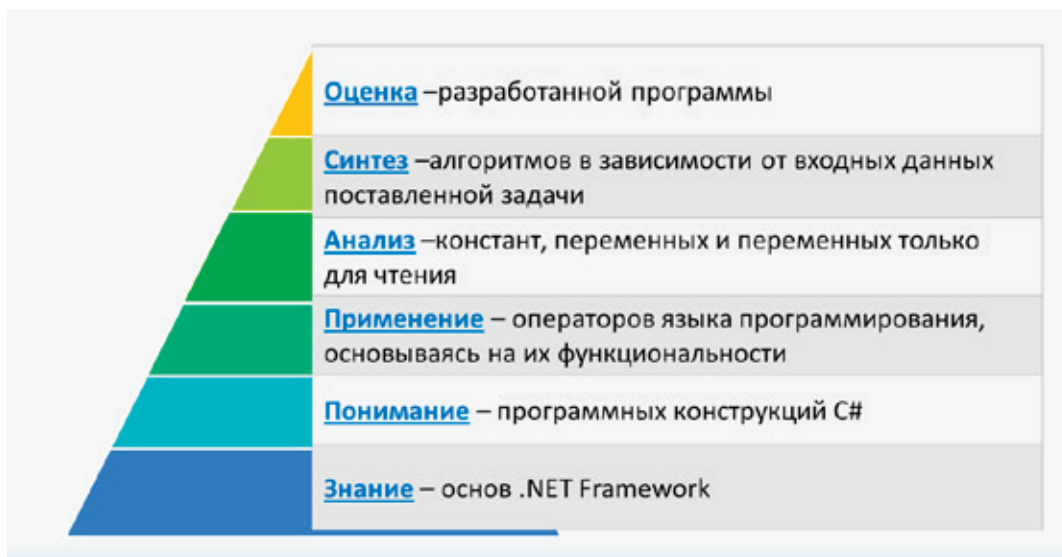


Рис. 1. Цель практического занятия

В таблице 1 приведены контрольные вопросы:

Таблица 1

Знание	Перечислите характеристики переменных. Назовите операторы выбора, являющиеся эквивалентом тернарной операции «?:». В какой кодировке хранятся символьные (char) переменные в C#?
Понимание	Объясните программные конструкции в C#. Опишите области видимости переменной. Почему сначала нужно присвоить значение переменной, а потом её использовать?
Применение	Выполните явное преобразование типов данных. Опишите функции которые можно применить для преобразования к строковому типу. Примените операторы цикла
Анализ	Определите эффективность оператора цикла. Выявите сходство и различие операторов цикла. Обоснуйте выбор оператора блока case
Синтез	Подумайте и предложите способы оптимизации решения задачи Предложите свой альтернативный метод решения поставленной задачи. Обоснуйте выбор методов описания массива
Оценка	Оцените методы описания массивов. Выберите функции для преобразования данных к строковому типу. Оцените эффективность использованного алгоритма

Все студенты ознакомлены с критериями оценивания практического занятия, приведенными в таблице 2:

Таблица 2

Критерии	Балл
Отсутствие понимания алгоритма решения задачи, была попытка составить программу	1
Программа реализации алгоритма составлена, но при компиляции выдает ошибки, отсутствует конечный результат	2

Программа имеет конечный результат в соответствии с алгоритмом, но студент затрудняется в объяснении и ответах на вопросы	3
Студент может объяснить постановку задачи, алгоритм решения задачи, интерфейс приложения не обрабатывает ошибки	4
Студент может объяснить постановку задачи и алгоритм решения, интерфейс приложения содержит диалоговые окна, программный код оптимизирован	5

Многофункциональный метод обучения Case-study применяется на практических занятиях и СРСП. Приведем один пример разработанного кейса:

Вид кейса — практический

Метод — панельная дискуссия

Форма — групповая

Цель: Разработать информационно-справочную систему «Магазин» с использованием технологии доступа к данным ADO.NET и Microsoft SQL Server

Ситуация: Вручную вести учет наличия товара и следить за продажей по различным категориям является очень трудоемкой работой, особенно в крупных магазинах. В связи с этим возникает необходимость создания автоматизированной системы для учета товаров и выполнения операций над ними. Необходимо разработать информационно-справочную систему для среднего по величине магазина.

Рекомендации: Студенты разбиваются на группы и рассматривают проблему.

Вопросы, на которые должны опираться студенты при нахождении решения:

1. Проанализируйте модель базы данных и интерфейс информационной системы, в соответствии с информационными потоками.

2. Выберите структуру базы данных, которая, по Вашему мнению, является самой эффективной.

3. Подумайте и предложите способы оптимизации схемы базы данных.

4. Опишите объекты интерфейса информационной системы.

5. В чем сходство и различие объектов реализации интерфейса?

6. Оформите отчет (3–5 страниц), включающий схему базы данных и описание интерфейса информационной системы.

Критерии и параметры оценивания Case-study представлены в таблице 3.

Таблица 3

Критерии	Баллы
Созданы таблицы для ИС	5
Разработана схема базы данных с связями между таблицами	8
При разработке БД используется нормализация отношений, тип данных определен эффективно	10
Модель интерфейса ИС разработана с учетом структуры БД	12
Определены свойства объектов для модели интерфейса ИС	15
Разработана техническая документация к ИС и создан отчет по работе в группе	+3
Активность	+2
Максимальный балл	20

Современные информационные технологии обучения нацеливают преподавателя на использование передовых подходов к учебному процессу, направленному на расширение интеллектуального уровня студентов, ориентирующего думать критически и творчески. В результате применения данных технологий достигаются поставленные

цели и ожидаемые результаты изучаемой дисциплины. Тем самым, преподаватель, выступая консультантом, помогающим студентам реализовать выбранную образовательную траекторию, учит студентов самостоятельно изучать, анализировать, систематизировать, оценивать полученные знания и применять их в профессиональной деятельности

Литература:

1. Допира, Р. И., Попова Н. В., Базикова К. М. Проектирование и реализация информационной системы «Семейный бюджет» при изучении дисциплины «Разработка клиент-серверных приложений». Вестник Карагандинского университета. Серия Математика. № 2 (78) / 2015, стр. 43–48.
2. Лазарева, И. Н. Таксономический подход в проектировании личностно ориентированного интеллектуально-развивающего обучения. Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. Выпуск № 94 / 2009, стр. 130–136.
3. Савельева, М. Г. Педагогические кейсы: конструирование и использование в процессе обучения и оценки компетенций студентов: Учебно-методическое пособие/ Ижевск, УдГУ, 2013.

Research remedies against illegal copying and cracking software

Кариева Матлубахон Ахмаджоновна, старший преподаватель
Наманганский инженерно-педагогический институт

Karieva Matlubaxon Ahmadjonovna, Senior Lecturer
Namangan Engineering Pedagogical Institute

This scientific paper arising the problems from the information security software products. They also considered ways to effectively protect software manufacturers on the region.

Despite all the efforts of various organizations in recent years, continued growth of software piracy. Almost half the world is used nonlinear software — these are the results of the industry association research Business Software Alliance. On average, the proportion of pirated software globally was 47%, almost half of copies of the program are to a sense stolen from the manufacturer and are deprived of its profits.

The most common form of piracy: the illegal installation of the software on multiple PCs. The annual economic impact of the IT industry from piracy worldwide was \$ 59 billion.

Such an impressive amount of force to reflect on the correct choice of protection against hacking and copying software. The software product with a well-thought-out protection system achieves the desired level of sales, and for a long time kept on the market, which in turn increases profits for the manufacturer.

It is difficult to give an accurate description of the concept of «protection», as it is too broadly interpreted, and involves almost all aspects of information security.

Consider the basic requirements that can be presented to the modern system of protection:

- Protection to be a large margin of safety. To address the high level of «pirates», able to resist their onslaught long time;
- If possible, do not get attached to your computer hardware as a PC does not have a thing in itself, and its individual components can and should be replaced as aging;
- If possible, do not use for the protection of expensive additional hardware devices, which only increases the cost of protection, and consequently, the final product;
- It must be based on the original principles of protection against hacking. An indication of the criterion is the fact that the defense has not yet been hacked or compromised, but in all possible ways;
- Do not interfere with the free copy of the protected data (to prohibit only unauthorized running, that is copied copier, but not executed);
- Finally, the cost of protection for the developer and the buyer should be related to the cost of the program

Protection against penetration and copying can be arranged in different ways, given that the program can not be used inexpensive way to protect yourself. We know that it is absolutely reliable protection does not happen, but the system chosen must provide company-developer to handicap

in time, while «Pirates» does not learn to open the product, although there are still security system, burglary which has not yet been carried out due to the complexity of calculations and blur protection.

Also, protection can be effective if it is in a constant state of development. If developers protect track hacker forums and make conclusions about the holes of their own systems. This approach can significantly extend the life of the protection system.

With the release of the software (a game or corporate) it may be that the broken version will be available on the market even before the full release (which often happens). This fate regard virtually all software products, whether they are reserved or not in a special way.

What happens? The manufacturer is deprived of their profits. If we talk about Western companies, they still get their profit from the legal sector, and piracy for them, of course noticeable, but not fatal. However, in our region, we get the complete bankruptcy, because no one will buy legitimate software, when there is the same the price considerably fewer.

What will make the effective protection of software product?

Firstly, uncrackable protection will significantly reduce prices for their own products from software manufacturers, that is, to make sure that it would not be profitable to invest in hacking software from pirates. A user would not make sense to look for a broken copy of the software.

Secondly, sustained protection allows manufacturers to guarantee the return on investment. In simple terms, if the protection is opened for 4–5 months, the manufacturer can sell enough copies of their product to cover all the costs of development and production and profit. And if a new version of the product comes in 7–8 months, commercial success can be repeated indefinitely.

In other words, an inexpensive and effective protection will help software companies in a return on investment. Also interesting is the aspect of how to manage sales, in which the possible individual approach to each client.

Another effective way to combat piracy is the economic method. This is when the price of the product is so low that can be compared to the price of broken product sold by pirates. In most cases, if the price is about the same, the buyer prefers licensed product than a pirate. Nevertheless, the eco-

conomic competition with piracy, it is very heavy and is not for all software vendors. Such manufacturers (and most of them) refer to a method of software protection against hacking and illegal copying.

Good protection delivers the most trouble pirates and, ultimately, lead by software companies to the desired goal.

In conclusion we can say that piracy can be controlled in various ways. The main probably still be legitimate. That is hacking and illegal distribution of software must be properly disclosed in the relevant laws, and the state should prosecute the pirates and bring them to justice. But our country is still in a stage of development in this area and have much to do.

References:

1. ANVAROV, ALISHER. «CREATION OF EDUCATION NETWORK AMONG THE INSTITUTIONS OF THE FERGHANA VALLEY». CHINA SHANGHAI university scientific journal 1.10 (2005): pages-37.
2. Anvarov, Alisher. «The Education System of Uzbekistan (focus on Uzbekistan's educational system)». JCLL Guest Colloquium — Fall 2012, Jacobs University Bremen. Vol. 11. No. 5. Jacobs University Bremen, JCLL Guest Colloquium, 2012.
3. Anvarov A. Role of the international cooperation in high education development //Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. — 2015. — Т. 1. — № . № 1–22015. — с. 72–74
4. Anvarov A. Learning Resources and Professional Development at Namangan Engineering Pedagogical Institute // YoungScientistUSA. — 2015. — Т. 3. — № . ISBN 978–1–329–40658–2. — с. 54–56.
5. Anvarov A. Role of the international cooperation in high education development //Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. — 2015. — Т. 1. — № . № 1–22015. — с. 72–74
6. Anvarov A. Recommendations on self-cognition and self development for ensuring spiritual development of students University //Austrian Journal of Humanities and Social Sciences 2015 January-February. — 2015. — Т. 1. — № . 1–2. — с. 74–75.

Развитие мирового и отечественного производства железа прямого восстановления

Кириченко Илья Сергеевич, инженер-исследователь
Алексахин Александр Викторович, кандидат экономических наук, доцент
Национальный исследовательский технологический университет (МИСИС)

Рассмотрено современное состояние и тенденции мирового и российского производства железа прямого восстановления, а также проблемы транспортного обеспечения поставок данной продукции. Сопоставлены положительные свойства железа прямого восстановления металлургических процессов по сравнению с ломом черных металлов и чугуном.

Ключевые слова: *железо прямого восстановления, тенденции, транспортировка.*

Применение технологий по производству железа прямого восстановления в основном в виде металлизированных окатышей DRI (Direct Reduced Iron) и горячебрикетированного железа HBI (Hot Briquetted Iron) как и несколько десятилетий назад, считается одним из самых перспективных направлений для эффективного развития мировой металлургии [1].

Электроплавка, технология которой основана на использовании в составе шихты первородных материалов, позволяет получать сталь той же чистоты по содержанию азота и цветных металлов, что и в кислородном конвертере [2, 3]. Но применение в шихте электродуговых печей первородных материалов существенно влияет на стоимость сходного сырья, которая составляет до 65% стоимости произведенной стали. Шихтовые материалы с ис-

пользованием железа прямого восстановления, чугуна должны выбираться не только на основе рыночных цен и издержек на их переработку, но и с учетом качества получаемого металла [4,5]. Проблемы возможного дефицита качественного лома и высокие цены, а также стремление производителей сортового и тем более плоского проката повысить качество металлопродукции заставляют вести поиск заменителей лома, таких как железо прямого восстановления, карбид железа и передельный чугун.

Металлизированные железорудные окатыши, или железо прямого восстановления (DRI), играют все более важную роль в развитии мировой сталеплавильной промышленности. Еще с 1980-х гг. началось широкое распространение этого процесса, когда в горно-металлургическом комплексе широкое применение получило распростра-

нение природного газа, который идеально подошел для прямого восстановления железной руды. Кроме того, помимо природного газа, в процессе прямого восстановления железа оказалось возможным использование продуктов газификации углей, попутного газа нефтедобычи и другого топлива-восстановителя. Технологические изменения, происшедшие в 1990-е гг., позволили значительно снизить капиталоемкость различных процессов прямого восстановления железа, в результате чего произошел новый скачок в производстве продукции DRI, который продолжается до сих пор.

По итогам 2010 г. мировое производство прямовосстановленного железа достигло максимальной величины за свою историю — 71 млн. т. Доля мирового потребления прямовосстановленного железа составляет 5% от общего объема ресурсов (1,6 млрд. т) для производства стали. Согласно ожиданиям ведущей компании разработчика технологий Midrex, в ближайшие 15–20 лет мировое производство DRI может удвоиться благодаря доступности природного газа, росту штрафных санкций и ограничений в отношении грязных металлургических технологий.

В связи с мировым кризисом выпуск DRI железа в январе-июле 2015 текущего года снизился на 23,8% по сравнению с прошлым годом — до 35,913 млн. т., и по

итогах года мировое производство ожидается на уровне 62–64 млн. тонн.

В региональном плане это снижение выглядит следующим образом. Производство DRI в наибольшей степени уменьшилось в Мексике, Аргентине и Индии. В Мексике оно сократилось на 5,1% до 3,349 млн. т, в Аргентине — на 4,1% до 595 тыс. т, в Индии — на 5,8% до 11,139 млн. т. В тоже время в ряде стран оно увеличилось. В Венесуэле выпуск поднялся на 11,6% до 843 тыс. т, в ЮАР — на 9,6% до 957 тыс. т, в ОАЭ — на 21,9% до 1,837 млн. т. В Иране он вырос на 5,8% до 8,627 млн. т, в Египте — на 8,8% до 1,963 млн. т.

Известно, что использование DRI или HBI при выплавке стали в электродуговых печах позволяет производить наиболее высококачественный, чистый по вредным примесям металл, пригодный для использования не только в стандартных отраслях промышленности, но и также в областях, где применяются высокие технологии. В основных процессах получения DRI-HBI достигается не только низкое содержание серы и фосфора (приходящих из угля и кокса), но и других примесей, таких как медь, свинец, цинк, характерных для переработки лома. Качество стали из DRI получается очень высоким (Табл. 1) [6].

Таблица 1. Измерение уровней содержания в электростали остаточных элементов (Cu, Cr, Ni) и азота в зависимости от доли добавки в металлошихту электродуговой печи чугуна или железа прямого восстановления

Показатель	Изменение количества электростали в зависимости от доли (%) в металлошихте чугуна или железа прямого восстановления				
	0	25	50	75	100
Суммарное содержание (Cr, Ni, Cu),%	0,28–0,45	0,22–0,35	0,15–0,26	0,07–0,15	0,03–0,1
Содержание азота, ppm	80–116	55–80	40–60	20–35	10–20

В связи с принятием концепции устойчивого развития рециклингу вторичных металлов уделяется все большее внимание [7, 8]. Степень рециклинга черных металлов в индустриально развитых странах мира достигает значений 0,4–0,42, т.е. значительная доля железа возвращается для повторного использования в новом оборудовании, конструкциях и прочее. Однажды добытое в виде железной руды, железо, как химический элемент в современном мире многократно используется, прежде чем окончательно превратится в ржавчину или же окажется на свалке.

К сожалению, имеющиеся в ломе включения цветных металлов — меди, цинка, хрома и др., когда они попадают в плавку металлургической печи на современном этапе развития технологии, не могут быть удалены из сплава полностью. Инородные атомы цветных металлов нарушают правильную структуру стали и снижают ее прочностные характеристики, особенно пластичность.

Выделение цветных металлов из заготавливаемого первичного смесового лома приходится осуществлять еще до плавки, путем вырезки таких включений — меха-

нической или огневой [9, 10]. Однако полностью очистить смесовой лом от цветных металлов не удастся. Соответственно активно проявляется в последнее десятилетие тенденция ухудшения качества лома [11, 12]. Кроме того, в России годовые объемы заготовки лома в виду кризиса падают [12, 13]. Поэтому для производства качественных сталей возрастает потребность в чистом железосодержащем сырье [14, 15].

Все эффективные методы прямого восстановления фактически используют единственный процесс: богатое железорудное сырье (мелкий концентрат или окатыши) восстанавливается специальной газовой смесью до содержания железа 85–90%. [16].

Именно поэтому основное производство железа прямого восстановления главным образом сосредоточено в странах, обладающих запасами природного газа и железной руды, большими запасами нефти (попутного газа), а также ограничены в запасах металлолома. Такие производства сосредоточены в странах Латинской Америки, Ближнего и Среднего Востока. Одним из существенных недостатков DRI является окисляемость при перевозках.

Поэтому в мире продается только 20–25% всего производимого DRI. Остальное используется в собственном производстве преимущественно в горячем виде.

DRI, продаваемый на мировом товарном рынке, для улучшения его транспортабельности и многократного снижения окисляемости подвергается технологической операции, в ходе которой создается на внешней поверхности оксидная пленка, препятствующая дальнейшему окислению [17].

Горячбрикетированное железо является наиболее дорогостоящим товаром. Благодаря брикетированию и упрочнению внешнего поверхностного слоя ГБЖ обладает наилучшей транспортабельностью, безопасностью при перегрузках и перевозках различными видами транспорта. Потенциально DRI и ГБЖ может быть использовано на любых рынках, где производится сталь.

На сегодняшний день в мире широко распространена технология компании Midrex, состоящая из доизмельчения и окомкования исходной руды с последующим упрочняющим обжигом окисленных окатышей. Сегодня по технологии Midrex производится около 60% от общего производства железа прямого восстановления во многих странах мира.

Среди крупных предприятий, использующих технологию Midrex, российский Оскольский ЭМК, который с 1983–1987 построил и запустил четыре модуля с производительностью около 1,7 млн. т. в год металлизированных окатышей DRI.

По иной технологии получения горячбрикетированного железа HYL/Energiron работает российский Лебединский ГОК. Еще 1999 г. он запустил в эксплуатацию модуль по производству HBI мощностью 0.9 млн. т в год, а в 2007 г. Лебединский ГОК запустил еще один модуль по этой же технологии 1,4 млн. т в год. В настоящее время производственная мощность ЛГОКа составляет 2,4 миллиона тонн в год.

Если рассматривать мировой рынок то крупнейшими производителями продукции DRI являются Индия, Иран, Россия Венесуэла, и Мексика на долю которых приходится около 70% всего производства в мире. Эти страны также являются производителями чугуна. Из зарубежных стран только Индия и Иран обладают запасами железной руды и газа и именно в этих странах DRI развивался быстрее, чем производство чугуна.

Из вышеуказанных лидером в части выпуска DRI и его аналогов является Индия, которая по-прежнему далека от избытка газа (в т.ч. попутного, сланцевого или сжиженного). Эта страна чаще использует не газовые, а упрощенные угольные технологии, выпуская более половины продукции весьма нестабильного и низкого качества. Развивающаяся Индия имеет до 45% электросталеплавильного производства от всего объема производственных стальных мощностей. При этом в стране небольшие ресурсы металлического лома, и малые ресурсы коксующихся углей. Но Индия богата высококачественной железной рудой и имеет большие запасы бурового угля, который газифицирует. В прочем Россия и Китай, как и Индия, обладают также природным газом, запасами железных руд и имеют значительные перспективы в развитии DRI.

Однако для России есть ряд факторов мешающих резкому скачку в производстве DRI. Во-первых, Россия на сегодняшний момент полностью обеспечена ломом, который по себестоимости дешевле DRI. Кроме того, российский опыт использования DRI в электропечах показывает более высокую эффективность лома, по сравнению с DRI из-за того, что DRI содержит значительное количество неметаллической фазы. Ввиду этого, увеличивается расход электроэнергии на производство 1 т стали. (Рис.1) [6].

DRI будет востребован в РФ повсеместно, когда количество сильно загрязненного лома превысит критическую

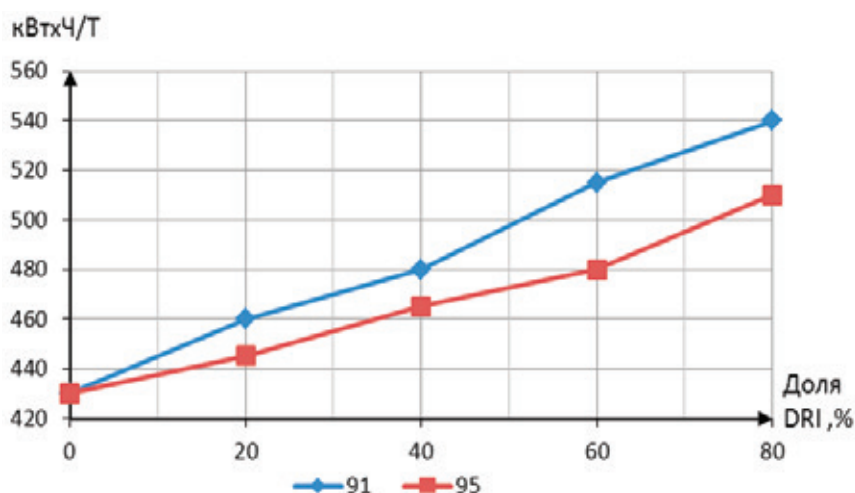


Рис. 1. Сравнительное измерение расхода электроэнергии при электродуговой плавке и различной доли губчатого железа в металлошихте, при металлизации 91% и 95%

отметку и необходимо будет его разбавлять чистым компонентом.

Во-вторых, почему может быть востребован DRI в России — это если его цена будет ниже лома. Последние данные показывают, что запасы лома довольно существенны, но в ближайшем будущем Россия будет испытывать дефицит лома.

В настоящее время использование DRI в России имеет региональный аспект. Предприятия по производству окатышей потребляют много природного газа, который в данной технологии является источником углерода, как восстановителя железа. Тем самым на 1 т произведенной стали снижается потребность в поставках металлургического угля и кокса. Соответственно, металлургические комбинаты Юга и Центра европейской части страны, которые из-за исчерпания, в основном, запасов донбасских качественных металлургических углей вынуждены работать на угольном сырье Кузбасса в большей мере заинтересованы в окатышах. Для Оскольского ЭМК окатыши являются основным железосодержащим сырьем, производимым из местной богатой железной руды КМА.

Принятый курс стран ЕС на снижение зависимости Западной Европы от трубопроводных поставок природного газа из России позволил в последние годы выделять большие объемы газа для отечественной металлургии. В пересчете на 1 т восстановителя прокачка газа по имеющимся трубопроводам экономичнее дальних железнодорожных перевозок металлургических углей Кузбасса.

В связи ростом производства природного газа на о. Сахалин и его шельфе, а также успешного строительства газопровода Сахалин — Хабаровск — Дальний Восток только в последнее пятилетие возникла уникальная возможность формирования нового Дальневосточного металлургического кластера. До настоящего времени единственный в регионе Амурский металлургический завод производил сталь исключительно путем переплавки лома черных металлов.

Крупнейшая золотопромышленная группа России Петропавловск несколько лет поэтапно реализует проект Дальневосточного металлургического комбината (ДВМК), в состав которого войдет производство гранулированного чугуна по инновационной японской технологии ITmk3 (Iron Technology Mark 3), а также 3 новых собственных карьера для добычи железной руды. Первый Олекминский ГОК в Амурской области в 30 км от БАМа уже вступил в строй. В 2013 году здесь было произведено 1 млн. тонн железорудного концентрата, а также более 150 тыс тонн ильменитового концентрата. В Еврейской автономной области к концу 2015 года введена в эксплуатацию обогатительная фабрика на новом Кимкано-Сутарском ГОКе, который будет разрабатывать одноименное железорудное месторождение с запасами 764 млн. тонн руды. В 2014 году на этом месторождении добыто 3,4 млн. т руды, а когда ГОК выйдет на проектные показатели добыча железной руды составит не менее 10 млн. т в год.

На третьем Гаринском ГОКе в настоящее время ведутся подготовительные и вскрышные работы. Данный объект включен в “Программу развития Дальнего Востока”.

Производственная мощность первой очереди ДВМК, который будет строиться после ввода ГОКов, по проекту составляет до 1 млн. т железа прямого восстановления в год, или гранулированного чугуна. Договор с Амурским металлургическим заводом предусматривает поставку всей продукции первой очереди российскому производителю.

Всего в России выпускается порядка 5 млн. т железа прямого восстановления в год.

Китай значительно наращивает сталеплавильные мощности, но развивает в первую очередь конверторное производство, где используется чугун и металлолом. DRI может быть использован в металлургии Китая, но цена его должна быть на уровне металлолома. При этом необходимо учитывать, что Китай в перспективе будет использовать свой собственный лом и его будет там достаточно. В настоящий момент Китай производит в электропечах около 54 млн. т стали в год и конечно для продукта DRI место найдется всегда, но какая будет его рыночная цена.

Свежий твердый металлизированный продукт обладает склонностью к вторичному окислению. Окисление свежее восстановленного губчатого железа может развиваться очень бурно. Выделение тепла при окислении и разогрев массы металлизированного материала приводит к самовозгоранию. Случаи серьезных пожаров имели место при транспортировке окатышей как в мировой, так и в отечественной практике.

Вторичное окисление связано с наличием избыточной поверхностной энергией металлизированного материала (или губчатого железа), которая обусловлена высокой пористостью кусков данного материала. Рост температуры восстановления в производственной технологической установке с 400 до 1000°C приводит к уменьшению свободной поверхности кусков губчатого железа на 2,5–3 порядка с соответствующим увеличением температуры самовозгорания, связи с этим охлаждение губчатого железа в воде или воздухе неприемлемо.

Охлаждение окатышей на воздухе, кроме рисков самовозгорания, вызывает уменьшение степени металлизации с 97 до 85% и ухудшение технико-экономических результатов сталеплавильного процесса. Поэтому, по одному из базовых вариантов, ведут технологический процесс в агрегате с контролируемой газовой средой, состоящей из смеси кислорода и азота с образованием на поверхности защитной оксидной пленки. При низкотемпературном окислении свежее восстановленного железа при < 570°C почти вся окалина (защитная пленка) состоит из Fe_3O_4 и только сверху образуется тонкий слой Fe_2O_3 . При этом скорость окисления связана преимущественно со скоростью роста слоя Fe_3O_4 . При > 570°C основной окисленный слой состоит из FeO и только тонкий наружный слой — из Fe_3O_4 и Fe_2O_3 [18].

В мировой практике DRI (окатыши) выпускаются двух групп. Окатыши первой группы производят для внутреннего потребления металлургических комбинатов полного цикла. Такие окатыши передаются в другие цеха металлургического завода. В качестве товарного продукта для производства стали для внутреннего или же внешнего рынка окатыши выпускают второй группы — с прочной оксидной пленкой, защищающей от дальнейшего окисления материал окатыша внутри него [19].

Перевозка окатышей морем и перевалка в морских портах считаются наиболее опасными транспортными процессами, ибо брызги и морские туманы содержат много влаги и загрязнены ионами химических элементов, взаимодействующими с защитной окислительной пленкой окатыша.

Мировая морская практика неоднократно фиксировала случаи самовозгорания окатышей и пожары в трюмах судов, которые в большинстве своем удавалось подавлять благодаря действию эффективных судовых систем пожа-

ротушения и героическим действиям экипажей. Ввиду этого, перевозка окатышей по схеме "от двери-до двери" требует применения взаимосвязанных транспортных технологий на всем пути следования, а также специализированных мер, обеспечивающих безопасность [20].

При транспортировке товарных партий окатышей определенного химсостава ряд производителей применяют стальные крупнотоннажные или мягкие контейнеры [21,22]. Контейнер на всем пути следования значительно лучше защищает груз от внешних условий, осадков и от попадания извне инородных частиц с загрязненным воздухом [23, 24].

Горячбрикетированное железо в транспортном отношении наиболее безопасно, так при брикетировании происходит существенное уплотнение внешней поверхности, однако как продукт более высокой степени переработки оно имеет и более высокую стоимость на мировых рынках.

Несмотря на экономический кризис железо прямого восстановления остается востребованным на мировом рынке.

Литература:

1. Цвик, Г., Сандовал И., Браун У., Фархади А. Постоянное совершенствование технологии прямого восстановления железа // Черные металлы. 2006. № 5. с. 17–20.
2. Сёмин, А.Е., Смирнов Н.А. От лома до качественной стали // Электromеталлургия. 2008. № 5. с. 44–46.
3. Кириченко, И.С., Лернер В.К., Сипаро К.А. Тенденции экспорта российского чугуна // Молодой ученый. 2015. № 23. (103) с. 155–160.
4. Семин, А.Е., Шевцов Н.А. Использование жидкого чугуна при производстве электростали // Электromеталлургия. 2009. № 1. с. 2–8.
5. Супрун, В.Н., Семин А.Е. Плавление лома и предъявляемые к нему требования // Рынок вторичных металлов. 2007. № 2. с. 24.
6. Супрун, И.В. Мини-заводы: плюсы и минусы // Рынок вторичных металлов. 2004. № 5. с. 15–17.
7. Кириченко, С.А. Тенденции экспорта российского лома // Национальная металлургия. 2002. № 5. с. 23–27.
8. Гагарский, Э.А., Кириченко И.С. Концепция устойчивого развития и новые подходы в сфере рециклинга металлов и техногенного сырья // Вторичные металлы. 2013. № 3. с. 34.
9. Кириченко, С.А., Кириченко И.С. Морской экспорт лома // Вторичные металлы. 2012. № 4. с. 35.
10. Кириченко, И.С. Экспорт лома в I полугодии // Вторичные металлы. 2012. № 5. с. 38.
11. Кириченко, С.А., Кириченко А.С. Упущенные возможности при морском экспорте лома // Вторичные металлы. 2009. № 6. с. 21.
12. Кириченко, И.С. Экспорт лома черных металлов в 2012 году // Вторичные металлы. 2013. № 2. с. 37.
13. Кириченко, А.С., Сипаро К.А., Букин А.В. Экспорт черного лома и проблемы обеспечения морских перевозок // Вторичные металлы. 2014. № 5. с. 20.
14. Чижиков, А.Г., Семин А.Е., Черноусов П.И. Среднесрочный прогноз ситуации на рынке черных металлов // Вторичные металлы. 2011. № 6. с. 29.
15. Чижиков, А.Г., Черноусов П.И., Чижикова И.И. Сырьевая безопасность предприятий черной металлургии РФ // Вторичные металлы. 2010. № 5. с. 32.
16. Боковиков, Б.А., Горбачев В.А., Евстюгин С.Н., Клейн В.И., Кутузов А.А. Углерод как восстановитель при производстве частично металлизированных окатышей // Сталь. 2014. № 8. с. 28–29.
17. Тлеугабдулов, С.М., Степанов А.Т., Киекбаев Е.Е., Черный Н.В. Новые способы производства окатышей из железнорудного концентрата Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного производственного объединения // Металлург. 2009. № 11. с. 32–33.
18. Маерчак, Ш. Производство окатышей./ Пер. со словац. — М.: Металлургия. 1982. — 232с.: ил.
19. Гудим, Ю.А., Голубев А.А., Овчинников С.Г., Зинуров И.Ю. Перспективная технология производства стали с использованием лома и металлизированного сырья // Металлург. 2009. № 4. с. 32–35.
20. Гагарский, Э.А., Кириченко С.А., Полянцев Ю.Д., Дугин Г.С. Транспортно-технологические системы на основе укрупненных грузовых единиц — главный фактор энергоэффективного инновационного развития транспорта // Интегрированная логистика. 2013. № 6. с. 33–37.

21. Гагарский, Э. А., Кириченко С. А. Зарубежный и отечественный опыт перевозок наливных, насыпных и навалочных грузов в универсальных контейнерах на принципах логистики // Транспорт: наука, техника, управление. 2009. № 12. с. 26–29.
22. Кириченко, С. А., Кириченко А. С. Антикризисная контейнеризация // Вторичные металлы. 2009. № 3. с. 70.
23. Гагарский, Э. А., Кириченко, С. А., Кириченко, А. С. Контейнеризация в ферросплавной промышленности // Бюллетень транспортной информации. 2011. № 5. с. 3–6.
24. Гагарский, Э. А., Кириченко С. А., Полянцев Ю. Д., Дугин Г. С. Укрупненные грузовые единицы в транспортно-технологических системах — главный фактор энергоэффективного развития транспорта // Транспорт: наука, техника, управление. 2015. № 1. с. 68–70.

Методика изучения тестирования циклов студентами бакалавриата в рамках дисциплины «Тестирование программного обеспечения»

Полевщиков Иван Сергеевич, аспирант, ассистент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Дисциплина «Тестирование программного обеспечения», изучаемая студентами бакалавриата, обучающимися по направлению «Программная инженерия», является очень важной, поскольку тестирование представляет собой один из этапов жизненного цикла разработки программного обеспечения и необходимую составляющую поддержки качества программного обеспечения [1–7].

В ходе одной из лабораторных работ студент должен научиться производить тестирование программного обеспечения, используя подходы к тестированию циклов. Рассмотрим некоторые особенности разработанного методического пособия по данной теме.

В разделе «Краткие теоретические сведения» методического пособия представлена необходимая теория, посвященная данному способу тестирования, сопровождаемая примерами. Известно, что цикл представляет собой одну из основных составляющих при построении алгоритмов в программном обеспечении [1, 8]. В процессе тестирования циклов существенную роль играет правильная конструкция циклов. Поэтому в пособии по данной теме основное внимание уделяется специфике тестирования основных конструкций циклов: простых, вложенных, объединенных, неструктурированных [1].

Далее приведем фрагмент содержания этого раздела, а именно детальный пример тестирования программы.

Протестируем программу с вложенными циклами. Необходимо вычислить среднее арифметическое элементов трехмерного массива.

Текст программы, написанной на языке Pascal, представлен на рис. 1.

Используем методику тестирования вложенных циклов. Простой цикл будем тестировать на минимальных и максимальных значениях параметра цикла. Работу начнем с внутреннего цикла (параметр цикла — k), затем перейдем к среднему (параметр цикла — j), а завершим — внешним циклом (параметр цикла — i).

Таким образом, разработаны следующие тестовые варианты:

Тестовый вариант **ТВ1**:

Исходные данные (ИД): Количество итераций равно: $m = 1, n = 1, p = 1$.

Ожидаемый результат (ОЖ.РЕЗ.): Среднее арифметическое элементов массива равно элементу $a[1,1,1]$.

Тестовый вариант **ТВ2**:

ИД: Количество итераций равно: $m = 1, n = 1, p = 5$.

ОЖ.РЕЗ.: Среднее арифметическое элементов мас-

$$\text{сива равно } \frac{\sum_{k=1}^5 a[1,1,k]}{5}.$$

Тестовый вариант **ТВ3**:

ИД: Количество итераций равно: $m = 1, n = 5, p = 3$.

ОЖ.РЕЗ.: Среднее арифметическое элементов мас-

$$\text{сива равно } \frac{\sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^3 a[1,j,k]}{15}.$$

Тестовый вариант **ТВ4**:

ИД: Количество итераций равно: $m = 5, n = 3, p = 2$.

ОЖ.РЕЗ.: Среднее арифметическое элементов мас-

$$\text{сива равно } \frac{\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^2 a[i,j,k]}{30}.$$

Далее реальные результаты каждого тестового варианта необходимо сравнить с ожидаемыми результатами.

Сравнение реальных результатов с ожидаемыми для ТВ1:

$m=1$

$n=1$

$p=1$


```

var a : array [1..5, 1..5, 1..5] of integer;
sred : real;
i,j,k,m,n,p : integer;
begin
sred:=0;
randomize;
write ('m=');
readln(m);
write ('n=');
readln(n);
write ('p=');
readln(p);
writeln('Массив:');
for i:=1 to m do
begin
for j:=1 to n do
begin
for k:=1 to p do
begin
a[i,j,k]:=random(100)-50;
write(a[i,j,k]:4);
sred:=sred + a[i,j,k];
end;
writeln;
end;
writeln;
end;
sred:=sred/(m*n*p);
writeln('Среднее арифметическое: ', sred:5:2);
end.

```

Рис. 1. Текст программы на языке Pascal

Массив:	n=3
-19	p=2
	Массив:
Среднее арифметическое: -19.00	26 16
Результат удовлетворяет ожидаемому.	-41 17
Сравнение реальных результатов с ожидаемыми для ТВ2:	46 -10
m=1	10 -35
n=1	-37 -3
p=5	-17 9
Массив:	
-7 0 2 -32 -1	40 39
	12 -45
Среднее арифметическое: -7.60	-39 14
Результат удовлетворяет ожидаемому.	
Сравнение реальных результатов с ожидаемыми для ТВ3:	14 48
m=1	6 -36
n=5	34 23
p=3	21 -46
Массив:	-18 -41
-37 45 -1	5 -45
9 43 28	
-13 -40 6	
0 -28 18	
-41 4 -30	
	Среднее арифметическое: -1.10
Среднее арифметическое: -2.47	Результат удовлетворяет ожидаемому.
Результат удовлетворяет ожидаемому.	Таким образом, в разработанном методическом пособии в компактном виде изложена необходимая теория, посвященная основным понятиям и формулам, связанным с тестированием циклов, снабженная достаточным количеством примеров. Изучив «Краткие теоретические сведения» методического пособия, студенты приступают к самостоятельному решению подобных задач.
Сравнение реальных результатов с ожидаемыми для ТВ4:	
m=5	

Литература:

1. Орлов, С. А., Цилькер Б. Я. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2012. 608 с.
2. Файзрахманов, Р. А., Мурзакаев Р. Т., Брюханова А. А. Командная разработка и непрерывная интеграция в системах автоматизированного проектирования фигурного раскроя // Научное обозрение. 2015. № 1. с. 95–101.
3. Темичев, А. А., Файзрахманов Р. А. Аналитический обзор средств автоматизации тестирования производительности применительно к системам мониторинга // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2015. № 3 (15). с. 117–133.
4. Полевщиков, И. С., Кондратович М. А., Селиванова О. И. Разработка методического пособия на тему «Способ диаграмм причин-следствий» (для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника») // Педагогика и современность. 2012. № 2. с. 79–84.
5. Полевщиков, И. С., Байков В. С., Швецов М. Д. Разработка методического пособия на тему «Тестирование условий» (для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника») // Педагогика и современность. 2012. № 2. с. 84–90.
6. Полевщиков, И. С. Разработка методического пособия на тему «Тестирование базового пути» (для студентов бакалавриата направления «Программная инженерия») // Педагогика и современность. 2013. № 4. с. 83–85.
7. Полевщиков, И. С. Особенности изучения способа тестирования ветвей и операций отношений студентами бакалавриата в рамках дисциплины «Тестирование программного обеспечения» // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). с. 15–18.
8. Полевщиков, И. С. Методика проведения лабораторной работы по дисциплине «Информатика» на тему «Операторы цикла» для студентов бакалавриата // Молодой ученый. 2014. № 4. с. 110–112.

Методика контроля знаний студентов при изучении тестирования циклов

Полевщиков Иван Сергеевич, аспирант, ассистент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Задача, связанная с поиском подходов, обеспечивающих качественный контроль знаний студентов технического вуза в рамках освоения профессиональных компетенций, является актуальной [1]. Рассмотрим особенности контроля знаний в рамках дисциплины «Тестирование программного обеспечения», изучаемой студентами бакалавриата направления «Программная инженерия».

По каждой лабораторной работе в соответствующем методическом пособии предусмотрен перечень заданий для самоконтроля [2]. При проведении контрольных работ по соответствующим темам студентам будут предоставлены аналогичные задания.

Разберем форму и примеры разработанных заданий для самоконтроля по теме «Тестирование циклов». По данной теме используются тестовые задания закрытой формы, в которых студенту необходимо выбрать один наиболее правильный и полный вариант ответа из четырех предложенных. Следует отметить, что преимущества заданий закрытой формы связаны с быстротой тестирования, с простотой подсчета итоговых баллов обучаемых [1]. Такая форма тестовых заданий наиболее близка к ежедневно решаемой человеком проблеме выбора [3, 4].

Примерами заданий по теме «Тестирование циклов» являются:

- 1) Неструктурированные циклы ...
 - А. тестируются так же, как и простые циклы
 - Б. тестируются так же, как и вложенные циклы
 - В. тестируются так же, как и объединенные циклы
 - Г. тестированию не подлежат и должны быть переделаны с помощью структурированных программных конструкций
- 2) Тестирование циклов проводится по принципу ...
 - А. «черного ящика»
 - Б. «синего ящика»
 - В. «белого ящика»
 - Г. «зеленого ящика»
- 3) При тестировании вложенных циклов на первом шаге ...
 - А. выбирается самый внутренний цикл и устанавливаются минимальные значения параметров всех остальных циклов
 - Б. выбирается самый внутренний цикл и устанавливаются максимальные значения параметров всех остальных циклов
 - В. выбирается самый объемлющий цикл и устанавливаются минимальные значения параметров всех остальных циклов
 - Г. выбирается самый объемлющий цикл и устанавливаются максимальные значения параметров всех остальных циклов

4) В некоторой программе есть два объединенных простых цикла, причем конечное значение счетчика первого цикла используется как начальное значение счетчика второго цикла. При тестировании данных объединенных циклов ...

А. необходимо использовать методику для вложенных циклов

Б. необходимо протестировать независимо оба цикла, используя технику тестирования простых циклов

В. необходимо протестировать только первый цикл, используя технику тестирования простых циклов, а второй цикл тестировать не требуется

Г. необходимо протестировать только второй цикл, используя технику тестирования простых циклов, а первый цикл тестировать не требуется

5) В приведенном на рис. 1 фрагменте программы, написанной на языке Pascal, показан пример ...

```

for i:=1 to m do
  begin
    a[i]:=random(100)-50;
    write(a[i], ' ');
    sum1:=sum1 + a[i];
  end;
  writeln;
for j:=1 to n do
  begin
    b[j]:=random(100)-50;
    write(b[j], ' ');
    sum2:=sum2 + b[j];
  end;

```

Рис. 1. Фрагмент программы на языке Pascal

- А. простого цикла
- Б. вложенных циклов
- В. объединенных циклов

- Г. неструктурированных циклов
- 6) В приведенном на рис. 2 фрагменте программы, написанной на языке Pascal, показан пример ...

```

for i:=1 to m do
  begin
    a[i]:=random(100)-50;
    write(a[i], ' ');
    if a[i] mod 2 = 0 then
      sum:=sum + a[i];
  end;

```

Рис. 2. Фрагмент программы на языке Pascal

- А. простого цикла
- Б. вложенных циклов
- В. объединенных циклов

- Г. неструктурированных циклов
- 7) В приведенном на рис. 3 фрагменте программы, написанной на языке Pascal, показан пример ...

```

for i:=1 to m do
  begin
    for j:=1 to n do
      begin
        a[i,j]:=random(100)-50;
        write(a[i,j], ' ');
        if a[i,j] mod 2 <> 0 then
          sum:=sum + a[i,j];
      end;
    writeln;
  end;

```

Рис. 3. Фрагмент программы на языке Pascal

- А. простого цикла
- Б. вложенных циклов
- В. объединенных циклов
- Г. неструктурированных циклов

Известно, что цикл представляет собой одну из основных составляющих при построении алгоритмов в программном обеспечении [5]. В процессе тестирования циклов существенную роль играет правильная конструкция циклов. Поэтому при контроле знаний по данной теме основное внимание уделяется знанию основных конструкций циклов: простые, вложенные, объединенные, неструктурированные [5].

Литература:

1. Кузнецов, Д. Б., Полевщиков И. С., Лясин В. Н. Методика автоматизированного контроля знаний студентов по дисциплине «Теория вычислительных процессов» // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2041.
2. Полевщиков, И. С. Методика контроля знаний студентов бакалавриата по дисциплине «Тестирование программного обеспечения» // Молодой ученый. 2015. № 18. с. 18–20.
3. Файзрахманов, Р. А., Полевщиков И. С. Моделирование и автоматизация процесса управления формированием профессиональных знаний оператора производственно-технологической системы // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: science-education.ru/120-16653.
4. Файзрахманов, Р. А., Полевщиков И. С. Модели и алгоритмы автоматизированного управления формированием профессиональных знаний оператора перегрузочной машины // Фундаментальные исследования. 2015. № 6. с. 73–78.
5. Орлов, С. А., Цилькер Б. Я. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2012. 608 с.
6. Бобров, А. Н. Проблемы выбора языка программирования в школьном курсе информатики // Молодой ученый. 2015. № 24. с. 61–64.
7. Альмухаметов, В., Лясин В. Н., Полевщиков И. С. Информатика: учебно-метод. пособие. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. 141 с.

Методика изучения тестирования программного обеспечения с использованием диаграмм причин-следствий студентами бакалавриата

Полевщиков Иван Сергеевич, аспирант, ассистент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Одной из дисциплин, изучаемых студентами бакалавриата по направлению «Программная инженерия», является «Тестирование программного обеспечения». Известно, что тестирование представляет собой один из этапов жизненного цикла разработки программного обеспечения и важнейшую составляющую поддержки качества программного обеспечения [1–7].

В ходе одной из лабораторных работ студент должен научиться производить тестирование программного обеспечения методом, основанным на построении диаграмм причин-следствий. Рассмотрим некоторые особенности разработанного методического пособия по данной теме.

Следует отметить, что в некоторых приведенных выше примерах заданий используется язык программирования Pascal, который хоть и является устаревшим и не используемым в коммерческих целях, но при этом он удобен для использования в учебных целях [6], и, в частности, для программной реализации алгоритмов, использующих циклы.

Таким образом, были рассмотрены примеры заданий, предусмотренных при проведении контрольных работ по дисциплине «Тестирование программного обеспечения» при изучении тестирования циклов. По мере накопления опыта преподавания данной дисциплины методика контроля знаний будет совершенствоваться.

В разделе «Краткие теоретические сведения» методического пособия представлена необходимая теория, посвященная данному способу тестирования, сопровождаемая примерами. Известно, что диаграммы причинно-следственных связей используются для проектирования тестовых вариантов и обеспечивают формальную запись логических условий и соответствующих действий [1, 8]. Детально разобраны основные шаги этого метода тестирования: выявление причин и следствий; построение графа причинно-следственных связей; преобразование графа в таблицу решений; преобразование столбцов таблицы решений в тестовые варианты; сравнение реальных результатов тестовых вариантов с ожидаемыми.

Для иллюстрации способа тестирования рассмотрен пример программы, выполняющей расчет оплаты за Интернет. Расчет может выполняться по одному из двух видов тарифов.

При расчете по первому тарифу:

- 1) при месячном использовании Интернета меньшем, чем 10 Гб, выставляется фиксированная сумма;
- 2) при месячном использовании Интернета большем или равном, чем 10 Гб, применяется процедура «А» планирования расчета.

При расчете по второму тарифу:

- 1) при месячном использовании Интернета меньшем, чем 10 Гб, применяется процедура «А» планирования расчета;
- 2) при месячном использовании Интернета большем или равном, чем 10 Гб, но при этом меньшем, чем 20 Гб, применяется процедура «Б» планирования расчета;
- 3) при месячном использовании Интернета большем или равном, чем 20 Гб, применяется процедура «В» планирования расчета.

На *первом шаге* данного способа тестирования определим причины и следствия, а также присвоим им идентификаторы.

Причинами в данной задаче будут являться:

- 1) расчет по первому тарифу;
- 2) расчет по второму тарифу;
- 3) месячное использование Интернета меньше, чем 10 Гб;
- 4) месячное использование Интернета больше или равно, чем 10 Гб;
- 5) месячное использование Интернета больше или равно, чем 10 Гб, но при этом меньше, чем 20 Гб;
- 6) месячное использование Интернета больше или равно, чем 20 Гб.

Следствиями в данной задаче будут являться:

- 1) 101 — выставление фиксированной суммы;
- 2) 102 — применение процедуры «А» планирования расчета;
- 3) 103 — применение процедуры «Б» планирования расчета;
- 4) 104 — применение процедуры «В» планирования расчета.

На втором шаге рассматриваемого способа тестирования разрабатывается граф причинно-следственных связей (рис. 1). Узлы причин перечисляются по вертикали в левой части графа, а узлы следствий — в правой части графа. Для следствия 102 возникает необходимость введения вторичных причин, обозначенных как 11 и 12, которые размещаются в центральной части графа.

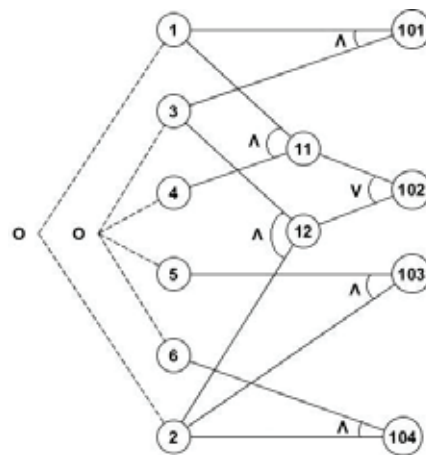


Рис. 1. Граф причинно-следственных связей

На *третьем шаге* осуществляется генерация таблицы решений на основе описанного выше алгоритма.

Таблица решений для нашего примера показана в табл. 1.

Таблица 1. Таблица решений для расчета оплаты за Интернет

Номера столбцов		1	2	3	4	5
Причины	1	1	1	0	0	0
	2	0	0	1	1	1
	3	1	0	1	0	0
	4	0	1	0	0	0
	5	0	0	0	1	0
	6	0	0	0	0	1

Вторичные причины	11	0	1	0	0	0
	12	0	0	1	0	0
Следствия	101	1	0	0	0	0
	102	0	1	1	0	0
	103	0	0	0	1	0
	104	0	0	0	0	1

На *четвертом шаге* выполняется преобразование каждого столбца таблицы в тестовый вариант. В нашем примере таких вариантов пять.

Тестовый вариант 1 (столбец 1):

Исходные данные: Расчет по первому тарифу. Ежемесячное использование Интернета меньше, чем 10 Гб.

Ожидаемый результат: Выставление фиксированной суммы.

Тестовый вариант 2 (столбец 2):

Исходные данные: Расчет по первому тарифу. Ежемесячное использование Интернета больше или равно, чем 10 Гб.

Ожидаемый результат: Применение процедуры «А» планирования расчета.

Тестовый вариант 3 (столбец 3):

Исходные данные: Расчет по второму тарифу. Ежемесячное использование Интернета меньше, чем 10 Гб.

Ожидаемый результат: Применение процедуры «А» планирования расчета.

Тестовый вариант 4 (столбец 4):

Исходные данные: Расчет по второму тарифу. Ежемесячное использование Интернета больше или равно, чем 10 Гб, но при этом меньше, чем 20 Гб.

Ожидаемый результат: Применение процедуры «Б» планирования расчета.

Тестовый вариант 5 (столбец 5):

Исходные данные: Расчет по второму тарифу. Ежемесячное использование Интернета больше или равно, чем 20 Гб.

Ожидаемый результат: Применение процедуры «В» планирования расчета.

Таким образом, в разработанном методическом пособии в компактном виде изложена необходимая теория, посвященная основным понятиям и шагам тестирования программного обеспечения методом, основанным на построении диаграмм причин-следствий, снабженная достаточным количеством примеров. Изучив «Краткие теоретические сведения» методического пособия, студенты приступают к самостоятельному решению подобных задач.

Литература:

1. Орлов, С. А., Цилькер Б. Я. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2012. 608 с.
2. Файзрахманов, Р. А., Мурзакаев Р. Т., Брюханова А. А. Командная разработка и непрерывная интеграция в системах автоматизированного проектирования фигурного раскроя // Научное обозрение. 2015. № 1. с. 95–101.
3. Темичев, А. А., Файзрахманов Р. А. Аналитический обзор средств автоматизации тестирования производительности применительно к системам мониторинга // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2015. № 3 (15). с. 117–133.
4. Полевщиков, И. С., Байков В. С., Швецов М. Д. Разработка методического пособия на тему «Тестирование условий» (для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника») // Педагогика и современность. 2012. № 2. с. 84–90.
5. Полевщиков, И. С. Разработка методического пособия на тему «Тестирование базового пути» (для студентов бакалавриата направления «Программная инженерия») // Педагогика и современность. 2013. № 4. с. 83–85.
6. Селуков, Д. А., Полевщиков И. С. Автоматизация процесса тестирования программного обеспечения при использовании тестирования базового пути // Молодой ученый. 2015. № 23. с. 60–63.
7. Селуков, Д. А., Полевщиков И. С. Автоматизация процесса тестирования программного обеспечения при использовании тестирования условий // Молодой ученый. 2015. № 23. с. 63–67.
8. Полевщиков, И. С., Кондратович М. А., Селиванова О. И. Разработка методического пособия на тему «Способ диаграмм причин-следствий» (для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника») // Педагогика и современность. 2012. № 2. с. 79–84.

Типовые задачи по тестированию программного обеспечения с использованием диаграмм причин-следствий в процессе обучения студентов

Полевщиков Иван Сергеевич, аспирант, ассистент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Дисциплина «Тестирование программного обеспечения», изучаемая студентами бакалавриата, обучающимися по направлению «Программная инженерия», является весьма актуальной, поскольку тестирование представляет собой этап жизненного цикла разработки программного обеспечения, в значительной степени обеспечивающий качество программного обеспечения [1–7].

В ходе одной из лабораторных работ студент должен научиться производить тестирование программного обеспечения методом, основанным на построении диаграмм причин-следствий. Рассмотрим некоторые особенности разработанного методического пособия по данной теме.

В разделе «Краткие теоретические сведения» методического пособия представлена необходимая теория, посвященная данному способу тестирования, сопровождаемая примерами. Известно, что диаграммы причинно-следственных связей используются для проектирования тестовых вариантов и обеспечивают формальную запись логических условий и соответствующих действий [1, 8]. Детально разобраны основные шаги этого метода тестирования. Для иллюстрации способа тестирования приведен подробный пример.

Изучив «Краткие теоретические сведения» методического пособия, студенты приступают к самостоятельному решению задач.

Необходимо написать приложение (в соответствии с вариантом) на любом языке программирования (Pascal, Delphi, C++, C#, Java и т.п.) в соответствии с постановкой задачи. Далее провести тестирование приложения посредством построения диаграммы причинно-следственных связей аналогично примеру, рассмотренному в «Кратких теоретических сведениях», используя следующие шаги:

- 1) перечислить причины и следствия;
- 2) построить граф причинно-следственных связей;
- 3) преобразовать граф в таблицу решений;
- 4) преобразовать столбцы таблицы решений в тестовые варианты;

5) *сравнить реальные результаты тестовых вариантов с ожидаемыми.*

Типовые варианты задач:

Вариант № 1. Необходимо написать программу для выполнения расчета суммы получаемой студентом стипендии по результатам сдачи сессии.

При сдаче сессии хотя бы с одной оценкой «удовлетворительно» либо сдаче сессии после установленного срока, студент стипендии не получает. При сдаче сессии вовремя и без оценок «удовлетворительно», студент получает стипендию, причем она рассчитывается индивидуально следующим образом:

1) при сдаче сессии только на оценки «хорошо», стипендия равна A рублей;

2) при сдаче сессии на оценки «хорошо» и «отлично», к сумме A рублей начисляется надбавка 25%;

3) при сдаче сессии только на оценки «отлично», к сумме A рублей начисляется надбавка 50%.

Исходные данные, вводимые пользователем:

1) оценка по каждой дисциплине из списка возможных дисциплин, а также указание того, вовремя или не вовремя сдана дисциплина;

2) значение A .

Вариант № 2. Необходимо написать программу для выполнения расчета требуемого количества операторов call-центра в зависимости от ожидаемого количества звонков.

Для случая, когда среднее время разговора оператора с клиентом меньше или равно 5 минут:

1) если меньше или равно 10 звонков в час, то достаточно N операторов;

2) если больше 10 и меньше 30 звонков в час, то достаточно $2N$ операторов;

3) если больше или равно 30 звонков в час, то достаточно $3N$ операторов.

Для случая, когда среднее время разговора оператора с клиентом больше 5 минут, полученное значение увеличивается на 20%.

Исходные данные, вводимые пользователем: минимальное количество операторов N ; количество звонков в час; среднее время разговора оператора с клиентом.

Вариант № 3. Необходимо написать программу для выполнения расчета количества аккумуляторных батарей для обеспечения бесперебойного электроснабжения в зависимости от времени и частоты отключения электричества.

Для случая, когда частота отключения электричества не более 1 раза в месяц:

1) если среднее время отключения электричества меньше или равно часу, то достаточно K батарей;

2) если среднее время отключения электричества больше часа и меньше 12 часов, то достаточно $1,5K$ батарей;

3) если среднее время отключения электричества больше или равно 12 часов, то достаточно $2K$ батарей.

Для случая, когда частота отключения электричества больше 1 раза в месяц, полученное значение увеличивается на 50%.

Исходные данные, вводимые пользователем: минимальное количество батарей; среднее время отключения; частота отключения.

Вариант № 4. Необходимо написать программу, выполняющую расчет оплаты за телефон. Расчет может выполняться по одному из двух видов тарифов.

При расчете по первому тарифу:

1) если на разговоры по телефону за месяц было потрачено в сумме не более K минут, то выставляется фиксированная сумма A рублей;

2) если на разговоры по телефону за месяц было потрачено в сумме более K минут, то к фиксированной сумме прибавляется оплата каждой дополнительной минуты (B рублей за минуту).

При расчете по второму тарифу:

1) если на разговоры по телефону за месяц было потрачено в сумме не более K минут, то сумма оплаты вычисляется по формуле $C \cdot t$, где t — время разговоров в минутах; C — стоимость минуты разговора;

2) если на разговоры по телефону за месяц было потрачено в сумме более K минут, то сумма оплаты вычис-

ляется по формуле $D \cdot t$, где t — время разговоров в минутах; D — стоимость минуты разговора.

Исходные данные, видимые пользователем: значения K, t, A, B, C, D .

Таким образом, в разработанном методическом пособии в компактном виде изложена необходимая теория, посвященная основным понятиям и шагам тестирования программного обеспечения методом, основанным на построении диаграмм причин-следствий, снабженная достаточным количеством примеров. Изучив «Краткие теоретические сведения» методического пособия, студенты приступают к самостоятельному решению задач, примеры которых приведены выше. Умение решать подобные простые задачи позволит решать более сложные, связанные с реальными проектами.

Литература:

1. Орлов, С. А., Цилькер Б. Я. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2012. 608 с.
2. Файзрахманов, Р. А., Мурзакаев Р. Т., Брюханова А. А. Командная разработка и непрерывная интеграция в системах автоматизированного проектирования фигурного раскроя // Научное обозрение. 2015. № 1. с. 95–101.
3. Темичев, А. А., Файзрахманов Р. А. Аналитический обзор средств автоматизации тестирования производительности применительно к системам мониторинга // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2015. № 3 (15). с. 117–133.
4. Полевщиков, И. С., Байков В. С., Швецов М. Д. Разработка методического пособия на тему «Тестирование условий» (для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника») // Педагогика и современность. 2012. № 2. с. 84–90.
5. Полевщиков, И. С. Разработка методического пособия на тему «Тестирование базового пути» (для студентов бакалавриата направления «Программная инженерия») // Педагогика и современность. 2013. № 4. с. 83–85.
6. Полевщиков, И. С. Особенности изучения способа тестирования базового пути студентами бакалавриата в рамках дисциплины «Тестирование программного обеспечения» (часть 1) // Молодой ученый. 2015. № 18. с. 10–12.
7. Полевщиков, И. С. Особенности изучения способа тестирования базового пути студентами бакалавриата в рамках дисциплины «Тестирование программного обеспечения» (часть 2) // Молодой ученый. 2015. № 18. с. 13–15.
8. Полевщиков, И. С., Кондратович М. А., Селиванова О. И. Разработка методического пособия на тему «Способ диаграмм причин-следствий» (для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника») // Педагогика и современность. 2012. № 2. с. 79–84.

Методика контроля знаний студентов при изучении тестирования программного обеспечения с использованием диаграмм причин-следствий

Полевщиков Иван Сергеевич, аспирант, ассистент
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Поиск подходов, обеспечивающих качественный контроль знаний студентов технического вуза в рамках освоения профессиональных компетенций, является актуальной задачей [1]. Рассмотрим особенности контроля знаний в рамках дисциплины «Тестирование программного обеспечения», изучаемой студентами бакалавриата направления «Программная инженерия».

По каждой лабораторной работе в соответствующем методическом пособии предусмотрен перечень заданий для самоконтроля [2]. При проведении контрольных работ по соответствующим темам студентам будут предоставлены аналогичные задания.

Разберем форму и примеры разработанных заданий для самоконтроля по теме «Тестирование программного обе-

спечения с использованием диаграмм причин-следствий». По данной теме используются тестовые задания закрытой формы, в которых студенту необходимо выбрать один наиболее правильный и полный вариант ответа из четырех предложенных. Преимущества заданий такой формы связаны с быстротой тестирования, с простотой подсчета итоговых баллов обучаемых [1], с близостью к ежедневно решаемой человеком проблеме выбора [3, 4].

Примерами заданий по этой теме являются:

1) Способ тестирования программного обеспечения, основанный на построении диаграмм причинно-следственных связей, основан на принципе ...

- А. «желтого ящика»
- Б. «белого ящика»
- В. «зеленого ящика»
- Г. «черного ящика»

2) Функцией, используемой в графах причинно-следственных связей и изображенной на рис. 1, является ...

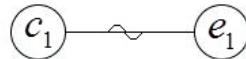


Рис. 1. Функция, используемая в графах причинно-следственных связей

- А. «и»
- Б. «или»
- В. «не»

- Г. «тождество»
- 3) Функцией, используемой в графах причинно-следственных связей и изображенной на рис. 2, является ...

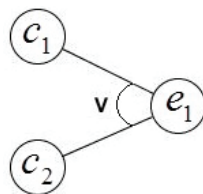


Рис. 2. Функция, используемая в графах причинно-следственных связей

- А. «и»
- Б. «или»
- В. «не»

- Г. «тождество»
- 4) Ограничением, используемым в графах причинно-следственных связей и изображенным на рис. 3, является ...

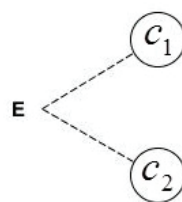


Рис. 3. Ограничение, используемое в графах причинно-следственных связей

- А. «включает»
- Б. «исключает»
- В. «одно и только одно»

- Г. «требует»
- 5) Ограничением, используемым в графах причинно-следственных связей и изображенным на рис. 4, является ...

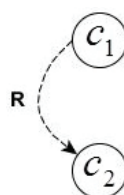


Рис. 4. Ограничение, используемое в графах причинно-следственных связей

- А. «включает»
 Б. «исключает»
 В. «одно и только одно»

- Г. «требует»
 б) Функция, изображенная на рис. 5, устанавливает, что ...

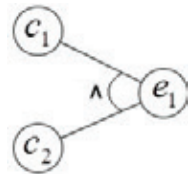


Рис. 5. Функция, используемая в графах причинно-следственных связей

- А. если и c_1 , и c_2 есть 0, то e_1 есть 1, а в противном случае e_1 есть 0
 Б. если и c_1 , и c_2 есть 1, то e_1 есть 1, а в противном случае e_1 есть 0
 В. если хотя бы одно из c_1 и c_2 есть 0, то e_1 есть 1, а в противном случае e_1 есть 0

- Г. если хотя бы одно из c_1 и c_2 есть 1, то e_1 есть 1, а в противном случае e_1 есть 0
 7) Ограничение, показанное на рис. 6, устанавливает, что ...

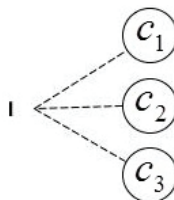


Рис. 6. Ограничение, используемое в графах причинно-следственных связей

- А. по крайней мере одна из величин c_1 , c_2 или c_3 всегда должна быть равной 1
 Б. по крайней мере одна из величин c_1 , c_2 или c_3 всегда должна быть равной 0
 В. каждая из величин c_1 , c_2 или c_3 всегда должна быть равной 1
 Г. каждая из величин c_1 , c_2 или c_3 всегда должна быть равной 0
 8) При генерации таблицы решений отдельный столбец строится для ...
 А. каждой комбинации причин, приводящей следствие в состояние «0»
 Б. каждой комбинации причин, приводящей следствие в состояние «1»
 В. только одной из комбинаций причин, приводящих следствие в состояние «0»
 Г. только одной из комбинаций причин, приводящих следствие в состояние «1»

Известно, что диаграммы причинно-следственных связей используются для проектирования тестовых вариантов и обеспечивают формальную запись логических условий и соответствующих действий [5, 6]. При контроле знаний по данной теме основное внимание уделяется знанию базовых символов для записи графов причин и следствий, а также преобразованию графа в таблицу решений.

Таким образом, были рассмотрены примеры заданий, предусмотренных при проведении контрольных работ по дисциплине «Тестирование программного обеспечения» при изучении тестирования программного обеспечения с использованием диаграмм причин-следствий. По мере накопления опыта преподавания данной дисциплины методика контроля знаний будет совершенствоваться. В частности, планируется рассмотреть возможность использования других форм тестовых заданий по данной теме, а также разработать больше тестовых заданий, связанных с решением небольших практических задач.

Литература:

1. Кузнецов Д. Б., Полевщиков И. С., Лясин В. Н. Методика автоматизированного контроля знаний студентов по дисциплине «Теория вычислительных процессов» // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2041.
2. Полевщиков И. С. Методика контроля знаний студентов бакалавриата по дисциплине «Тестирование программного обеспечения» // Молодой ученый. 2015. № 18. с. 18–20.

3. Файзрахманов Р. А., Полевщиков И. С. Моделирование и автоматизация процесса управления формированием профессиональных знаний оператора производственно-технологической системы // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: science-education.ru/120–16653.
4. Файзрахманов Р. А., Полевщиков И. С. Модели и алгоритмы автоматизированного управления формированием профессиональных знаний оператора перегрузочной машины // Фундаментальные исследования. 2015. № 6. с. 73–78.
5. Орлов С. А., Цилькер Б. Я. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2012. 608 с.
6. Полевщиков И. С., Кондратович М. А., Селиванова О. И. Разработка методического пособия на тему «Способ диаграмм причин-следствий» (для студентов и магистрантов направления «Информатика и вычислительная техника») // Педагогика и современность. 2012. № 2. с. 79–84.

Автосанционирование платежных документов при организации кассового обслуживания участников краевого бюджетного процесса

Проценко Екатерина Александровна, магистрант;
Бедрина Светлана Львовна, доцент, кандидат экономических наук
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,

«Казна — сердце государства», — сказал французский философ Пьер Буаст. В этих словах нет и тени лукавства. Связав воедино понятия «государство» и «казна», он обратил наше внимание на их тесную взаимосвязь.

История возникновения казначейской системы неотделима от процесса становления государственности. Петровские реформы, октябрьская революция 1917 года, распад СССР — каждая из переломных точек российской истории нашла свое отражение в изменениях финансовой системы нашей страны [1].

За последние несколько лет роль казначейства в компаниях заметно выросла. С начала кризиса 2008-го вплоть до 2010 года бизнес старался накапливать остатки на счетах, формируя «подушку безопасности» для защиты от негативных событий на денежном рынке. Многие сделки, начатые до кризиса, были обременениями для контрагентов. Однако в 2010–2011 годах акценты изменились: открылись долговые рынки, оживился рынок банковского кредитования, стоимость заимствований начала постепенно снижаться. Такие тенденции повлекли и пересмотр методов управления денежными потоками, включая работу по совершенствованию бизнес-процессов казначейства, создание единых расчетных центров, формирование единой политики и процедур управления средствами. Все эти меры ориентированы на оптимизацию расходов и выявление ресурсов для покрытия текущих потребностей [6].

Управление денежными средствами в компании может трактоваться в широком и узком смыслах, что предполагает наполнение казначейства различным функционалом.

Под Федеральным казначейством понимается не что иное, как платежная, учетная, контрольная, информационная система в области финансовой деятельности публично-правовых образований. И представляет оно

собой динамично развивающуюся, надежную и передовую казначейскую систему [4].

Федеральное казначейство осуществляет функции по обеспечению исполнения федерального бюджета, кассовому обслуживанию исполнения бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, предварительному и текущему контролю за ведением операций со средствами федерального бюджета главными распорядителями, распорядителями и получателями средств федерального бюджета [2].

Говоря о структуре, стоит разделять систему центрального аппарата казначейства на несколько уровней (рисунок 1). Структура включает: руководство (Руководителя и заместителей), помощника Руководителя, советника Руководителя, структурные подразделения.

Структурными подразделениями центрального аппарата Федерального казначейства являются управления по основным направлениям деятельности казначейства, в которых образуются отделы.

Управление Федерального казначейства по Приморскому краю является территориальным органом казначейства, созданным в границах Приморского края, и находится в непосредственном подчинении казначейства.

В пределах своей компетенции, управление взаимодействует с территориальными органами, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, органами управления государственными внебюджетными фондами Российской Федерации, Банком России и его территориальными учреждениями, иными организациями.

Основными задачами деятельности Управления в рамках данного исследования являются:

– кассовое обслуживание исполнения федерального бюджета на территории субъекта Российской Федерации;



Рис. 1. Структура центрального аппарата Федерального Казначейства

— кассовое обслуживание исполнения бюджета субъекта Российской Федерации, бюджетов муниципальных образований, органами местного самоуправления;

— кассовое обслуживание исполнения бюджетов государственных внебюджетных фондов;

— осуществление в случаях, установленных законодательством Российской Федерации, учета операций со средствами юридических лиц, не являющихся получателями бюджетных средств;

— осуществление учета доходов, поступивших в бюджетную систему Российской Федерации и их распределение между бюджетами бюджетной системы Российской Федерации;

— составление и представление в установленном порядке в Федеральное казначейство отчетности о кассовом исполнении федерального бюджета на территории субъекта Российской Федерации, а также иной бюджетной отчетности [2].

В период с 1 января 2014 года, в рамках выполнения оптимизации функциональной деятельности Федерального казначейства, на кассовое обслуживание в Федеральное казначейство перешли 3 государственных внебюджетных фонда Российской Федерации — Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования Российской Федерации.

В рамках выполнения оптимизации функциональной деятельности Федерального казначейства:

— проведен комплекс мероприятий по выявлению в Федеральном казначействе функциональных и технологических процессов, имеющих наибольший потенциал для сокращения временных и материальных затрат;

— сформированы предложения по оптимизации функциональных процессов Федерального казначейства;

— проведены мероприятия по повышению эффективности исполнения данных функциональных процессов.

Контроль документов на наличие денежных средств на лицевых счетах и ряд других значимых автоматизированных проверок в рамках оптимизации функциональной деятельности казначейства, осуществляется в АС ФК.

Автоматизированная система Федерального казначейства (далее — АС ФК) — это единая информационная и телекоммуникационная система Федерального казначейства, обеспечивающая производственные процессы в части кассового обслуживания и исполнения федерального бюджета, кассового обслуживания исполнения бюджетов государственными внебюджетными фондами Российской Федерации, бюджетов субъектов Российской Федерации, территориальных государственных внебюджетных фондов, бюджетов муниципальных образований, а так же система обеспечения информационного взаимодействия органов Федерального казначейства с другими участниками процессов исполнения указанных бюджетов.

Автоматизированная система Федерального казначейства — территориально-распределенный комплекс (система) программных и аппаратных средств.

ППО «АСФК Oracle E-Business Suite (ОЕБС)» обеспечивает решение следующих задач:

— реализация логики функционирования ППО «АСФК», необходимой для поддержки производственных процессов ФК, включая функции по регистрации (включая полную проверку), обработке и актуализации документов, хранению всех необходимых справочных, транзакционных и статистических данных, консолидации данных и под-

держке «Электронной цифровой подписи (ЭЦП)» на уровнях УФК;

- реализация функции кассового планирования;
- предоставление пользователю графического интерфейса для работы со справочниками, документами, данными и сформированной отчетностью [5].

Для осуществления кассовых выплат в электронном виде посредством ППО «Система электронного документооборота (СЭД)» или ППО «АСФК» либо на бумажном носителе в Органы Федерального Казначейства по месту обслуживания организации представляют заявку на кассовый расход (далее — ЗКР), сокращенную заявку на кассовый расход (далее — СЗКР), Сводную ЗКР, документ «Заявка на возврат».

Для ЗКР (СЗКР), Сводной ЗКР, документа «Заявка на возврат» доставленных посредством ППО «АСФК» с использованием электронной подписи либо загрузке из каталога обмена все проверки осуществляются при приеме документов в ППО «АСФК (ОЕБС)». В случае не прохождения какого-либо контроля в автоматическом режиме формируется документ «Протокол» с указанием причины отказа в исполнении ЗКР (СЗКР), Сводной ЗКР, документа «Заявка на возврат».

В процессе утверждения, специалистом по работе с клиентом, заявок на кассовый расход, осуществляется проверка соответствия информации, предоставленной клиентом посредством ППО «АСФК». При утверждении ЗКР (СЗКР), Сводная ЗКР, документ «Заявка на возврат» подписываются электронной подписью должностного лица. В случае не прохождения проверки специалист по работе с клиентами формирует «Протокол» описывая в нем допущенные ошибки, в нарушение действующих нормативно-правовых актов. После проверки заявок специалистом по работе с клиентами, они проходят контроль уполномоченного специалиста с правом

первой подписи. При утверждении ЗКР (СЗКР), Сводная ЗКР, документ «Заявка на возврат» подписываются электронной подписью уполномоченного специалиста.

На основании утвержденных ЗКР (СЗКР), Сводной ЗКР, документа «Заявка на возврат» формируются расчетные документы для отправки в Банк [3].

В процессе обработки специалист по взаимодействию с клиентами сталкивается с визуальной проверкой ЗКР (СЗКР) предоставленной в формате визуальной формы в АСФК или с выводом на экран в текстовом редакторе. Визуальная проверка проходит по пяти разделам (ЗКР), кодовой зоне и сверка подписей с подписями в карточке образцов подписей. Проверка проходит по каждой графе раздела (рисунок 3).

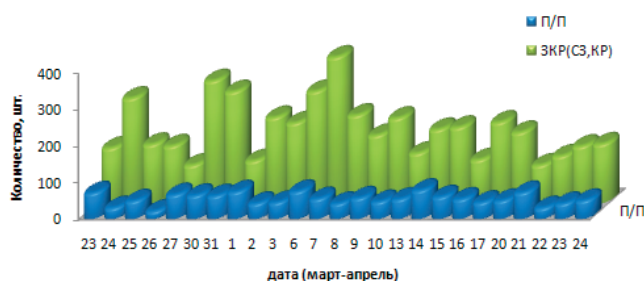
70% времени сотрудника по работе с клиентами занимает обработка ЗКР (СЗКР) и платежных поручений. Проведя статистический анализ прихода ЗКР (СЗКР) и Платежных поручений (П/П), было выявлено, что среднее число документов в день достигает 254 максимальное 477 документов (ЗКР (СЗКР) и П/П). Выборка данных приводится за 25 рабочих дней (рисунок 2). Среднее время обработки одной заявки равно 50 секунд, при визуальной проверке специалистом с более высокой скоростью (25 секунд), падает качество обработки заявок.

Формы ЗКР (СЗКР), разработанные в АСФК, содержат набор правил, которым должен соответствовать электронный документ. Эти правила присутствуют в описании работы с ЗКР (СЗКР).

Для того, чтобы сократить расход времени специалиста по работе с клиентами на визуальную обработку электронного документа, предлагается автоматизировать процесс контроля для ЗКР (СЗКР).

Форматный контроль — это проверка корректности заполнения ячеек формы. Проверки бывают следующих типов:

Приход ЗКР и П/П за 25 дней



Максимальное число ЗКР(СЗКР), 1 день	=	400
Минимальное число ЗКР(СЗКР), 1 день	=	103
Среднее число ЗКР(СЗКР), 1 день	=	202
Максимальное число П/П, 1 день	=	77
Минимальное число П/П, 1 день	=	20
Среднее число П/П, 1 день	=	52

Рис. 2. Статистика прихода документов (ЗКР и П/П) в отдел кассового обслуживания краевого бюджета

- проверка типа введенного значения (число, строка);
- проверка введенного значения заданному формату;
- проверка введенного значения по справочнику.

Форматный контроль нужно осуществлять в интерактивном режиме при выгрузке документа из ПП АСФК в текстовый документ

В случае если при форматном контроле обнаружены ошибки, то об этом сообщается пользователю, оши-

бочные ячейки подсвечиваются и ошибки отображаются в виде контекстного меню.

Так как поле «Назначение платежа» (рисунок 3) имеет текстовый формат, данные поля не имеют однозначных значений, для распознавания текста поля предложено создание базы знаний.

Для поля «Назначение платежа» в УФК используется механизм автосанкционирования для основных типовых

Заявка на кассовый расход № _____
от «__» _____ 20__ г.

Наименование клиента _____		Форма по КФД 0591801	Коды
		Дата _____	
Главный распорядитель бюджетных средств, главный администратор источников финансирования дефицита бюджета		по Свободнореестру	
Наименование Фоджета _____		Номер лицевого счета _____	
Фискальный орган _____		Глава по БК _____	
Федеральное казначейство, орган Федерального казначейства _____		по ОКПО _____	
		по КОФК _____	
Приоритет исполнения _____		Предельная дата исполнения _____	
Периодичность: ежедневная		Учетный номер обязательства _____	
Единица измерения: руб.		по ОКЕИ 383	
денежные единицы в иностранной валюте		Код объекта по ФАИП _____	

1. Реквизиты документа

Сумма в валюте выплаты	Код валюты по СБВ	Сумма в рублевом эквиваленте	Признак авансового платежа	Очередность платежа	Вид платежа	Назначение платежа (примечание)
1	2	3	4	5	6	7

2. Реквизиты документа-основания

Вид	Номер	Дата	Предмет
1	2	3	4

3. Реквизиты контрагента

Наименование/ фамилия, имя, отчество	ИНН	КПП	Лицевой счет	Банковский счет	Наименование банка	БИК банка	Корреспондентский счет банка
1	2	3	4	5	6	7	8

4. Реквизиты налоговых платежей

Статус налогового плательщика	Код по БК	Код по ОКТМО	Основание платежа	Налоговый период	Реквизиты документа-основания		Тип платежа
					номер	дата	
1	2	3	4	5	6	7	8

5. Расшифровка заявки на кассовый расход

№ п/п	Наименование вида средств для исполнения обязательства	Код по БК плательщика	Код по БК получателя	Код цели (аналитической код)	Сумма в валюте заявки	Сумма в рублях	Назначение платежа	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Руководитель (уполномоченное лицо) _____ (подпись) _____ (подпись) _____ (подпись)

Главный бухгалтер (уполномоченное лицо) _____ (подпись) _____ (подпись) _____ (подпись)

«__» _____ 20__ г.

Отметка Федерального казначейства, органа Федерального казначейства о регистрации Заявки на кассовый расход

Номер заявки _____

Ответственной исполнителем _____ (подпись) _____ (подпись) _____ (подпись) _____ (подпись)

«__» _____ 20__ г.

Номер страницы _____
Всего страниц _____

Рис. 3. Шаблон заявки на кассовый расход

направлений выплат, содержащий типовые шаблоны текстового назначения платежа. Данные с типовых шаблонов назначения платежа и новые выделенные из назначений платежей данные пополняют базу знаний. База знаний будет формироваться в процессе эксплуатации системы.

Разработка и внедрение автосанционирования платежных документов при организации кассового обслуживания участников краевого бюджетного процесса на основе форматного контроля позволит получить ряд результатов таких как:

- оптимизация процессов отдела;

- сокращение трудозатрат на обработку ЗКР ровно на 50%;
- повышение качества данных за счет «машинной проверки»;
- сокращение ручных операций;
- рост производительности труда.

В условиях экономической нестабильности в связи с уменьшением штата сотрудников, автоматизация процессов в работе специалиста по работе с клиентами становится не только полезным информационным процессом, но и необходимостью.

Литература:

1. Ведомости Законодательного собрания: Казна — сердце государства [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vedomosti.sfo.ru/articles/?article=40650> свободный — Яз. рус.
2. Деловой мир: Централизованное казначейство компании: опыт практиков [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://delovoyimir.biz/2013/03/28/centralizovannoe-kaznacheystvo-kompanii-opyt-praktikov.html> свободный — Яз. рус.
3. «О порядке кассового обслуживания исполнения федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов и порядке осуществления территориальными органами Федерального казначейства отдельных функций финансовых органов субъектов Российской Федерации и муниципальных образований по исполнению соответствующих бюджетов»: Приказ Федерального казначейства от 10 октября 2008 г. N 8н [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. — Электрон. дан. — [Владивосток, 2015]
4. «Об утверждении Регламента Федерального казначейства» Приказ Федерального казначейства от 10 апреля 2006 г. N 5н [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. — Электрон. дан. — [Владивосток, 2015]
5. Технологический регламент ППО «АСФК», ППО «СЭД»
6. Федеральное казначейство: Официальный сайт Казначейства России [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.roskazna.ru/> свободный — Яз. рус.

Современные системы автоматизированного динамического анализа вредоносных файлов

Сергеев Роман Алексеевич, аспирант
Самарский государственный технический университет

Статья посвящена исследованию трех современных систем автоматизированного динамического анализа вредоносных файлов: Ciscoo Sandbox, Anubis и DRAKVUF. Показано значение подобных систем в области изучения функциональности вредоносных программ. Раскрыты детали архитектуры и процесса мониторинга вредоносных файлов, а также приведены краткие выводы по каждой из исследуемых систем. Освещены общие проблемы систем автоматизированного динамического анализа.

Ключевые слова: компьютерная безопасность, вредоносные программы, автоматизированный динамический анализ.

Вредоносные программы являются одной из самых серьезных угроз компьютерной безопасности как для обычных пользователей, так для государственных и частных компаний. Под вредоносными программами можно понимать специальный класс программного обеспечения, разработанного для выполнения тех или иных деструктивных действий. Для изучения функциональности вредоносных программ (далее по тексту термины «вредо-

носная программа» и «образец» являются взаимозаменяемыми) специалистами применяются различные методы и инструменты. Принято разделять методы на статические и динамические. Статические методы подразумевают исследование образцов без их непосредственного исполнения. При этом применяются программы типа дизассемблеров, специальные утилиты для поиска строк в бинарном файле и т.д. Динамические методы заключа-

ются в изучении процесса исполнения программы при помощи различных инструментов. Базовым инструментом динамического подхода является отладчик, позволяющий просматривать ход исполнения программы на уровне инструкции процессора. Дизассемблер и отладчик являются неотъемлемыми программами при ручной обратной разработке образцов для анализа. Однако, вследствие огромного роста числа вредоносных программ, а также широкого применения в целях затруднения анализа различных упаковщиков и обфускаторов при их разработке, появляется необходимость в наличии инструментов, способных ускорить и автоматизировать процесс изучения функциональности образцов, тем самым давая возможность сосредоточиться специалистам на тех программах или частях программ, которые заслуживают особого внимания. Такими инструментами являются специальные системы автоматизированного динамического анализа вредоносных файлов. Из самого названия сразу становится ясно, что в основе таких систем лежит динамический подход для анализа, т.е. информация о функциональности программы получается при непосредственном её исполнении. Целью настоящей статьи является исследование трех современных систем автоматизированного динамического анализа вредоносных файлов: Cuckoo Sandbox, Anubis и DRAKVUF. Выбор этих трех систем не случаен. На самом деле, в настоящее время существует множество систем, реализующих автоматизированный динамический анализ вредоносных программ. Набор трех названных инструментов примечателен тем, что каждый из них внутренне отражает разные подходы, применяемые при построении подобных программных комплексов. Выбор того или иного подхода построения определяет основные характеристики системы.

Итак, сначала рассмотрим систему Cuckoo Sandbox. В документации [1, с.1] система определяется следующим образом: «Cuckoo Sandbox есть программное обеспечение с открытым исходным кодом для автоматизации анализа подозрительных файлов». В процессе своей работы система способна собирать следующие виды информации: трассы вызовов win32 API, производимых как самим вредоносным программным обеспечением, так и всеми процессами, порожденными вредоносным программным обеспечением; файлы созданные, удаленные и загруженные образцом; трафик сетевой в формате PCAP; скриншоты рабочего стола Windows, полученные в течение исполнения образца; трассы ассемблерных инструкций, производимых образцом. Система способна анализировать, в том числе, исполняемые файлы, файлы DLL, PDF документы, документы Microsoft Office, URL ссылки. Вследствие своих возможностей по расширению система позволяет разработать и интегрировать собственные средства для анализа, не предусмотренные в сборке по умолчанию.

Cuckoo состоит из хостовой машины, на которой установлены средства управления, а также нескольких гостевых машин. Хост управляет в целом анализом и процессом исполнения, в то время как гостевые машины

представляют изолированные среды, где образцы непосредственно исполняются и анализируются. В состав системы входит, в том числе, модули для управления виртуальными машинами, которые определяют, как производится старт машин, их восстановление и остановка; модули расширения, куда входит, например, модуль (Human module), имитирующий действия пользователя (нажатия и движения мышью); модули обработки для собирания результатов; модули отчетов, назначение которых состоит в сохранении собранных результатов и генерировании отчетов в виде файлов разных типов (например, в виде HTML или JSON).

Дадим описание процесса анализа образцов в рассматриваемой системе. Процесс анализа в Cuckoo Sandbox начинается после доставки вредоносного файла в него [2, с.5]. Внутри виртуальной машины обязательно присутствует специальный агент, представляющий собой XMLRPC сервер, который непосредственно получает загружаемую информацию. Агент распаковывает эту информацию, которая включает в себя, помимо самого образца, ещё файлы конфигурации, а также либо специально разработанные, либо имеющиеся по умолчанию так называемые пакеты анализа. За запуск пакета анализа ответственен специальный компонент — анализатор, который также доставляется в запакованном виде. Агент запускает анализатор, который, в свою очередь, открывает канал сообщения между процессами (именованный пайп), дает настройки для первого процесса (имя именованного пайпа, IP адрес и порт сервера для результатов анализа), а также непосредственно запускает пакет анализа. Пакет анализа стартует приложение с параметрами командной строки (если таковые имеются), причем запуск происходит в режиме заморозки (путем определения параметра CREATE_SUSPENDED в функции CreateProcess), проводится инъекция DLL Cuckoo Monitor (главного компонента для анализа) в процесс, используя механизм APC, а после восстанавливается исполнение главного треда процесса. Cuckoo Monitor непосредственно устанавливает API перехватчики, а также уведомляет через именованный пайп анализатор о возможности запуска образца. Далее непосредственно запускается уже инструментированный образец. Cuckoo Monitor отправляет результаты анализа на хост, через TCP/IP. В Cuckoo Monitor предусмотрена обработка случаев запуска нового процесса либо внедрения в существующий процесс [3, с.20]. Это достигается путем общения анализатора и Cuckoo Monitor через именованный пайп.

Ядром процесса анализа является библиотека Cuckoo Monitor. Логирование вызываемых функций и соответствующих аргументов осуществляется через перехват функций путем патчинга их кода в памяти. При этом существуют некоторые особенности перехвата, выполняемого Cuckoo Monitor. Библиотека способна рандомизировать записываемые инструкции, что затрудняет детектирование образцом наличия перехватов. Далее, в процессе перехвата исполняются несколько блоков-трамплинов.

Например, в одном из блоков проверяется, находимся ли мы уже в обработчике перехвата, и, если это так, то нет необходимости производить логирование. В других блоках-трамплинах производится правильная обработка значения `LastError`.

Таким образом, система `Cuckoo Sandbox` представляет собой серьезный инструмент для динамического анализа вредоносных файлов. Анализирующий компонент располагается непосредственно в среде, в которой исполняется образец. По этой причине в операционной системе присутствует множество артефактов, которые могут быть использованы для детектирования `Cuckoo Sandbox`. В частности, возможности детектирования перечисляются в работе [4]. Тем не менее, современные версии `Cuckoo Monitor` способны, как упоминалось выше, рандомизировать записываемые инструкции на местах перехвата функций, а также в системе присутствуют специальные механизмы, которые периодически проверяют наличие перехватов, логируют и препятствуют попыткам их перезаписи (`Unhook Detection`). Открытость исходного кода дает возможность разработки собственных инструментов для анализа, а также широкую свободу действий для управления системой, что является неоспоримым преимуществом `Cuckoo Sandbox`.

Рассмотрим систему автоматизированного динамического анализа вредоносных файлов `Anubis`. `Anubis` расшифровывается как `ANalyzing Unkown Binaries`, что дословно означает «анализ неизвестных бинарных файлов». `Anubis` состоит из `Web/DB` сервера/`HTTP (s)` фронтенда, хранилища образцов вредоносных программ, хранилища отчетов, специального сервера, с которым могут взаимодействовать вредоносные программы, а также множества рабочих виртуальных машин. Через `HTTP (s)` фронтенд происходит загрузка файлов для анализа, а также администрирование. База данных хранит отчеты и ссылки на образцы. Такая организация позволяет получать большое количество статистической информации. Хранилище вредоносных файлов архивирует загружаемые и уже проанализированные образцы. Хранилище отчетов архивирует отчеты, а также файлы, получившиеся в результате анализа (дампы трафика, скачанные файлы и т.д.) Специальный сервер («сервер-жертва») играет особую роль в архитектуре системы `Anubis`. Он действует как локальный сервер-ловушка для определенных сервисов и позволяет сохранять вредоносный трафик локально. Предназначение рабочих виртуальных машин очевидно — на образцах этих машин запускаются неизвестные файлы для анализа.

Проанализируем ключевые аспекты внутреннего строения рассматриваемой системы. Основу `Anubis` составляет инструмент `TTAnalyze`. Данный инструмент использует эмулятор `PC` с открытым исходным кодом `Qemu`. `Qemu` известен тем, что применяет эффективную технику эмуляции, называемую динамической трансляцией. Как отмечают авторы `TTAnalyze` [5, с.5], им пришлось внести модификации в эмулятор, а именно: преобразо-

вать `Qemu` в динамическую библиотеку, функции которой мог бы использовать `TTAnalyze`, а также модифицировать процесс трансляции `Qemu` таким образом, чтобы вызывались процедуры обратного вызова прежде каждого исполняющегося на виртуальном процессоре базового блока. В оригинальной версии `TTAnalyze` в качестве операционной системы использовалась `Windows XP`.

`TTAnalyze` проводит анализ путем мониторинга вызовов `Windows API` функций, а также вызовов системных сервисов в `Windows Native API`. Как было указано выше, `TTAnalyze` использует эмулятор `Qemu`, поэтому появляется необходимость отличать инструкции, исполняемые от имени анализируемого образца, от инструкций, которые исполняются как часть операционной системы или других работающих процессов. Для этого используется тот факт, что операционная система `Windows` назначает каждому работающему процессу собственную директорию страниц. Физический адрес базы данной директории страниц хранится в регистре `CR3` процессора. Таким образом, определяется, какой адрес имеет директория страниц у процесса, находящегося под анализом. В итоге появляется возможность отличать инструкции, относящиеся к тестовому образцу, от других инструкций, путем сравнения текущего значения регистра `CR3` с адресом директории страниц тестового образца. Важное замечание — адрес директории страниц должен быть получен прежде, чем исполнится первая инструкция анализируемого процесса. Поэтому процесс создается в замороженном режиме. Мониторинг вызовов функций происходит путем сравнения текущего значения указателя инструкций виртуального процессора со стартовыми адресами всех интересующих системных функций. Здесь используется тот факт, что стартовый адрес функции всегда соответствует первой инструкции в блоке трансляции. Поэтому, процедура обратного вызова `TTAnalyze` получает контроль, где происходит упомянутое выше сравнение.

`TTAnalyze` способен регистрировать аргументы вызываемых функций. Для этого авторы разработали специальный компонент — генератор. Этот генератор представляет собой отдельную программу, которая может исполняться независимо от `TTAnalyze`. Задача генератора — сконструировать необходимый код-заглушку для функции обратного вызова, который бы обрабатывал аргументы вызываемых функций. Данный генератор требует в качестве входа файл, содержащий декларации всех функций, подлежащих мониторингу. Обрабатывая декларации, генератор способен определить размеры и структуру аргументов функций и сконструировать соответствующий `C++` код для их чтения. При чтении аргументов вызываемых функций возникает следующая проблема. Существует возможность, что содержимое, на которое ссылается виртуальный адрес, не представлено в эмулируемой физической памяти, а находится только на эмулируемом жестком диске (т.е. содержимое находится в файле подкачки). В этом случае чтение из виртуальной системной памяти приведет к ошибке. Для решения этой

проблемы в TTAalyze применяется следующий прием. Всякий раз, когда появляется необходимость обратиться к адресу, который не представлен в эмулируемой физической памяти, тестовый образец принуждается к чтению из этого виртуального адреса. Эта операция чтения вызывает обработчик ошибок страниц, который загружает соответствующую страницу памяти в эмулируемую физическую память. Чтение аргументов функции с этого момента становится возможным. Достигается такое принуждение чтения с помощью инъекции инструкций чтения в поток инструкций.

Оригинальная версия TTAalyze генерирует отчет, содержащий следующую информацию: общая информация (размер файла, код выхода и т.д.), файловая активность, активность реестра, активность сервисов, активность процессов, сетевая активность.

Итак, инструмент TTAalyze является основой для системы Anubis. TTAalyze задействует эмуляцию, а анализирующий компонент представлен функциями обратного вызова, которые располагаются за пределами среды, в которой непосредственно исполняется неизвестный образец. Такая архитектура позволяет производить анализ с большой степенью прозрачности. Нет необходимости вносить какие-либо изменения в код образца, которые могут быть детектированы самим образцом и, как результат, послужить причиной попыток уйти от анализа. С другой стороны, в работе [6] приводится расширенная классификация техник, с помощью которых анализируемая программа может детектировать свое исполнение в системе Anubis. Такое детектирование может производиться на разных уровнях: уровне аппаратного обеспечения (серийный номер диска), среды эмуляции (ошибки эмуляции работы процессора), уровне приложения (наличие определенного файла, в случае Anubis — файла C:\hexc\hexc.exe, и т.д.), уровне сети (проверка IP адреса сервера, проверка строк ответов известных почтовых серверов и т.д.) Однако, несмотря на эти моменты, Anubis представляет собой эффективную систему для анализа неизвестных файлов и пользуется популярностью среди исследователей.

Следующей системой, которую рассмотрим, будет система DRAKVUF. Авторы DRAKVUF определяют её как систему динамического анализа вредоносного программного обеспечения, разработанную с учетом достоинств последних расширений аппаратной виртуализации, способных предоставить прозрачную и масштабируемую среду для глубокого анализа образцов вредоносного программного обеспечения [7, с.386]. При проектировании авторами были выдвинуты следующие требования, которым должна удовлетворять система [7, с.387]: масштабируемость, что понимается как стремление к минимизации использования ресурсов при одновременной максимизации количества анализируемых образцов; точность, что означает получение большого количества информации при одновременном противодействии попыткам фальсификации результатов анализа; скры-

тность — среда, находящаяся под мониторингом, не должна детектировать наличие DRAKVUF; изолированность — система DRAKVUF должна быть изолирована от виртуальных машин для защиты от фальсификации.

DRAKVUF построена на основе открытого программного обеспечения Xen VMM. Система создает клоны виртуальных машин с помощью интерфейса Xen copy-on-write (CoW) и возможности копирования при записи диска логического менеджера томов ОС Linux. Это делается для оптимизирования использования аппаратного обеспечения, поскольку ресурсы выделяются только тогда, когда они необходимы. Кроме того, поскольку клоны виртуальных машин не имеют доступа к эксклюзивным ресурсам друг друга, достигается необходимая изолированность виртуальных машин. Сама по себе система DRAKVUF исполняется в домене контроля (dom 0), получая прямой доступ к памяти через библиотеку LibVMI. Внутри домена контроля DRAKVUF также имеет доступ к возможностям гипервизора, таким как EPT.

Остановимся на деталях процесса мониторинга, производимого данной системой. Авторы системы отмечают ограниченность метода динамического анализа, при котором мониторингу подвергаются только системные вызовы программы. С этим можно согласиться, поскольку при таком подходе не учитывается возможность наличия компонентов, работающих в режиме ядра. DRAKVUF осуществляет прямой перехват внутренних функций ядра через инъекцию точки останова (#BP). Местонахождение функций ядра определяется через отладочную информацию. Далее, DRAKVUF способен анализировать атаки типа DCOM. Это делается с помощью перехватов выделений памяти из кучи ядра. С этой целью внедряется точка останова на используемые Windows функции AllocatePoolWithTag и ObCreateObject, ответственные за выделение памяти для структур. Таким образом становится возможным детектирование местоположения всех структур ядра без риска фальсификации представления состояния системы.

В системе DRAKVUF реализована возможность получения удаленных файлов из памяти. Вредоносное программное обеспечение обычно быстро создает и удаляет временные файлы, например, в процессе своей установки. Такие файлы могут содержать полезную для анализа информацию. С целью получения таких файлов в системе перехватываются функции типа NtSetInformationFile и ZwSetInformationFile. Далее определяется точный удаляемый файл, а также информация, относящаяся к описателю данного файла. В процессе парсинга таблицы описателей становится возможным определить местоположение соответствующего _FILE_OBJECT и автоматически достать файл из памяти с помощью инструмента Volatility.

DRAKVUF использует особую технику старта образцов для анализа. Для этого происходит поиск работающего в системе процесса, имеющего в своем адресном пространстве библиотеку kernel32.dll. Далее, происходит

перехват потока исполнения данного процесса с тем, чтобы он исполнил функцию `CreateProcessA`, которая непосредственно запустит вредоносную программу. После отработки данной функции система возвращает перехваченный процесс в первоначальное состояние.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Одной из главных особенностей системы DRAKVUF является использование технологии аппаратной виртуализации в процессе анализа образцов. Анализирующий компонент системы оказывается интегрированным в процесс интроспекции виртуальных машин. Положительным моментом этого является высокая степень скрытности системы анализа для вредоносного программного обеспечения. Другим большим плюсом DRAKVUF является возможность анализа образцов, работающих на уровне ядра, причем такой анализ производится силами гипервизора, не требующего вмешательства в среду для анализа. С другой стороны, все ещё остаются возможности для детектирования образцом исполнения в виртуальной среде с помощью атак, основанных на времени. Авторы подчеркивают, что эта тема выходит за рамки их работы [7, с.388]. Также, общая проблема подхода с использованием гипервизора — накладные расходы при выходе из гостевой системы и передаче управления гипервизору (возникновение событий, приводящих к `VMExit`).

Итак, в настоящей статье были исследованы три современные системы автоматизированного динамического анализа вредоносных файлов. Данные программные комплексы являют собой примеры различных подходов к по-

строению систем анализа: в Cuckoo Sandbox анализирующий компонент выполняется в режиме пользователя и размещен на той же системе, где работает образец для анализа; Anubis задействует эмуляцию, а анализ производится с помощью функций обратного вызова; DRAKVUF использует в процессе анализа возможности, предоставляемые расширением аппаратной виртуализации процессора. В заключение, отметим наиболее общие вопросы и проблемы, возникающие при использовании подобных инструментов в практической деятельности. Во-первых, существует проблема имитации действий пользователя, поскольку некоторые вредоносные программы проявляют свою активность только в ответ на события взаимодействия компьютера и человека. Более того, отсутствие подобного взаимодействия может послужить индикатором наличия среды для анализа. Во-вторых, обычным является однократное исполнение программы под контролем системы анализа, что, очевидно, не дает полной картины имеющейся у вредоносной программы функциональности. Наконец, несмотря на продвинутые методы сокрытия, применяемые современными системами анализа, существуют многочисленные приемы и техники, имеющие целью определение исполнения в контролируемой среде. Тем не менее, в настоящий момент уже существуют различные технологии, направленные на преодоление с той или иной степенью эффективности обозначенных недостатков систем автоматизированного анализа. Очевидно, что данное направление исследований является одним из самых передовых в области компьютерной безопасности.

Литература:

1. Cuckoo Sandbox Book. Release 0.3. — URL: <https://media.readthedocs.org/pdf/cuckoo/0.3/cuckoo.pdf> (дата обращения: 08.01.2016).
2. Cuckoo Sandbox — open source automated malware analysis. — URL: <https://media.blackhat.com/us-13/US-13-Bremer-Mo-Malware-Mo-Problems-Cuckoo-Sandbox-WP.pdf> (дата обращения: 08.01.2016).
3. Bremer, J. How do I sandbox?!?! Cuckoo Sandbox Internals / J. Bremer // RECON2013. — URL: http://recon.cx/2013/slides/recon2013-JurriaanBremer-How_do_I_sandbox.pdf (дата обращения: 09.01.2016).
4. Ferrand, O. How to detect the Cuckoo Sandbox and hardening it? / O. Ferrand // Journal of Computer Virology and Hacking Techniques. — Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2015. — P. 51–58.
5. Bayer, U. TtAnalyze: A Tool for Analyzing Malware / U. Bayer, C. Kruegel, E. Kirda. — URL: <https://www.iseclab.org/papers/ttanalyze.pdf> (дата обращения: 12.01.2016).
6. Lindorfer, M. Detecting environment-sensitive malware / M. Lindorfer, C. Kolbitsch, P. M. Comparetti // RAID'11 Proceedings of the 14th international conference on Recent Advances in Intrusion Detection. — Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011. — P. 338–357.
7. Lengyel, T. K. Scalability, fidelity and stealth in the DRAKVUF dynamic malware analysis system / T. K. Lengyel et al. // ACSAC '14 Proceedings of the 30th Annual Computer Security Applications Conference. — ACM New York, NY, USA, 2014. — P. 386–395.

Ensuring hack wireless networks

Тожахмедова Икболхон Гуломжоновна, старший преподаватель
Наманганский инженерно-педагогический институт

Tojahmedova Iqbolxon Gulomjonovna
Senior lecturer of Namangan Engineering Pedagogical Institute, Uzbekistan

This paper deals with methods and motivations of hacking the wireless network, the most pressing at the moment.

One of the most urgent tasks today is the protection of information in wireless networks. Most wireless networks only protect the resources of the router. He is the initial stage of the security measures, separating the local network from the global. One of the simplest ways to protect wireless network invisible and put a password. But with all this, it can not guarantee complete security when connecting to the network. However, you can take certain measures that will make for an intruder to access the data more difficult.

In order to effectively protect the wireless network, you need to find out how we can crack it.

Let us examine what the motivation may serve to hack your network.

1. Free Internet. Despite the fact that now the ISPs offer enough affordable rates, available in almost all the attacker may want to keep in reserve a spare channel around the clock in case your internet is suddenly not available.

2. Listening to the interception of traffic and the subsequent break-mail accounts, social networks, and other illegal actions. Having the password for Wi-Fi attacker has the ability to decode all transmitted «over the air» traffic, including the authentication session on different sites, cookies and so on.

3. Industrial espionage. Currently, the office Wi-Fi, a quick set up by incompetent administrators is for an attacker to «open the door» in the corporate LAN. As a result, you can gain access to confidential information as a company as well as to personal data of employees.

4. Pentesting (from Eng. Penetration testing — penetration testing). Pentestery — is essentially the same hackers, but acting on the request and with the consent of the owner of the network. Their task is to check the network security and resistance to penetration from the outside (or violation of its work from the inside). Among the owners of large and medium-sized businesses, IT-baffled security structures of their businesses, the demand for such services is very high.

5. Curiosity. It is a fairly common reason for breaking the network. This cause is particularly prevalent among the younger generation, being a kind of method of expression and giving a reason for pride.

Let us consider several methods of hacking the wireless network.

MAC Sniffing & Spoofing — an attack of this kind are possible because the transmission of packets even when the WEP, MAC-address is sent over the network in clear text. As

a result, MAC-address can be caught. Further inquiries are formed attacker access point using forged MAC.

WEP Attacks — pure data integrity tested and issued checksum (integrity check value, ICV). In 802.11 it uses CRC-32. ICV is appended to the data. Generates 24-bit initialization vector (IV) and to it «attaches» the secret key. The resulting value is the source for the generation of pseudo-random numbers. The generator produces a key sequence. Data XOR-yatsya this key sequence. The initialization vector is added to the end of all of it is transferred to the air.

Access Point Spoofing — This type of attack involves the use of fake access point, luring customers themselves. As a consequence, passwords and all data are at the attacker. The only condition for the successful implementation of this attack — burglar alarm access point must be commensurate stronger legal AP.

Plain text-attack. Enabled by the attacker knows the original message and has a copy of the encrypted response. All that is necessary in this case — the key. To obtain an attacker sends a network of some of the data and receives a response. On the basis of the response is 24-bit initialization vector used to generate a key.

Attack KoreK — in 2004 was offered a hacker calling himself KoreK. Its peculiarity is that the attack does not require weak initialization vector. To break is necessary to intercept the hundreds of thousands of staff. In the analysis using only the initialization vectors.

Attack Thews-Weinmann-Pyshkina — it was proposed in 2007 by Erik Thews (Erik Tews), Ralf-Phillip Weinmann (Ralf-Philipp Weinmann) and Andrei Pyshkina. It uses the opportunity injection ARPzaprosov the wireless network. At the moment this is the most effective attack to hack requires only a few tens of thousands of staff. The analysis uses the entire frame.

Attack Fluhrer-Mantin-Shamir. Employees Cisco Scott Fluhrer, Itsik Mantin, and Adi Shamir of Israel Research Institute have discovered a critical vulnerability in the algorithm Key Scheduling Algorithm (KSA), which stands at the heart of RC4. With it you can get a 24-bit WEP, and even a 128-bit key WEP 2. The result of the research — two programs: Air snort and WEPcrack, in certain circles, is particularly popular. To carry out the attack need at least half a million packages. After updating the protocol the attack failed.

Denial of service (DDoS) attacks — the goal of any denial of service attack is to limit access to legitimate user to net-

work resources, which is provided by sending a huge number of malformed packets, flooding the legitimate traffic and causing freeze and / or system reboot.

Low Hanging Fruit — this type of attack is designed for extraction of resources from the vulnerable unprotected networks. Most wireless networks are absolutely unprotected, they do not require authorization, and do not even use WEP, because a person with a wireless network card and a scanner can easily connect to the Access Point-have and use all the resources available to them. Hence the name — low-hanging fruit that frustrate there is no difficulty.

Rapid development of wireless technology in our country make the problem of searching for methods and means of protection against unauthorized access to the network is sufficiently urgent for both large companies and corporations that use their offices wireless networks and home users who want to ensure the safety of their information resources. To date, access to the Internet through wireless technologies provide such ISPs like TPS, EVO, SOHO, and others. In this regard, we can say, the number of attacks on wireless networks, which entails the need for additional security measures.

References:

1. Agzamov A., Anvarov A., Shakirov K. Economic reform and investment priorities in the Republic of Uzbekistan // Comparative Economic Studies. — 1995. — Т. 37. — № . 3. — с. 27–38.
2. Анваров А.А., Каримов П., Негматов У.М. АЛГОРИТМЫ НОРМАЛИЗАЦИИ ОСВЕЩЕННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ //Украина, Актуальные научные исследования в современном мире: материалы V Междунар. научн. — практ. инт. — конф. — Переяслав-Хмельницкий., Украина, 2015. — Т. 5. — № . Актуальные научные исследования в соврем. — с. 118–123.
3. Anvarov A. Learning Resources and Professional Development at Namangan Engineering Pedagogical Institute // YoungScientistUSA. — 2015. — Т. 3. — № . ISBN 978–1–329–40658–2. — с. 54–56.
4. Anvarov, Alisher. «Methods for Effective education». Scientific Journal Yan Kochanovski University, Poland 3.4 (2015): 4.
5. Анваров А. Staff development aspects of Namangan engineering pedagogical institute //«Молодой ученый». — 2015. — Т. 12. — № . № 12 (92) / 2015 ISSN 2072–0297. — с. 705–707.
6. Anvarov A., Tojxmedova I., Azimova D. System of Assessment in Namangan Engineering Pedagogical Institute // YOUNG SCIENTIST USA. — 2015. — с. 51.
7. Anvarov A. Recommendations on self-cognition and self development for ensuring spiritual development of students University //Austrian Journal of Humanities and Social Sciences 2015 January-February. — 2015. — Т. 1. — № . 1–2. — с. 74–75.
8. Anvarov A. Role of the international cooperation in high education development //Austrian Journal of Humanities and Social Sciences. — 2015. — Т. 1. — № . № 1–22015. — с. 72–74.
9. Agzamov A., Anvarov A., Shakirov K. Economic reform and investment priorities in the Republic of Uzbekistan // Comparative Economic Studies. — 1995. — Т. 37. — № . 3. — с. 27–38.
10. ANVAROV A. CREATION OF EDUCATION NETWORK AMONG THE INSTITUTIONS OF THE FERGHANA VALLEY //CHINA SHANGHAI university scientific journal. — 2005. — Т. 1. — № . 10. — с. pages 37–38.

Молодой ученый

Международный научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 2 (106) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметов И. Г.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Жураев Х. О.
Игнатова М. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенцов А. Э.
Сенюшкин Н. С.
Титова Е. И.
Ткаченко И. Г.
Фозилов С. Ф.
Яхина А. С.
Ячинова С. Н.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Г. А.

Ответственный редактор: Осянина Е. И.

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я., Голубцов М. В.

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:

почтовый: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.02.2016. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25