

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

научный журнал

Two Worlds  
True and False  
Democracy

After-Peace

important step, far-reaching  
taken when man first  
ings themselves and  
er than in powers and  
hat persists amid  
ry of man's work

This desire of knowledge and the wonder which it  
are the driving power behind all the changes that  
with careless, question-begging inference, call pro

man was first asked, What  
was about to dawn in the

Science is a subordinate category.  
When science offers itself as the final stage of  
it is guilty of a false quantity, in that it puts th  
which belongs elsewhere, upon the penultima

"An expert is one who knows more  
and more about less and less."

Why Should we Change  
our Form of Government

"Optimism is essential to achievement and it is also the foundation of courage and true prog

"Necessity does the work of courage."

*Nicholas Henry Butter*

Those people who think in terms of themselves, are hopelessly uneducated. They are no  
no matter how instructed they may be."

"One of the embarrassments of being a gentleman is that you are  
not permitted to be violent in asserting your rights"

7  
2015  
Часть I

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 7 (87) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметова Галия Дуфаровна, доктор филологических наук

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

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

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

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

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

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

*На обложке изображен Николас Мюррэй Батлер (1862–1947) — американский теоретик и практик педагогики, политик, публицист; лауреат Нобелевской премии мира 1931 года.*

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:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: info@moluch.ru; http://www.moluch.ru/.

**Учредитель и издатель:** ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4

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».

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

**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)

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)

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

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

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

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмуратович, 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)

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)

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)

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Бурьянов Павел Яковлевич

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Гульманов Н. К.**  
Показательно-геометрическая прогрессия  
и некоторые ее свойства .....1
- Звягин Л. С.**  
Экономико-математические методы  
и инновационные исследования:  
польза синтеза..... 3
- Кузнецова М. С.**  
Методы задания автоматов .....7
- Парыгина С. А.**  
Проблемы применения статистических критериев  
проверки гипотез к анализу экспериментальных  
данных социально-психологических  
исследований ..... 11

### ФИЗИКА

- Емельянов А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В.,  
Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В.,  
Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я.,  
Боброва С. Д., Андреева Е. Д., Карлова М. В.**  
Моделирование синхронного явнополюсного  
линейного двигателя ( $Z_1 = 12$ ) с укладкой  
катушки индуктора через зубец .....14

### ХИМИЯ

- Каршиев Э. Б., Жулбоев Т. А., Бакахонов А. А.,  
Алимкулов С. О.**  
Исследование пеногасящей способности высших  
изомеров карбоновых кислот на свойства  
суспензии акойского монтмориллонита..... 37
- Хрусталёв В. В., Гончар А. С.**  
Использование активности лактатдегидрогеназы  
в клинической диагностике ..... 40

- Шарипов Ш. Р., Умаров Ш. И., Алимкулов С. О.,  
Рустамов А. Ш., Юлдашев Б. Б.**  
Радиационная прививочная полимеризация  
метакрилового эфира диметилэтинилкарбинола  
на поливинилхлорид .....42

### ИНФОРМАТИКА

- Абдуллаева С. У.**  
Система «Э-больница» как практический подход  
к автоматизации медицинских учреждений .....46
- Аипова А. Ю.**  
Проектирование UML-диаграмм для системы  
учета рабочего времени в условиях  
единой информационной среды Томского  
политехнического университета..... 47
- Бобрешов-Шишов Д. И., Саяркин Л. А.,  
Шаров И. А.**  
Динамическое управление структурой  
распределенной базы данных..... 51
- Григорьева Д. Р., Багирова Л. И.**  
Место криптовалюты в информационных  
технологиях в экономике .....53
- Диденко Д. А., Чулюков В. А.**  
Линейно-штабная с временно-целевыми  
компонентами модель структуры  
гражданского вуза .....55
- Леонов А. В.**  
Понятие «доверия» в Интернете вещей .....58
- Нифантьев К. С.**  
Анализ возможностей интерактивной  
компьютерной графики..... 61
- Польшакова Н. В., Житарь Я. И.**  
Применение геоинформационных систем  
в мониторинге земель сельскохозяйственного  
назначения в Орловской области .....64

**Чугреев В. Л.**  
Особенности реализации MVC-архитектуры в веб-приложениях.....66

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Абраштов В. С., Жуков А. Н., Фаина А. А.**  
Практика обследования и усиления ячеистых плит покрытия ..... 71

**Аванесян Е. И., Нициевская К. Н., Мотовилов О. К.**  
Перспективная технология переработки растительного сырья на примере ядра кедрового ореха.....74

**Агеева Е. В., Зубарев М. А., Мезенов Ю. А.**  
Зависимости производительности процесса получения нихромовых порошков в водной среде от электрических параметров установки электроэрозионного диспергирования..... 77

**Аль-Ани о. А. А.**  
Солнечная энергия и ее использование..... 80

**Аль Бермани А. Г.**  
Атомные электростанции .....82

**Арискин М. В., Дмитриева Н. Е., Гарькин И. Н.**  
Анализ НДС в деревянных конструкциях .....85

**Балакин Ю. А., Вылцан С. С., Должко Д. М.**  
Влияние технического диагностирования на повышение точности прогнозирования остаточного срока службы горнотранспортного оборудования.....88

**Бодрова А. А., Кокорева Я. В., Логвин В. И., Макаров А. А., Хрулев П. А.**  
Формализация процесса удаленного взлома информационной системы как фактор проектирования политики ее безопасности ..... 91

**Боровлев И. И.**  
Учет влияния скорости передачи сигналов на среднее превышение сигнал/помеха в точке приема .....94

**Вардияшвили А. А., Файзиев Т. А., Муродов И., Вардияшвили А. А., Абдиназаров С. Б.**  
Сельский дом с гелиотеплицами и водонагревательной установкой коммунально-бытового назначения..... 97

**Володин С. С.**  
Определение максимального прогиба прямоугольных пластинок ..... 100

**Вяткин М. Ф., Куимова М. В.**  
A few words about space tourism ..... 103

**Гарькин И. Н., Артюхина О. В., Еркин Д. В.**  
Метод расчёта производительности вертикально-вибрационных смесителей ..... 105

**Гарькин И. Н., Артюхина О. В., Кормилицын А. Н.**  
Обследование конструкций изотермического резервуара..... 107

**Гасанов С. Л.**  
Innovative approach to the research of some constructive parameters of plant for dose of tanner materials in a food industry ..... 110

**Давыдов А. С., Данилов А. М.**  
Структуризация целостной эргатической системы..... 112



# МАТЕМАТИКА

## Показательно-геометрическая прогрессия и некоторые ее свойства

Гульманов Нуртай Кудайбергенович, учитель математики  
 Назарбаев Интеллектуальная школа химико-биологического направления (г. Караганда, Казахстан)

Как известно, числовая последовательность, каждый член которой, начиная со второго, равен предыдущему, сложенному с некоторым числом, называется арифметической прогрессией. А числовая последовательность, каждый член которой, начиная со второго, равен предыдущему, умноженному на некоторое отличное от нуля постоянное число, называется геометрической прогрессией. Из определения арифметической и геометрической прогрессий, мы видим, что данные прогрессии основаны на арифметических действиях суммы (разности) и умножения (деления). Возникает вопрос: существует ли прогрессия, которая основана на действии возведение в степень число. Отвечая на этот вопрос, автором был определен новый вид прогрессии — показательная прогрессия.

**Определение 1** [1]. Пусть дана последовательность положительных чисел

$$\{c_n\}_{n=1}^{\infty} c_n > 0 \quad \forall n \in N. \quad (1)$$

Последовательность (1), первый член которой отличен от единицы, называется показательной прогрессией, если ее каждый член, начиная со второго, равен предыдущему, возведенному в положительную степень  $r > 0$  ( $r \neq 1$ ).

Таким образом,

$$c_{n+1} = c_n^r \quad \forall n \in N, \quad r > 0 \quad (r \neq 1), \quad (2)$$

где  $c_{n+1}$  и  $c_n$  соответственно  $n$ - и  $n+1$ -й члены прогрессии;  $r$  — знаменатель показателя прогрессии, которая вычисляется по формуле

$$r = \log_{c_n} c_{n+1}.$$

Показательную прогрессию будем обозначать следующим образом:

$$\doteq \{c_n\}_{n=1}^{\infty}.$$

В данной статье был определен новый вид числовой прогрессии — показательно-геометрическая прогрессия. Доказаны некоторые свойства введенной прогрессии, как общая формула  $n$ -го члена, формула нахождения знаменателя и знаменателя показателя прогрессии, ха-

рактеристическое свойство, а также установлена связь с показательной прогрессией.

Прежде чем дать определение рассматриваемой прогрессии, хотелось бы поговорить о характеристическом свойстве показательной прогрессии. В [1] в качестве характеристического свойства взята следующая теорема.

**Теорема.** Для каждого члена показательной прогрессии, начиная со второго, выполняется равенство

$$c_n^{\frac{1}{r}} = (c_{n+1})^{\frac{1}{r}}. \quad (3)$$

Хотя соотношение (3) и выражает связь между соседними тремя членами показательной прогрессии, оно связано со знаменателем показателя прогрессии  $r$ . Однако если вспомнить, характеристические свойства арифметической и геометрической прогрессий, которые не зависят соответственно от разности и знаменателя, можно сказать, что существует соотношение, которое будет связывать подряд идущих три члена показательной прогрессии, не завися от знаменателя показателя. Покажем ее с помощью следующей теоремы.

**Теорема 1** (характеристическое свойство показательной прогрессии). Для каждого члена показательной прогрессии, начиная со второго, выполняется равенство

$$\log_{c_n} c_{n-1} \cdot \log_{c_n} c_{n+1} = 1. \quad (4)$$

Доказательство. По определению показательной прогрессии

$$c_n = c_{n-1}^r \quad \text{и} \quad c_{n+1} = c_n^r.$$

Отсюда следует, что

$$r = \log_{c_{n-1}} c_n \quad \text{или} \quad r = \log_{c_n} c_{n+1}$$

т. е.

$$\log_{c_{n-1}} c_n = \log_{c_n} c_{n+1}$$

$$\frac{1}{\log_{c_{n-1}} c_n} \cdot \log_{c_n} c_{n+1} = 1$$

или

$$\log_{c_n} c_{n-1} \cdot \log_{c_n} c_{n+1} = 1$$

что и требовалось доказать.

Перейдем к основной части статьи.

**Определение 2.** Пусть дана последовательность положительных чисел

$$\{d_n\}_{n=1}^{\infty} d_n > 0 \quad \forall n \in N. \tag{5}$$

Последовательность (5), первый член которой отличен от единицы, называется показательно-геометрической прогрессией, если ее каждый член, начиная со второго, равен предыдущему, возведенному в одну и ту же положительную степень  $r > 0$  ( $r \neq 1$ ) и умноженному на одно то же положительное число  $q > 0$  ( $q \neq 1$ ).

Таким образом,

$$d_{n+1} = qd_n^r \quad \forall n \in N, \quad r > 0 \quad (r \neq 1), \quad q > 0 \quad (q \neq 1),$$

$$d_1 \neq 1 \tag{6}$$

где  $d_{n+1}$  и  $d_n$  соответственно  $n$ - и  $n+1$ -й члены прогрессии;  $q$  — знаменатель,  $r$  — знаменатель показателя прогрессии, которая вычисляется по формуле.

Показательную прогрессию будем обозначать следующим образом:

$$\{d_n\}_{n=1}^{\infty}.$$

**Пример 1.** Следующая прогрессия является показательно-геометрической с  $d_1 = 4$ ,  $r = 2$ ,  $q = \frac{1}{2}$ :  
4, 8, 32, 512, 131072,....

Из определения 2 следуют замечания.

**Замечание 1.** Если в показательно-геометрической прогрессии  $r = 1$ , то можно получить геометрическую прогрессию.

**Замечание 2.** Если в показательно-геометрической прогрессии  $q = 1$ , то можно получить показательную прогрессию.

Определим знаменатель показателя показательно-геометрической прогрессии. По (6) запишем  $n+1$ -ый и  $n+2$ -ой члены прогрессии

$$d_{n+1} = qd_n^r \quad \text{и} \quad d_{n+2} = qd_{n+1}^r.$$

Разделим почленно данные равенства и прологарифмуем обе части получившегося равенства по основанию  $\frac{d_{n+1}}{d_n}$ .

$$\frac{d_{n+1}}{d_{n+2}} = \frac{d_n^r}{d_{n+1}^r} \quad \text{или} \quad \log_{\frac{d_{n+1}}{d_n}} \frac{d_{n+2}}{d_{n+1}} = \log_{\frac{d_{n+1}}{d_n}} \left( \frac{d_{n+1}}{d_n} \right)^r.$$

А от этого следует наше искомое равенство

$$r = \log_{\frac{d_{n+1}}{d_n}} \frac{d_{n+2}}{d_{n+1}}. \tag{7}$$

**Замечание 3.** Если  $r = 1$ , то из (7) можно получить характеристическое свойство геометрической прогрессии, т. е.

$$r = \log_{\frac{d_{n+1}}{d_n}} \frac{d_{n+2}}{d_{n+1}} \Rightarrow d_{n+1}^2 = d_n \cdot d_{n+2} \quad \text{при} \quad r = 1.$$

Рассмотрим следующие равенства

$$d_{n+1} = qd_n^r \quad \text{және} \quad d_{n+2} = qd_{n+1}^r.$$

Отсюда следует, что

$$\begin{aligned} d_n^r &= \frac{d_{n+1}}{q}, \quad d_{n+1}^r = \frac{d_{n+2}}{q} \\ r = \log_{d_n} \frac{d_{n+1}}{q}, \quad r &= \log_{d_{n+1}} \frac{d_{n+2}}{q} \\ \log_{d_n} \frac{d_{n+1}}{q} &= \log_{d_{n+1}} \frac{d_{n+2}}{q}. \end{aligned}$$

По свойству логарифмов

$$\begin{aligned} \log_{d_n} d_{n+1} - \log_{d_n} q &= \log_{d_{n+1}} d_{n+2} - \log_{d_{n+1}} q \\ \log_{d_{n+1}} q - \log_{d_n} q &= \log_{d_{n+1}} d_{n+2} - \log_{d_n} d_{n+1} \\ \log_{d_{n+1}} q - \frac{1}{\log_q d_n} &= \log_{d_{n+1}} d_{n+2} - \log_{d_n} d_{n+1} \\ \frac{\log_{d_{n+1}} q \cdot \log_q d_n - 1}{\log_q d_n} &= \log_{d_{n+1}} d_{n+2} - \log_{d_n} d_{n+1} \\ \frac{\log_{d_{n+1}} d_n - 1}{\log_q d_n} &= \log_{d_{n+1}} d_{n+2} - \log_{d_n} d_{n+1} \\ \log_{d_n} q &= \frac{\log_{d_{n+1}} d_{n+2} - \log_{d_n} d_{n+1}}{\log_{d_{n+1}} d_n - 1} \end{aligned} \tag{8}$$

Итак, знаменатель показательно-геометрической прогрессии  $q$  можно найти по формуле (8).

**Замечание 4.** Если  $q=1$ , то из (8) можно получить характеристическое свойство показательной прогрессии.

$$\log_{d_{n+1}} d_{n+2} \cdot \log_{d_{n+1}} d_n = 1.$$

Формула (2) неудобна тем, что для вычисления  $n$ -го члена необходимо знать все предыдущие члены прогрессии. Выведем формулу общего члена показательно-геометрической прогрессии. По определению показательной прогрессии

$$\begin{aligned} d_2 &= q \cdot d_1^r \\ d_3 &= q \cdot d_2^r = q \cdot (q \cdot d_1^r)^r = q \cdot q^r d_1^{r^2} = q^{r+1} d_1^{r^2} \\ d_4 &= q \cdot d_3^r = q \cdot (q^{r+1} d_1^{r^2})^r = q \cdot q^{r^2+r} d_1^{r^3} = q^{r^2+r+1} d_1^{r^3} \end{aligned}$$

Мы видим, что здесь есть закономерность: индекс каждого члена прогрессии больше показателя степени  $d_1$  на единицу, и больше степени многочлена — показа-

теля  $q$  на две единицы. Поэтому мы можем предположить, что  $n+1$ -й член прогрессии вычисляется по формуле

$$d_{n+1} = q^{r^{n-1} + r^{n-2} + r^{n-3} + \dots + r + 1} \cdot d_1^{r^n}$$

или

$$d_{n+1} = q^{\frac{r^n - 1}{r - 1}} \cdot d_1^{r^n} \tag{9}$$

Доказательство данной формулы можно провести методом математической индукции.

**Теорема 2.1.** Пусть  $\{d_n\}_{n=1}^\infty$  показательно-геометрическая прогрессия, тогда последовательность  $\{e_n\}_{n=1}^\infty$ ,  $n$ -член которой определяется следующим образом

$$e_n = \frac{d_{n+1}}{d_n},$$

будет показательной прогрессией.,

Литература:

1. Н. К. Гульманов/Определение нового вида прогрессии, основанной на операции возведения в степень, и изучение ее основных свойств/Н. К. Гульманов, Н. А. Марчук // «Высокое качество и лидерство в образовании»: сборник докладов Международной научно-практической конференции (13–15 ноября 2013 года)/АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы». Часть 1. — Астана, 2013. — с. 120–124

Для  $\{e_n\}_{n=1}^\infty$  ее характеристическое свойство будет следующее равенство:

$$\log_{e_{n+1}} e_{n+2} \cdot \log_{e_{n+1}} e_n = 1$$

Если выполнить следующие замены:

$$e_n = \frac{d_{n+1}}{d_n},$$

$$e_{n+1} = \frac{d_{n+2}}{d_{n+1}},$$

$$e_{n+2} = \frac{d_{n+3}}{d_{n+2}}$$

Тогда получим:

$$\log_{\frac{d_{n+2}}{d_{n+1}}} \frac{d_{n+3}}{d_{n+2}} \cdot \log_{\frac{d_{n+2}}{d_{n+1}}} \frac{d_{n+1}}{d_n} = 1. \tag{10}$$

(10) формулу можно принять за характеристическое свойство показательно-геометрической прогрессии.

## Экономико-математические методы и инновационные исследования: польза синтеза

Звягин Леонид Сергеевич, кандидат экономических наук, доцент  
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University (г. Москва)

*Как известно, характерной особенностью научно-технического прогресса в развитых странах является возрастание роли экономической науки. Экономика выдвигается на первый план именно потому, что она в решающей степени определяет эффективность и приоритетность направлений научно-технического прогресса раскрывает широкие пути реализации экономически выгодных достижений.*

*Применение математических методов совместно с последними инновационными исследованиями в экономической науке, дало толчок в развитии как самой экономической науки, так и прикладной математике, в части методов экономико-математической модели.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, экономика, методы исследования, развитие, инновации, анализ.

## Economic-mathematical methods and innovative research: the use of synthesis

*As is known, a characteristic feature of scientific-technical progress in the developed countries is the increasing role of economic science. The economy comes to the fore precisely because it crucially determines the effectiveness and priority directions of scientific-technical progress opens up a wide path implement cost-effective achievements. The application of mathematical methods together with the latest innovative research in Economics, gave an im-*

*petus to the development of economic science and applied mathematics, part of the methods of economic-mathematical model.*

**Keywords:** *mathematical modeling, Economics, research methods, development, innovations, analysis.*

Сегодня для практического использования экономической науки требуются экономико-математические методы и инновационные исследования, использование которых позволит не только разобраться с состоянием экономики, но и достаточно точно сказать, какова на данный момент ситуация в экономике, какие проблемы стоят перед ней, и какие принципы необходимо разработать для ее стабилизации, а также спрогнозировать, что будет с экономикой через какое-то время, каковы последствия, и какова социально-экономическая цена принимаемых решений.

Может показаться, что результат синтеза экономико-математических методов и инновационных исследований является особой наукой, предназначенной для экономистов и математиков. На самом деле: использование экономико-математических методов — это, прежде всего, умение формулировать и решать проблемы, причем проблемы, касающиеся каждого человека, а применение современных исследований — необходимое условие для современного, постоянно меняющегося мира.

Первое обстоятельство, на которое следует обратить внимание, заключается в том, что любой человек в своей повседневной жизни использует экономико-математические методы и применяет инновационные исследования. Например, если человек собирается купить продукты питания, то:

— в начале человек обдумывает маршрут, чтобы более экономно использовать свое время. А также подбирает наиболее удобный для него магазин (При совершении этих нехитрых действий человек использует различные инновационные исследования в сфере информационных технологий, пользуется различными гаджетами, смартфонами и другими электронными устройствами);

— затем человек проверяет свою платежеспособность, вспоминая цены на продукты (в данном случае человек совершает различные экономико-математические подсчеты, ориентируясь на уровень цен, использует инновационные исследования);

— далее человек рассчитывает объем и ассортимент покупок (аналогично применяя выше упомянутые способы);

— и наконец — берет соответствующую емкость для продуктов (используя на этот раз такой прием экономико-математических методов, как моделирование ситуации).

Применение экономико-математических методов совместно с инновационными исследованиями помогает не только полностью осознать окружающую действительность, но и правильно воспользоваться доступной для него информацией.

Таким образом, второе обстоятельство заключается в том, что каждый человек старается наиболее эффективно использовать имеющуюся в его распоряжении информацию. Отсюда вывод: каждый человек в современном мире использует не только экономико-математические методы (в частности — экономическое моделирование), но и активно пользуется последними инновационными исследованиями.

Синтез экономико-математических методов и инновационных исследований необходим не только для конкретного человека, но и для окружающих его людей. В экономической сфере деятельности это обстоятельство является наиболее важным аспектом деятельности любого менеджера, для которого экономико-математические методы являются важнейшим инструментом, позволяющим принимать адекватные решения. Причем, использование экономико-математических методов предназначено для менеджеров, принимающих ответственные решения, а применение в этом процессе инновационных исследований только должно помогать менеджеру в его деятельности.

На заре появления компьютеров было много попыток создания эффективных устройств, осуществляющих экономико-математические подсчеты. В процессе создания автоматизированных систем управления ученые увлеклись решением задач, стоящих перед экономикой и требующих мгновенного решения. Таким образом, инновационные исследования стали работать вкупе с математическими методами.

Сегодня менеджеры вынуждены принимать решения, руководствуясь опытом и интуицией, прибегая к инновационным исследованиям. Компьютер позволяет сделать доступной информацию, для получения которой раньше требовалось много времени, но компьютер не позволяет формировать и оценивать принимаемые решения. Экономико-математические методы призваны исправить эту ситуацию.

И первой задачей, которая естественно возникает в процессе решения различных проблем в экономике — это адекватная формулировка проблемы, которая невозможна без применения экономико-математических методов и инновационных исследований. Если рассматривать другие науки, то в большинстве из них задачи сформулированы давно и все действия сводятся к поиску наиболее эффективных решений. В экономике же не существует вечных задач, существует лишь вечная проблема правильного формулирования той или иной задачи в конкретной экономической ситуации. А ситуации здесь очень разнообразны и очень изменчивы, для решения их невозможно обойтись без исследований. Поэтому экономико-математические методы пригодны для использования, вне зависимости от временных изменений, но необходимо по-другому формулировать и решать задачи, используя последние инновационные исследования.

Таким образом, преимущества использования синтеза экономико-математических методов и инновационных исследований ясны и понятны. В условиях турбулентности современной экономики просто невозможно обойтись без методов и результатов исследований. Далее в своем реферате я постаралась более детально разобраться, как именно происходит данный синтез.

### История возникновения, математические школы

Как мы знаем из истории, математическая экономика стала развиваться именно из моделей простого и расширенного воспроизводства. Именно благодаря этим моделям, стали впервые отражаться денежные потоки, а также потоки товаров и продуктов. Примером такой модели может являться — модель Ф. Кенэ. Со временем данные модели (подробнее и детальнее) стали изучаться в экономической кибернетике — примером могут служить работы А. Ланге. Позднее были рассмотрены схемы денежных и материальных потоков, которые обеспечивали простое и расширенное воспроизводство, а также различные модели математической статистики. Далее возникли концепции производственных функций, предельных полезностей и субъективных полезностей, предельных и маргинальных значений. Дальнейшее развитие модели получили в рамках линейного и выпуклого программирования, выпуклого анализа.

Позднее развитие получили такие техники моделирования, как имитационное моделирование, а также экспертные системы и нейронные сети. Стоит отметить, что понятие субъективной полезности ввел в 18-м веке Ф. Галиани. Со временем данное понятие и понятие предельной полезности стало развиваться с середины девятнадцатого века в рамках австрийской школы, такими учеными как: К. Менгер, В. Бем-Баверк, Ф. Визер. Эти же понятия (и углубленный анализ развития модели экономического равновесия) исследовались учеными другой школы — математической, яркими представителями которой являются Л. Вальрас, В. Джевонс, Эджворт. Как известно, австрийская и математическая школы связаны с маржиналистской концепцией. И точный вид маргинальные оценки получили именно в теории двойственности в математическом программировании.

### Основы корреляционного анализа

Корреляционный анализ служит для количественной оценки взаимосвязи множественных взаимодействующих экономических явлений и случайных величин.

С его помощью становится возможной проверка различных экономических гипотез на факт наличия (а также — силе связи) между двумя величинами или группой величин. Корреляционный анализ тесно связан с регрессионным анализом, задачей которого является экспериментальное определение параметров корреляционных зависимостей между экономическими показателями путем наблюдения за характером их изменения. Одним из основных методов регрессионного анализа является метод наименьших квадратов (краткое содержание которого было изложено ранее). Модели, полученные с помощью регрессионного анализа, позволяют прогнозировать варианты развития экономических процессов и явлений, изучить тенденции изменения экономических показателей, то есть служат инструментом научно-обоснованных предсказаний. Результаты прогноза является исходным материалом для постановки реальных экономических целей и задач, для выявления и принятия наилучших управленческих решений, для разработки хозяйственной и финансовой стратегий в будущем.

Корреляционные моменты, коэффициент корреляции — это числовые характеристики, тесно связанные с введенным выше понятием случайной величины, а точнее с системой случайных величин. Поэтому для ввода и определения их значения и роли необходимо пояснить понятие системы случайных величин и некоторые свойства присущие им.

Две и более случайные величины, описывающие некоторое явление, называют системой или комплексом случайных величин.

Совокупность математических ожиданий  $M X$ ,  $M Y$  представляет собой характеристику положения системы. Геометрически это координаты средней точки на плоскости, вокруг которой происходит рассеивание точки  $(X, Y)$ .

Важную роль на практике играют также вторые центральные моменты систем. Два из них представляют собой дисперсии величин  $X$  и  $Y$ , характеризующих рассеяние случайной точки в направлении осей  $Ox$  и  $Oy$ . Особую роль играет второй смещенный центральный момент, называемый корреляционным моментом (иначе — «моментом связи») случайных величин  $X$  и  $Y$ . корреляционный момент является характеристика системы случайных величин, описывающая, кроме рассеяния величин  $X$  и  $Y$ , еще и связь между ними. Для того, чтобы убедиться в этом отметим, что корреляционный момент независимых случайных величин равна нулю. Заметим, что корреляционный момент характеризует не только зависимость величин, но и их рассеяния. Поэтому для характеристики связи между величинами  $(X; Y)$  в чистом виде переходят от момента  $K_{XY}$  к характеристике, где  $\sigma X$ ,  $\sigma Y$  — средние квадратические отклонения величин  $X$  и  $Y$ . Эта характеристика называется коэффициентом корреляции величин  $X$  и  $Y$ .

Возможен и комбинированный критерий, состоящий в одновременном выполнении указанных условий. Градиентные методы отличаются друг от друга способами выбора величины шага  $k$ .

При методе с постоянным шагом для всех итераций выбирается некоторая постоянная величина шага. Достаточно малый шаг  $A_k A_k$  обеспечит убывание функции, то есть выполнение неравенства

$$f(x[k+1]) = f(x[k] - A_k F'(x[k])) < f(x[k])$$

Однако это может привести к необходимости проводить неприемлемо большое количество итераций для достижения точки минимума. С другой стороны, слишком большой шаг может вызвать неожиданный рост функции или привести к колебаниям около точки минимума (зацикливание). Из-за сложности получения необходимой информации для выбора величины шага методы с постоянным шагом применяются на практике редко.

Более экономические в смысле количества итераций и надёжности градиентные методы с переменным шагом, когда в зависимости от результатов вычислений величина шага некоторым образом меняется. Рассмотрим, как применяются на практике варианты таких методов.

### Градиентный спуск

При использовании метода наискорейшего спуска на каждой итерации величина шага  $A_k$  выбирается из условия минимума функции  $f(x)$  в направлении спуска, то есть

$$f(x[k] - A_k F'(x[k])) = f(x[k] - af'(x[k]))$$

Это условие означает, что движение вдоль антиградиента происходит до тех пор, пока значение функции  $f(x)$  убывает. С математической точки зрения на каждой итерации необходимо решать задачи одномерной минимизации функции

$$j(a) = f(x[k] - af'(x[k])).$$

Алгоритм метода наискорейшего спуска состоит в следующем:

1. Задаются координаты начальной точки  $x[0]$
2. В точке  $x[k]$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$  вычисляется значение градиента  $f'(x[k])$
3. Определяется величина шага  $A_k A_k$ , путем одномерной минимизации по функции  $j(a) = f(x[k] - af'(x[k]))$
4. Определяются координаты точки  $x[k+1]: x_i[k+1] = X_n[k] - A_k F'_i(x[k]), i = 1, \dots, n.$

5. Проверяются условия остановки итерационного процесса. Если они выполняются, то вычисления прекращаются. В противном случае осуществляется переход к п. 1.

В рассматриваемом методе направление движения с точки  $x[k]$  касается линии уровня в точке  $x[k+1]$ . Траектория спуска зигзагообразная, причем соседние звенья зигзага ортогональны друг другу.

Градиентные методы сходятся к минимуму с высокой скоростью (со скоростью геометрической прогрессии) для гладких выпуклых функций. В таких функций наибольшее  $M$  и наименьшее  $m$  собственные значения матрицы вторых производных (матрицы Гессе) мало отличаются друг от друга, то есть матрица  $H(x)$  хорошо обусловлена.

### Метод сопряжённых градиентов

Рассмотренные выше градиентные методы отыскивают точку минимума функции в общем случае лишь за бесконечное число итераций. Метод сопряжённых градиентов формирует направления поиска, в большей степени соответствующие геометрии минимизируемой функции. Это существенно увеличивает скорость их сходимости и позволяет, например, минимизировать квадратичную функцию  $f(x) = (x, Hx) + (b, x) + a$  с симметричной положительно определённой матрицей  $H$  за конечное число шагов  $p$ , равное числу переменных функции. Любая гладкая функция в окрестности точки минимума хорошо аппроксимируется квадратичной, поэтому методы сопряжённых градиентов успешно применяют для минимизации и неквадратичных функций. В таком случае они перестают быть конечными и становятся итеративными. По определению, два  $n$ -мерных вектора  $x$  называют сопряжёнными ПО отношению к матрице  $H$  (или  $H$ -сопряжёнными), если скалярное произведение  $(x, Hy) = 0$ . Здесь  $H$  — симметричная положительно определённая матрица размером  $n \times n$ . Одной из наиболее существенных проблем в методах сопряжённых градиентов является проблема эффективного построения направлений.

Метод Флетчера-Ривса решает эту проблему путем преобразования на каждом шагу антиградиента  $-f'(x[k])$  в направление  $p[k]$ ,  $H$ -сопряжённое с ранее найденными направлениями. Рассмотрим сначала этот метод применительно к задаче минимизации квадратичной функции. Направления вычисляются по формулам:

$$p[k] = -f'(x[k]) + B_{k-1} p[k], k \geq 1$$

$$p[0] = -f'(x[0])$$

Величины  $B_{k-1}$  выбираются так, чтобы направления  $p[k]$ ,  $p[k-1]$  были Н-сопряженными:  $(P[k], P[k-1]) = 0$ . В результате для квадратичной функции, итерационный процесс минимизации имеет вид:

$$x[k+1] = x[k] + A_k P[k],$$

где  $p[k]$  — направление спуска на  $k$ -м шаге, а  $k$  — величина шага.

Последняя выбирается из условия минимума функции  $f(x)$  ПО  $a$  в направлении движения, то есть в результате решения задачи одномерной минимизации:

$$f(x[k] + A_k \gamma[k]) = f(x[k] + a p[k])$$

Для квадратичной функции алгоритм метода сопряженных градиентов Флетчера-Ривса заключается в следующем:

1. В точке  $x[0]$  вычисляется  $p[0] = -f'(x[0])$ .
2. На  $k$ -м шаге ПО приведенным выше формулам определяются шаг  $a_k$ . И точка  $x[k+1]$ .
3. Вычисляются величины  $f(x[k+1])$  и  $f'(x[k+1])$ .
4. Если  $f'(x[k+1]) = 0$ , то точка  $x[k+1]$  является точкой минимума функции  $f(x)$ .

В противном случае определяется новое направление  $p[k+1]$  из соотношения и осуществляется переход к следующей итерации. Эта процедура найдет минимум квадратичной функции не более чем за  $n$  шагов. При минимизации неквадратичных функций метод Флетчера-Ривса из конечного становится итеративным.

На всех уровнях управления, во всех отраслях используются методы экономико-математического моделирования в купе с последними инновационными исследованиями. Проанализировав их практическое применение, мы можем наблюдать положительный эффект в решении задач, стоящих как перед конкретным человеком, так и перед экономикой в целом. Экономико-математические расчёты противостоят волевым решениям, поскольку позволяют заранее оценить последствия каждого решения, отбросить недопустимые варианты (благодаря инновационным исследованиям) и рекомендовать наиболее удачные.

В условиях турбулентности современной жизни просто невозможно обойтись без экономико-математических методов и результатов исследований.

Литература:

1. Аристов, С.А. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст]: учебное пособие/С.А. Аристов. — Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2004. — 121 с.;
2. Борщёв, А. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика [Электронный ресурс]. — /А. Борщёв. — Электронные данные. — Exponenta PRO — Вып. 3–4 (7–8) 2004 — с. 38–47;
3. Власов, М.П. Моделирование экономических процессов [Текст]/М.П. Власов, П.Д. Шимко. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. — 410 с.;
4. Войнов, И.В. Моделирование экономических система и процессов. Опыт моделирования ARIS-моделей [Текст]/И.В. Войнов, С.Г. Пудовкин, А.И. Телегин. — Челябинск: ЮУрГУ, 2002. — 392 с.;
5. Снетков, Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст]: учебное пособие/Н.Н. Снетков. — Москва: Изд. центр ЕАОИ, 2008. — 228 с.

## Методы задания автоматов

Кузнецова Маргарита Сергеевна, учитель математики  
МОУ лицей №9 имени заслуженного учителя РФ А. Н. Неверова (г. Волгоград)

Поведение многих объектов описывается так называемой конечно-автоматной моделью. В соответствии с этой моделью объект находится в одном из конечного множества состояний, а переходит в другое состояние под воздействием входных сигналов (команд, событий).

Находясь в том или ином состоянии, объект вырабатывает некий выходной сигнал (параметр). Иначе говоря, *конечный автомат* — математическая (алгоритмическая) модель поведения устройств с конечной памятью. Конечные автоматы применяются, например, в системах

синтаксического анализа и перевода текста, компьютерных играх, системах управления сложными техническими устройствами и др.

**Абстрактный автомат** — это математическая модель, описывающая техническое устройство совокупностью входных, выходных сигналов и состояний, кроме того: имеет множество внутренних состояний  $A = \{a_1(t), a_2(t), \dots, a_M(t)\}$ , называемых состояниями автомата; на вход автомата поступает конечное множество входных сигналов  $Z = \{z_1(t), z_2(t), \dots, z_F(t)\}$ ; имеется конечное множество выходных сигналов  $W = \{u_1, u_2, \dots, u_G\}$ ; задана функция перехода  $\delta(a_m, z_i)$ ; задана функция формирования выходов автомата  $\lambda(a_m, z_i)$ ; определено начальное состояние автомата  $a_1 \in A$ .

То есть для описания автомата нужно использовать шестёрку вида  $S = \{A, Z, W, \delta, \lambda, a_1\}$ , где

- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}$  — алфавит состояний;
- $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_F\}$  — входной алфавит;
- $W = \{u_1, u_2, \dots, u_G\}$  — выходной алфавит;
- $\delta: A \times Z \rightarrow A$  ( $a_s = \delta(a_m, z_i) / a_s \in A, z \in Z$ );
- $\lambda: A \times Z \rightarrow W$  ( $u_s = \lambda(a_m, z_i) / a_s \in A, u \in W$ );
- $a_1 \in A$

Автомат реализует некоторое отображение множества слов входного алфавита  $Z$  в множество слов выходного алфавита  $W$ .

В зависимости от способа определения выходного сигнала в синхронных автоматах различают:

- Автомат первого рода (*Автомат Мили*)  
 $A(t+1) = \delta(a(t), z(t))$ ;  
 $W(t) = \lambda(a(t), z(t))$ ; где  $t=0, 1, 2, \dots$
- Автомат второго рода (*Автомат Мура*)  
 $A(t+1) = \delta(a(t), z(t))$ ;  
 $W(t) = \lambda(a(t), z(t))$ ; где  $t=0, 1, 2, \dots$   
 $W(t+1) = \lambda(a(t+1)) = \lambda(\delta(a(t), z(t)))$

**Методы задания автоматов**

Для задания конечного автомата  $S$  требуется описать все элементы множества  $S = \{A, Z, W, \delta, \lambda\}$ . Наиболее часто используемой формой описания элементов множества  $S$  используется табличный, графический, матричный способы.

**Теоретико-множественное представление автоматов.**

Для задания конечного автомата  $S = \{A, Z, W, \delta, \lambda\}$  все элементы множества должны быть заданы явно. Так для автомата Мили:

- $A = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}$  — алфавит состояний;
- $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_F\}$  — входной алфавит;
- $W = \{u_1, u_2, \dots, u_G\}$  — выходной алфавит;
- $\delta: A \times Z \rightarrow A$  ( $a_s = \delta(a_m, z_i) / a_s \in A, z \in Z$ );
- $\lambda: A \times Z \rightarrow W$  ( $u_s = \lambda(a_m, z_i) / a_s \in A, u \in W$ );
- $a_1 \in A$  — начальное состояние автомата.

Например, автомат Мили  $S_1 = \{A, Z, W, \delta, \lambda, a_1\}$ , представленный в табл. 1.3 в явной форме описывается так:

$A = \{a_1, a_2, a_3\}; Z = \{z_1, z_2\}; W = \{u_1, u_2\}; \delta: a_2 = \delta(a_1, z_1); a_3 = \delta(a_1, z_2); a_1 = \delta(a_2, z_1); a_3 = \delta(a_2, z_2); a_3 = \delta(a_3, z_1); a_2 = \delta(a_3, z_2); \lambda: u_1 = \lambda(a_1, z_1); u_2 = \lambda(a_1, z_2); u_2 = \lambda(a_2, z_1); u_1 = \lambda(a_2, z_2); u_1 = \lambda(a_3, z_1); u_1 = \lambda(a_3, z_2).$

Автомат Мура  $S_2 = \{A, Z, W, \delta, \lambda, a_1\}$ , представленный в табл. 1.8 в явной форме описывается так:

$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}; Z = \{z_1, z_2, z_3\}; W = \{u_1, u_2, u_3\}; \delta: a_2 = \delta(a_1, z_1); a_1 = \delta(a_1, z_2); a_4 = \delta(a_2, z_3); a_1 = \delta(a_2, z_1); a_5 = \delta(a_2, z_2); a_3 = \delta(a_2, z_3); a_1 = \delta(a_3, z_1); a_2 = \delta(a_3, z_2); a_5 = \delta(a_3, z_3); a_1 = \delta(a_4, z_1); a_5 = \delta(a_4, z_2); a_2 = \delta(a_4, z_3); a_1 = \delta(a_5, z_1); a_3 = \delta(a_5); a_4 = \delta(a_5, z_3); \lambda: u_1 = \lambda(a_1); u_3 = \lambda(a_2); u_2 = \lambda(a_3); u_1 = \lambda(a_4); u_3 = \lambda(a_5).$

**Табличная форма.**

Табличная форма для автомата Мили иллюстрируется табл. 1.1 (переходов) и табл. 1.2 (выходов).

Таблица 1.1

|                      |                       |     |                       |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------------------|
| $z_f \backslash a_m$ | $a_1$                 | ... | $a_M$                 |
| $z_1$                | $\delta(a_{1r}, z_1)$ | ... | $\delta(a_{Mr}, z_1)$ |
| ...                  | ...                   | ... | ...                   |
| $z_F$                | $\delta(a_{1r}, z_F)$ | ... | $\delta(a_{Mr}, z_F)$ |

Таблица 1.2

|                      |                        |     |                        |
|----------------------|------------------------|-----|------------------------|
| $z_f \backslash a_m$ | $a_1$                  | ... | $a_M$                  |
| $z_1$                | $\lambda(a_{1r}, z_1)$ | ... | $\lambda(a_{Mr}, z_1)$ |
| ...                  | ...                    | ... | ...                    |
| $z_F$                | $\lambda(a_{1r}, z_F)$ | ... | $\lambda(a_{Mr}, z_F)$ |

Строки этих таблиц соответствуют входным сигналам, а столбцы — состояниям, причем крайний левый столбец обозначен начальным состоянием  $a_1$ . На пересечении столбца  $a_m$  и строки  $z_i, \dots$  в таблице переходов ставится функция перехода  $\delta(a_m, z_i)$ , то есть состояние, в которое автомат переходит из состояния  $a_m$  под действием входного сигнала  $z_i$ , а в таблице выходов — выходная функция  $\lambda(a_m, z_i)$ , то есть соответствующий этому переходу выходной сигнал  $u_g$ .

Пример табличного способа задания автомата Мили показан в табл. 1.3 (переходов) и табл. 1.4 (выходов).

Таблица 1.3

|                      |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|
| $z_f \backslash a_m$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ |
| $z_1$                | $a_2$ | $a_1$ | $a_3$ |
| $z_2$                | $a_3$ | $a_3$ | $a_2$ |

Таблица 1.4

|             |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|
| $z_f / a_m$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ |
| $z_1$       | $u_1$ | $u_2$ | $u_1$ |
| $z_2$       | $u_2$ | $u_2$ | $u_2$ |

Таблица 1.5

|                      |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| $z_f \backslash a_m$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $a_4$ |
| $z_1$                | $a_2$ | $a_1$ | $a_3$ | -     |
| $z_2$                | $a_3$ | $a_3$ | $a_1$ | $a_1$ |
| $z_3$                | -     | $a_4$ | $a_2$ | $a_4$ |

Таблица 1.6

|                      |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| $z_f \backslash a_m$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $a_4$ |
| $z_1$                | $u_1$ | $u_2$ | $u_1$ | -     |
| $z_2$                | $u_2$ | $u_1$ | -     | $u_2$ |
| $z_3$                | -     | $u_1$ | $u_2$ | $u_1$ |

Автомат называется частично заданным, если он определен не для всех пар переходов  $(a_m, z_i)$ . Для частично заданного автомата на месте отсутствующего перехода ставится прочерк как в таблице переходов, так и в таблице выходов.

Пример табличного способа задания частичного автомата показан в табл. 1.5 (переходов) и табл. 1.6 (выходов).

Табличная форма задания автомата Мура представляет собой совмещенную табл. 1.7, в которой выходной сигнал, соответствующий состоянию в  $a_m$  автомате Мура размещен в верхней строке над соответствующими состоянием, а остальная информация аналогична представлению автомата Мили. Пример представления автомата Мура приведен в табл. 1.8.

Таблица 1.7

|                      |                    |     |                    |
|----------------------|--------------------|-----|--------------------|
| $u_g$                | $u_1$              | ... | $u_g$              |
| $z_f \backslash a_m$ | $a_1$              | ... | $a_m$              |
| $z_1$                | $\delta(a_1, z_1)$ | ... | $\delta(a_m, z_1)$ |
| ...                  | ...                | ... | ...                |
| $z_f$                | $\delta(a_1, z_f)$ | ... | $\delta(a_m, z_f)$ |

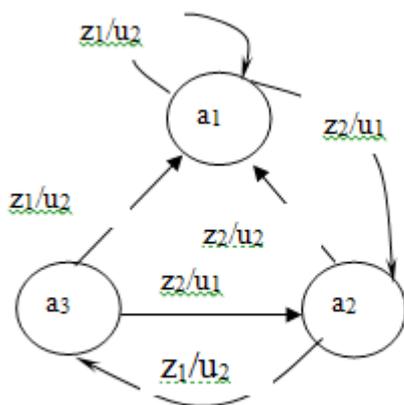


Таблица 1.8

|                      |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $u_g$                | $u_1$ | $u_3$ | $u_2$ | $u_1$ | $u_3$ |
| $z_f \backslash a_m$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $a_4$ | $a_5$ |
| $z_1$                | $a_2$ | $a_1$ | $a_1$ | $a_1$ | $a_1$ |
| $z_2$                | $a_3$ | $a_5$ | $a_2$ | $a_5$ | $a_3$ |
| $z_3$                | $a_4$ | $a_3$ | $a_5$ | $a_2$ | $a_4$ |

**Графовая форма задания абстрактных автоматов**

В данном случае автомат  $S = \{A, Z, W, \delta, \lambda, a_1\}$  представляется графом, в котором:

1. множество  $A$  изображено вершинами графа;
2. функция  $\delta$  задана дугами графа, причем две вершины графа  $a_m$  и  $a_s$ , соединяются дугой, если в автомате существует переход из  $a_m$  в  $a_s$ ;
3. множество  $Z$  изображено метками дуг:  $z_i$  ставится на дуге из вершины  $a_m$  в вершину  $a_s$ , если в автомате существует переход из  $a_m$  в  $a_s$  под действием входного сигнала  $z_i$ ;
4. функция  $\lambda$  задана метками дуг или вершин: для автомата Мили дуга из вершины  $a_m$  в вершину  $a_s$  помечается выходным сигналом  $u_g$ , если в автомате существует переход из  $a_m$  в  $a_s$  и при этом вырабатывается выходной сигнал  $u_g$ ; а для автомата Мура выходным сигналом  $u_g$  помечается вершина, определяющая  $a_s = \lambda(a_m)$ .

На рис. 1 приведены примеры описания автомата Мили и автомата Мура:

**Матричная форма**

Для автомата Мили матричная форма состоит из матрицы  $C = |c_{ms}|$  размерностью  $M \times M$ , где каждый элемент матрицы  $c_{ms} = z_i / u_g$ , стоящий на пересечении  $m$ -ой строки и  $s$ -го столбца соответствует входному сигналу  $z_i$ , вызывающему переход из состояния  $a_m$  в состояние  $a_s$  с выработкой выходного сигнала  $u_g$ .

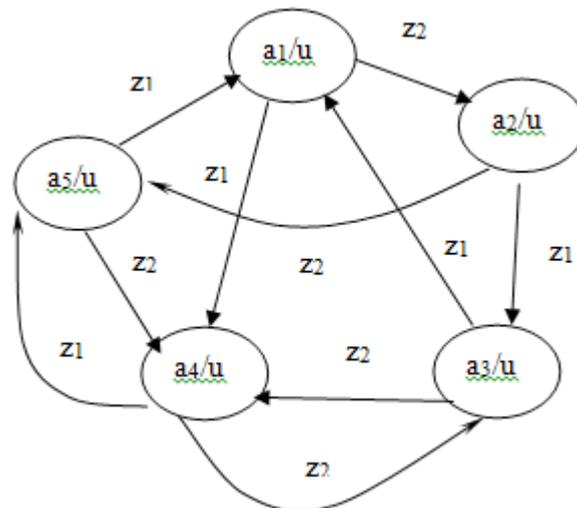


Рис. 1

Пример матричного описания автомата Мили показан ниже.

$$C = \begin{vmatrix} z_2/u_1 & - & z_1/u_1 \\ z_1/u_1 & - & z_2/u_2 \\ z_1/u_2 & z_2/u_1 & - \end{vmatrix}$$

$$C = \begin{vmatrix} - & z_1 & - & z_1 & - \\ - & - & z_2 & - & z_1 \\ - & z_2 & - & z_1 & - \\ - & - & z_1 & - & z_2 \\ z_2 & - & - & z_1 & - \end{vmatrix}$$

$$W = \begin{vmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_2 \\ u_3 \end{vmatrix}$$

Для автомата Мура матричная форма состоит из матрицы  $C = |c_{ms}|$  размерностью  $M \times M$ , где каждый элемент матрицы  $c_{ms} = z_i$ , стоящий на пересечении  $m$ -ой строки и  $s$ -го столбца, соответствует входному сигналу  $z_i$ , вызывающему переход из состояния  $a_m$  в состояние  $a_s$ . Так как выходной сигнал  $u_g$  в автомате Мура зависит только от состояния, следовательно, выходные сигналы могут быть представлены матрицей-столбцом. Пример матричного описания автомата Мура показан на формуле, приведенной выше.

Наконец, для задания абстрактных автоматов можно использовать различные операции, выражающие одни автоматы через другие. В качестве примера такой операции рассмотрим сумму  $S+P$  автоматов, где  $S = \{A, Z, W, \delta, \lambda\}$  и  $P = \{A', Z, W, \delta', \lambda'\}$ , где  $A \cap A' = \emptyset$ . Полагаем,  $S+P = \{A, UA', Z, W, \delta'', \lambda''\}$ , где  $\delta''(a, z) = \delta(a, z)$ ,  $\lambda''(a, z) = \lambda(a, z)$  при  $a \in A, z \in Z$  и  $\delta''(a, z) = \delta'(a, z)$ ,  $\lambda''(a, z) = \lambda'(a, z)$  при  $a \in A', z \in Z$ .

Литература:

1. Брауэр, В. Введение в теорию конечных автоматов. — М.: Радио и связь, 1987, — 392 с.
2. Карпов, Ю. Г. Теория автоматов. -СПб.: Питер, 2002, — 204 с.
3. Кудрявцев, В. Б., Алешин С. В., Подколзин А. С. Введение в теорию автоматов. -М.: Наука, 1985, — 320 с.
4. Математическая энциклопедия. Ред. коллегия: И. М. Виноградов (гл. ред.) [и др.]. Т. 1 — М.: Советская энциклопедия, 1977. — 1152 стб.
5. Трахтенброт, Б. А., Барздинь Я. М. Конечные автоматы (поведение и синтез). -М.: Наука, 1970, — 400 с.
6. Тюрин, С. В. Элементы теории автоматов (Часть 1): Учебное пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2002. 98 с.
7. Пентус, А. Е., Пентус М. Р. Математическая теория формальных языков. БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет университет информационных технологий — ИНТУИТ. ру, 2006, — 248 с.
8. Хопкрофт Дж. Э., Мотвани Р., Ульман Дж. Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, 2-у изд. -М.: Вильямс, 2002, — 528 с.

## Проблемы применения статистических критериев проверки гипотез к анализу экспериментальных данных социально-психологических исследований

Парыгина Светлана Александровна, кандидат психологических наук, доцент  
Череповецкий государственный университет (Вологодская обл.)

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с особенностями применения статистических критериев проверки гипотез к обработке экспериментальных данных больших объемов, в частности, к обработке данных социологических исследований. Приводятся особенности реализации и сравнительная характеристика параметрических и непараметрических критериев проверки гипотез.*

**Ключевые слова:** выборка, генеральная совокупность, статистические критерии проверки гипотез, параметрические и непараметрические критерии.

Одной из важнейших задач математической статистики на сегодняшний день является разработка и применение эффективных методов анализа статистических данных, полученных в разных областях деятельности человека. Но существует ряд особенностей применения методов математической статистики для обработки данных социально-психологических исследований. Во-первых, значительное количество измерений случайных величин, характеризующих те или иные стороны социально-психологических явлений и процессов производится в номинальной и порядковой шкалах, где затруднено применение многих параметрических методов. Во-вторых, часто, особенно в социологии, необходимо провести статистическую обработку данных очень больших объемов. И, в-третьих, почти всегда неизвестны и не могут быть установлены с помощью качественного анализа типы вероятностных законов распределения упомянутых выше случайных величин.

Указанные особенности не позволяют исследователям применять в своей работе методы математической статистики по аналогии с тем, как эти методы применяются в естественных или технических науках.

Непараметрические методы расширяют область приложения статистических методов в социально-психологических науках по сравнению с классическими параметрическими методами, так как «...не предназначены специально для какого-нибудь параметрического семейства распределений и не используют его свойства» [5, с. 6].

В основе любого непараметрического критерия лежит определенная непараметрическая статистика.

Рассмотрим выборочный вектор  $x = (x_1, \dots, x_n)$  из генеральной совокупности, характеризуемой случайной величиной  $X = (X_1, \dots, X_n)$ . Пусть  $F_0$  — функция распределения случайной величины  $X$ .

**Определение 1.** Статистика  $S(X)$  называется непараметрической, если распределение  $S(X)$  не зависит от  $F_0$  [1, с. 70].

В целях обобщения и систематизации непараметрических критериев проверки гипотез рассмотрим классификацию непараметрических статистик, в основу которой положен способ вычисления этих статистик.

Все непараметрические статистики можно разделить на две группы:

1. ранговые непараметрические статистики;
2. неранговые непараметрические статистики.

Первую группу «Ранговые непараметрические статистики» мы разделяем ещё на две подгруппы:

- 1.1. непараметрические статистики, основанные на эмпирических функциях распределения;
- 1.2. собственно ранговые непараметрические статистики.

Рассмотрим более подробно первую группу методов — «Ранговые непараметрические статистики». Вычисление статистик данной группы базируется на понятии ранга, поэтому введем соответствующие определения.

**Определение 2.** Пусть  $o_i(x)$  есть значение  $i$ -й по величине координаты вектора  $x = (x_1, \dots, x_n)$ , так что  $o_1(x)$  — наименьшее значение,  $o_n(x)$  — наибольшее. Полагая  $x^{(i)} = o_i(x)$ , имеем

$$x^{(1)} \leq x^{(2)} \leq \dots \leq x^{(n)}. \quad (1)$$

Статистика  $X^{(i)} = o_i(X)$  будет называться  $i$ -й порядковой статистикой, и вектор порядковых статистик  $(X^{(1)}, \dots, X^{(n)})$  будет кратко обозначаться  $X^{(\cdot)}$  [2, с. 45].

**Определение 3.** Для вектора  $x = (x_1, \dots, x_n)$ , у которого никакие две координаты не совпадают, обозначим  $r_i(x)$  — число координат, не превосходящих  $x_i$ , то есть номер  $x_i$  в последовательности (1), тогда статистику

$$R_i = r_i(X), \quad i = 1, \dots, n$$

будем называть рангом элемента  $X_i$ . Вектор  $R = (R_1, \dots, R_n)$  будет обозначать вектор рангов [2, с. 45].

Очевидно, что по определению 3 числа  $r_i(x)$  образуют перестановку порядка  $n$ .

**Определение 4.** Статистику  $T$ , являющуюся функцией от  $R$ ,  $T = t(R)$ , будем называть ранговой статистикой [2, с. 71].

Определение ранговых статистик в статье основано на существенном предположении, что все наблюдаемые случайные величины имеют непрерывные распределения. Однако случайные величины, наблюдаемые на практике всегда дискретны либо по своей природе (например, целочисленные величины), либо вследствие округления. Существуют способы специальной обработки экспери-

ментальных данных так, чтобы можно было применить теорию ранговых статистик, например, рандомизация, усредненные статистики и метки, средние ранги и т. д.

Остановимся более подробно на группе методов, составляющих подгруппу 1.1 «Непараметрические статистики, основанные на эмпирических функциях распределения».

**Определение 5.** Статистики типа Колмогорова-Смирнова будем называть статистиками, основанными на эмпирических функциях распределения.

Подгруппа 1.1 включает в себя статистику Колмогорова, статистику Смирнова, Реньи, статистику Крамера-Мизеса и другие. Покажем на примере статистики Смирнова, что статистики этой подгруппы действительно являются ранговыми.

**Определение 6.** Пусть  $(d_1, \dots, d_n)$  — обратная перестановка по отношению к  $(r_1, \dots, r_n)$ , то есть

$$r_{d_i} = d_{r_i} = j \quad i = 1, \dots, n$$

Пусть  $D = (D_1, \dots, D_n)$  обратна в этом смысле к  $R = (R_1, \dots, R_n)$ , тогда статистики  $D_1, \dots, D_n$  будем называть антирангами [2, с. 77].

Пусть  $X_1, \dots, X_m$  — первая выборка объема  $m$ ;  $X_1, \dots, X_n$  — вторая выборка объема  $n$ ;  $D_1, \dots, D_{n+m}$  — антиранги для объединенной выборки  $X_1, \dots, X_{n+m}$ . Из определений 1 и 3 ясно, что  $D_k = j$  тогда и только тогда, когда  $X^{(k)} = X_j$ . Обозначим  $F_{1,m}(x)$  и  $F_{2,n}(x)$  — эмпирические функции распределения для первой и второй выборок соответственно. Положим

$$c_i = \begin{cases} 1 & i = 1, \dots, m \\ 0 & i = m + 1, \dots, m + n \end{cases}$$

**Предложение 1.** Статистику Смирнова

$$D(F_{1,m}(x); F_{2,n}(x)) = \frac{m}{d} \max_{x \in R^1} |F_{2,n}(x) - F_{1,m}(x)|$$

(2) можно представить в виде:

$$D = \frac{d}{m} \max_{1 \leq k \leq m+n} \left( k \frac{m}{m+n} - c_{d_1} - \dots - c_{d_k} \right)$$

где  $d$  — наибольший общий делитель  $n$  и  $m$ .

Доказательство приводится в [6, с. 64].

На основе статистик данной подгруппы разработаны широко известные критерии проверки гипотез Колмогорова, Смирнова, Реньи, Крамера-Мизеса. В частности, критерий Колмогорова предназначен для проверки гипотез согласия. Критерии Смирнова, Реньи и Крамера-Мизеса предназначены для проверки гипотез однородности двух независимых выборок, причем как отмечают Я. Гаек и З. Шидак в [2] альтернативы могут быть как широкими, так и более узкими, например, о сдвиге функции плотности одной выборки относительно функции плотности другой или о различии параметров масштаба в двух выборках.

Наиболее широко в социально-психологических исследованиях используются критерии Колмогорова и Смирнова, в источнике [4] рекомендуется применять их для выявления различий в распределении исследуемых социально-психологических признаков при самых общих альтернативах. Но при этом следует учитывать некоторые особенности. В работе [3] авторы утверждают, что критерий Смирнова допускает использование данных, измеренных по шкале не ниже порядковой, однако для порядковых статистик таблицы точных критических значений составлены, в основном, для выборок небольшого объема, поэтому при выборках большого объема приходится пользоваться таблицами критических значений предельного распределения Колмогорова. Переход к предельному распределению возможен только в том случае, когда экспериментальные данные представляют измерения по шкале не ниже интервальной. Поэтому чаще всего в социально-психологических исследованиях применение критерия Смирнова возможно в случае оценки результатов социально-психологических экспериментов для двух независимых выборок при учете времени изучаемых реакций или числа верных (или неверных) ответов испытуемых на контрольные вопросы, так как эти измерения производятся по интервальной шкале.

Так как в процессе использования критерия Колмогорова для проверки гипотезы согласия в случае выборок большого объема также осуществляется переход к предельному распределению Колмогорова, то и для этого критерия верно вышесказанное замечание об использовании интервальной шкалы.

В работе [3, с. 123–124] авторы сравнивают критерии Смирнова и  $\chi^2$  для проверки гипотез однородности при самых общих альтернативах и приходят к выводу, что область применения критерия  $\chi^2$  шире, так как он допускает использование данных, измеренных по шкале наименований, причем с любым числом категорий. В то же время, критерий Смирнова более чувствителен, позволяя в ряде случаев отклонять нулевую гипотезу при более низком уровне значимости, чем  $\chi^2$ . Других сравнений для методов данной группы не найдено.

Таким образом, проведенный анализ показал, что, основываясь на особенностях социально-психологических измерений, все непараметрические статистики можно разделить на 2 группы: ранговые и неранговые. Методы, основанные на статистиках группы «Ранговые непараметрические статистики» применимы к широкому кругу задач: проверка согласия, однородности, независимости, симметричности распределения выборок; оценка и определение доверительных интервалов для параметров сдвига и масштаба и т. д. Методы этой группы имеют высокую чувствительность, но область применения их в психологии ограничена порядковыми, а для первой подгруппы даже интервальными, данными.

Методы проверки гипотез группы «Неранговые непараметрические статистики» ещё предстоит исследо-

вать, хотя круг задач этих методов более узок: в основном проверка согласия и однородности распределений выборок. С другой стороны, методы, основанные на ядерных оценках плотности, работают лишь с данными, измерен-

ными по шкале интервалов или отношений, но они решают более сложные задачи, например, задачу распознавания образов в условиях неоднозначных указаний «учителя».

Литература:

1. Боровков, А. А. Математическая статистика. — Новосибирск: Наука. Изд-во Института математики, 1997. — 772 с.
2. Гаек, Я., Шидак З. Теория ранговых критериев. — М.: Наука, 1971. — 371 с.
3. Грабарь, М. И., Краснянская К. А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. — М.: Педагогика, 1977.—136 с.
4. Сидоренко, Е. В. Методы математической обработки в психологии.-СПб.: Соц.-пс. центр, 1996.—349 с.
5. Холлендер, М., Вулф Д. Непараметрические методы статистики/Пер. с англ. Д.С. Шмерлинга; Науч. ред. Ю.П. Адлера, Ю.Н. Тюрина. — М.: Финансы и статистика, 1983.—518 с.
6. Hajek, J. Nonparametric Statistics. Holden-Day, San Francisco, 1969.

## ФИЗИКА

### Моделирование синхронного явнополюсного линейного двигателя ( $Z_1 = 12$ ) с укладкой катушки индуктора через зубец

Емельянов Александр Александрович, доцент;  
 Козлов Алексей Максимович, студент;  
 Бесклеткин Виктор Викторович, студент;  
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;  
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;  
 Чернов Михаил Владимирович, студент;  
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;  
 Фуртиков Кирилл Алексеевич, студент;  
 Реутов Александр Янович, студент;  
 Боброва Светлана Дмитриевна, студент;  
 Андреева Екатерина Дмитриевна, студент;  
 Карлова Мария Валерьевна, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В данной работе приведен результат математического моделирования синхронного явнополюсного линейного двигателя (СЯЛД) с помощью магнитных и электрических схем замещения [1]. Эта работа опирается на статью [2] и основным отличием является намотка катушки индуктора через зубец. Магнитопровод и обмотка подвижного элемента (ротора) остаются без изменений (рис. 2).

Так как работа адресована студентам, то для лучшего овладения материалом выводы математических формул даны без сокращений.

Запишем основные уравнения для « $n$ » — го участка схемы замещения (рис. 1).

#### Баланс магнитных напряжений магнитной цепи

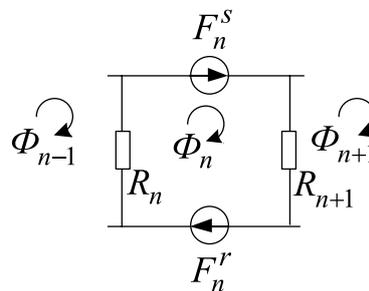


Рис. 1. Магнитная схема замещения "n"-го участка

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

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

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

$F_n^R = \omega_n^r \cdot i_n^r + \omega_n^r \cdot I_n^f$  — М.Д. С. тока в обмотке подвижного элемента (ротора);

$F_n^S = 0$  – в шунтирующих зонах.

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

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

где  $F_n^r = F_n^r_{асинхр.} + F_n^f_{синхр.} = \underbrace{\omega_n^r \cdot i_n^r}_{асинхр.} + \underbrace{\omega_n^r \cdot I_n^f}_{синхр.}$ .

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

Ток  $i_n^r$  условно назовем асинхронной составляющей полного тока в роторной обмотке. Этот ток создается от Э.Д.С. трансформации, Э.Д.С. движения, от изменяющегося потока во времени или от движущего потока в пространстве [3], [4], ..., [12].

Вторая составляющая М.Д.С. (условно назовем синхронная составляющая  $F_n^f_{синхр.}$ ) представляет собой бегущую в пространстве ступенчатую фигуру в соответствии с дискретным расположением роторной обмотки.

В данной работе синхронную составляющую выразим 1-й гармоникой бегущей волны:

$$F_n^f_{синхр.} = \omega_n^r \cdot I_M^f \cdot \sin\left(\omega R \cdot k \cdot dt - \frac{\pi}{\tau} \cdot t_z \cdot (n - 0,5)\right),$$

где  $\tau = 3 \cdot t_z$  - полюсное деление;

$$\omega R = \frac{\pi}{\tau} \cdot v_0;$$

$v_0$  - линейная скорость ( $v_0 = v_{k-1}$ ).

Отсюда асинхронная составляющая тока в обмотке ротора определится по следующему выражению:

$$i_{n,k}^r = -\frac{\omega_n^S}{\omega_n^r} \cdot i_{n,k}^S - \frac{R_n}{\omega_n^r} \cdot \Phi_{n-1,k} + \frac{R_n + R_{n+1}}{\omega_n^r} \cdot \Phi_{n,k} - \frac{R_{n+1}}{\omega_n^r} \cdot \Phi_{n+1,k} - I_{n,k}^f. \tag{1}$$

**Уравнение баланса напряжений электрической цепи ротора для асинхронной составляющей тока ротора**

$$r^r \cdot i_n^r + L^r \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial t} + L^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial x} = -\omega_n^r \cdot \frac{\partial \Phi_n}{\partial t} - \omega_n^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{\partial \Phi_n}{\partial x}. \tag{2}$$

Выразим производные во времени через конечные разности:

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

где  $n$  – номер зубцового деления;

$k$  – номер шага разбиения по времени.

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

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

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

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

$$\begin{aligned} r^r \cdot i_{n,k}^r + L^r \cdot \frac{i_{n,k}^r - i_{n,k-1}^r}{\Delta t} + L^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{i_{n+1,k}^r - i_{n-1,k}^r}{2 \cdot t_z} = \\ = -\omega_n^r \cdot \frac{\Phi_{n,k} - \Phi_{n,k-1}}{\Delta t} - \omega_n^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{\Phi_{n+1,k} - \Phi_{n-1,k}}{2 \cdot t_z}. \end{aligned} \tag{3}$$

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



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

Это уравнение может быть реализовано при произведении матрицы **A**, элементы которой записаны в квадратных скобках, на матрицу-столбец **X**, состоящей из потоков ( $\Phi$ ) и токов статорной обмотки. Правая часть уравнения (4) формирует первые восемнадцать элементов матрицы-столбца свободных членов **S** в  $(k-1)$  момент времени. Элементы 19, 20, ..., 31 строк матрицы **A** и соответствующие элементы  $s_{19}, s_{20}, \dots, s_{31}$  будут сформированы из баланса напряжений статорной обмотки.

Матрица-столбец **X** сформирована из первых восемнадцати элементов, соответствующих потокам  $\Phi_1, \dots, \Phi_{18}$ , а остальные – токам статорной обмотки  $i_1^s, i_2^s, \dots, i_{13}^s$ .

Общий вид матриц при числе полюсов  $2p = 4$  и общем числе пазов индуктора (статора)  $Z_1 = 12$  приведен на рис. 3. Введем следующие обозначения:

$$N1 = \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{\omega_n^r \cdot 2t_z}; \quad N2 = \frac{1}{\omega_n^r} \cdot \left( r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right); \quad N3 = \frac{\omega_n^r}{\Delta t}; \quad N4 = \frac{L^r}{\omega_n^r \cdot \Delta t}; \quad N5 = \frac{(\omega_n^r)^2}{L^r}.$$

– Магнитные сопротивления в шунтирующих зонах:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 500 \cdot R_\delta; \\
 R_2 &= R_{18} = 50 \cdot R_\delta; \\
 R_3 &= R_{17} = 5 \cdot R_\delta.
 \end{aligned}$$

– Магнитные сопротивления в индукторной зоне:

$$R_4 = R_5 = \dots = R_{16} = 1,2 \cdot R_\delta - 0,2 \cdot R_\delta \cdot \cos \left( \omega R \cdot k \cdot dt + \frac{2\pi}{\tau} \cdot t_z \cdot n - w12 \cdot \frac{\pi}{12} \right).$$

– Элементы матрицы **A**, перемножаемые на потоки матрицы-столбца **X**:

$$B_n = (R_{n+1} + R_n) \cdot N2 + (R_n - R_{n+1}) \cdot N1 + N3;$$

$$C_n = (-R_{n+1}) \cdot N2 + (R_{n+2} + R_{n+1} + N5) \cdot N1;$$

$$D_n = R_{n-1} \cdot N1.$$

$$E_n = -R_n \cdot N2 - (R_n + R_{n-1} + N5) \cdot N1;$$

$$G_n = -R_{n+2} \cdot N1.$$

– Элементы матрицы **A**, перемножаемые на токи матрицы **X**:

$$T = -\omega_n^s \cdot N1;$$

$$Y = -\omega_n^s \cdot N2;$$

$$M = Y + T;$$

$$N = Y - T.$$

– Элементы матрицы-столбца свободных членов **S**:

$$W1 = -\omega_n^s \cdot N4;$$

$$P_n = -R_n \cdot N4;$$

$$P1_n = -R_{n+1} \cdot N4;$$

$$Q_n = (R_{n+1} + R_n) \cdot N4 + N3.$$

С учетом вышеприведенных обозначений ( $N1, N2, \dots, N5, T, Y, W1, P, P1, Q$ ) уравнение 4 приобретет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \omega_n^s \cdot N1 \right]}_{-T} \cdot i_{n-1,k}^s + \underbrace{\left[ -\omega_n^s \cdot N2 \right]}_Y \cdot i_{n,k}^s + \underbrace{\left[ -\omega_n^s \cdot N1 \right]}_T \cdot i_{n+1,k}^s + \underbrace{\left[ R_{n-1} \cdot N1 \right]}_{D_1, \dots, D_{18}} \cdot \Phi_{n-2,k} + \\ & + \underbrace{\left[ -R_n \cdot N2 - \left( (R_n + R_{n-1}) + N5 \right) \cdot N1 \right]}_{E_1, \dots, E_{18}} \cdot \Phi_{n-1,k} + \\ & + \underbrace{\left[ (R_{n+1} + R_n) \cdot N2 + (R_n - R_{n+1}) \cdot N1 + N3 \right]}_{B_1, \dots, B_{18}} \cdot \Phi_{n,k} + \\ & + \underbrace{\left[ -R_{n+1} \cdot N2 + \left( (R_{n+2} + R_{n+1}) + N5 \right) \cdot N1 \right]}_{C_1, \dots, C_{18}} \cdot \Phi_{n+1,k} + \underbrace{\left[ -R_{n+2} \cdot N1 \right]}_{G_1, \dots, G_{18}} \cdot \Phi_{n+2,k} = \\ & = \underbrace{\left( -\omega_n^s \cdot N4 \right)}_{W1} \cdot i_{n,k-1}^s + \underbrace{\left( -R_n \cdot N4 \right)}_{P_1, \dots, P_{18}} \cdot \Phi_{n-1,k-1} + \underbrace{\left( (R_{n+1} + R_n) \cdot N4 + N3 \right)}_{Q_1, \dots, Q_{18}} \cdot \Phi_{n,k-1} + \\ & + \underbrace{\left( -R_{n+1} \cdot N4 \right)}_{P1_1, \dots, P1_{18}} \cdot \Phi_{n+1,k-1} - \left( \omega_n^r \cdot N1 \right) \cdot I_{n-1,k}^f + \left( \omega_n^r \cdot N2 \right) \cdot I_{n,k}^f + \\ & + \left( \omega_n^r \cdot N1 \right) \cdot I_{n+1,k}^f + \left( -\omega_n^r \cdot N4 \right) \cdot I_{n,k-1}^f. \end{aligned} \tag{4'}$$

После подстановки в (4') выражений ( $T, Y, D_n, E_n, B_n, C_n, G_n$ ) получаем простое выражение удобное для программирования:

$$\begin{aligned} & \left[ -T \right] \cdot i_{n-1,k}^s + \left[ Y \right] \cdot i_{n,k}^s + \left[ T \right] \cdot i_{n+1,k}^s + \left[ D_n \right] \cdot \Phi_{n-2,k} + \left[ E_n \right] \cdot \Phi_{n-1,k} + \left[ B_n \right] \cdot \Phi_{n,k} + \left[ C_n \right] \cdot \Phi_{n+1,k} + \\ & + \left[ G_n \right] \cdot \Phi_{n+2,k} = W1 \cdot i_{n,k-1}^s + P_n \cdot \Phi_{n-1,k-1} + Q_n \cdot \Phi_{n,k-1} + P1_n \cdot \Phi_{n+1,k-1} - \\ & - \left( \omega_n^r \cdot N1 \right) \cdot I_{n-1,k}^f + \left( \omega_n^r \cdot N2 \right) \cdot I_{n,k}^f + \left( \omega_n^r \cdot N1 \right) \cdot I_{n+1,k}^f + \left( -\omega_n^r \cdot N4 \right) \cdot I_{n,k-1}^f. \end{aligned} \tag{4''}$$

Линейная токовая нагрузка в роторной обмотке в  $k$  и  $k-1$  моменты времени:

$$I_{n,k}^f = I_{\max}^f \cdot \sin \left( \omega R \cdot (k \cdot dt) + \frac{\pi}{\tau} \cdot t_Z \cdot (n - 0,5) - w12 \cdot \frac{\pi}{12} \right);$$

$$I_{n,k-1}^f = I_{\max}^f \cdot \sin \left( \omega R \cdot ((k - 1) \cdot dt) + \frac{\pi}{\tau} \cdot t_Z \cdot (n - 0,5) - w12 \cdot \frac{\pi}{12} \right).$$

Уравнение (4) позволит определить для первых восемнадцати строк элементы матрицы **A** и с первый по восемнадцатый элементы матрицы-столбца **S**, для этого последовательно зададимся  $n$ :

$$n = 1.$$

$$\underbrace{\left[ B_1 \right]}_{a_{1,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{\left[ C_1 \right]}_{a_{1,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{\left[ G_1 \right]}_{a_{1,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} =$$

$$= \underbrace{Q_1 \cdot \Phi_{1,k-1} + P_1 \cdot \Phi_{2,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{1,k}^f + N1 \cdot (I_{2,k}^f - I_{18,k}^f) - N4 \cdot I_{1,k-1}^f)}_{S_1}.$$

Запишем элементы матрицы **A**:

$$a_{1,1} = B_1; \quad a_{1,2} = C_1; \quad a_{1,3} = G_1.$$

В правой части сформирован элемент  $S_1$  матрицы-столбца **S**:

$$s_1 = Q_1 \cdot x_{1,k-1} + P_1 \cdot x_{2,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{1,k}^f + N1 \cdot (I_{2,k}^f - I_{18,k}^f) - N4 \cdot I_{1,k-1}^f).$$

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

При  $n = 1$ , как было показано выше, определились элементы первой строки. Найденные коэффициенты вписываем в матрицу **A**. В дальнейшем становится понятным алгоритм заполнения матрицы.

$n = 2$ .

$$\underbrace{\left[ \begin{array}{c} [-T] \cdot i_{1,k}^s \\ a_{2,19} \end{array} \right] x_{19} + \left[ \begin{array}{c} [E_2] \cdot \Phi_{1,k} \\ a_{2,1} \end{array} \right] x_1 + \left[ \begin{array}{c} [B_2] \cdot \Phi_{2,k} \\ a_{2,2} \end{array} \right] x_2 + \left[ \begin{array}{c} [C_2] \cdot \Phi_{3,k} \\ a_{2,3} \end{array} \right] x_3 + \left[ \begin{array}{c} [G_2] \cdot \Phi_{4,k} \\ a_{2,4} \end{array} \right] x_4 =$$

$$= \underbrace{P_2 \cdot \Phi_{1,k-1} + Q_2 \cdot \Phi_{2,k-1} + P_1 \cdot \Phi_{3,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{2,k}^f + N1 \cdot (I_{3,k}^f - I_{1,k}^f) - N4 \cdot I_{2,k-1}^f)}_{S_2}.$$

$$a_{2,1} = E_2; \quad a_{2,2} = B_2; \quad a_{2,3} = C_2; \quad a_{2,4} = G_2; \quad a_{2,19} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$s_2 = P_2 \cdot x_{1,k-1} + Q_2 \cdot x_{2,k-1} + P_1 \cdot x_{3,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{2,k}^f + N1 \cdot (I_{3,k}^f - I_{1,k}^f) - N4 \cdot I_{2,k-1}^f).$$

$n = 3$ .

$$\underbrace{\left[ \begin{array}{c} [-N] \cdot i_{1,k}^s \\ a_{3,19} \end{array} \right] x_{19} + \left[ \begin{array}{c} [T] \cdot i_{2,k}^s \\ a_{3,20} \end{array} \right] x_{20} + \left[ \begin{array}{c} [D_3] \cdot \Phi_{1,k} \\ a_{3,1} \end{array} \right] x_1 + \left[ \begin{array}{c} [E_3] \cdot \Phi_{2,k} \\ a_{3,2} \end{array} \right] x_2 + \left[ \begin{array}{c} [B_3] \cdot \Phi_{3,k} \\ a_{3,3} \end{array} \right] x_3 + \left[ \begin{array}{c} [C_3] \cdot \Phi_{4,k} \\ a_{3,4} \end{array} \right] x_4 + \left[ \begin{array}{c} [G_3] \cdot \Phi_{5,k} \\ a_{3,5} \end{array} \right] x_5 =$$

$$= \underbrace{-W1 \cdot i_{1,k-1}^s + P_3 \cdot \Phi_{2,k-1} + Q_3 \cdot \Phi_{3,k-1} + P_1 \cdot \Phi_{4,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{3,k}^f + N1 \cdot (I_{4,k}^f - I_{2,k}^f) - N4 \cdot I_{3,k-1}^f)}_{S_3}.$$

$$a_{3,1} = D_3; \quad a_{3,2} = E_3; \quad a_{3,3} = B_3; \quad a_{3,4} = C_3; \quad a_{3,5} = G_3; \quad a_{3,19} = Y \cdot (-1) + T = -N; \quad a_{3,20} = T.$$

$$s_3 = -W1 \cdot x_{19,k-1} + P_3 \cdot x_{2,k-1} + Q_3 \cdot x_{3,k-1} + P_1 \cdot x_{4,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{3,k}^f + N1 \cdot (I_{4,k}^f - I_{2,k}^f) - N4 \cdot I_{3,k-1}^f).$$

$n = 4$ .

$$\underbrace{\left[ \begin{array}{c} [M] \cdot i_{1,k}^s \\ a_{4,19} \end{array} \right] x_{19} + \left[ \begin{array}{c} [N] \cdot i_{2,k}^s \\ a_{4,20} \end{array} \right] x_{20} + \left[ \begin{array}{c} [-T] \cdot i_{3,k}^s \\ a_{4,21} \end{array} \right] x_{21} + \left[ \begin{array}{c} [D_4] \cdot \Phi_{2,k} \\ a_{4,2} \end{array} \right] x_2 + \left[ \begin{array}{c} [E_4] \cdot \Phi_{3,k} \\ a_{4,3} \end{array} \right] x_3 + \left[ \begin{array}{c} [B_4] \cdot \Phi_{4,k} \\ a_{4,4} \end{array} \right] x_4 + \left[ \begin{array}{c} [C_4] \cdot \Phi_{5,k} \\ a_{4,5} \end{array} \right] x_5 + \left[ \begin{array}{c} [G_4] \cdot \Phi_{6,k} \\ a_{4,6} \end{array} \right] x_6 =$$

$$= \underbrace{W1 \cdot (i_{1,k-1}^s + i_{2,k-1}^s) + P_4 \cdot \Phi_{3,k-1} + Q_4 \cdot \Phi_{4,k-1} + P_1 \cdot \Phi_{5,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{4,k}^f + N1 \cdot (I_{5,k}^f - I_{3,k}^f) - N4 \cdot I_{4,k-1}^f)}_{S_4}.$$

$$a_{4,2} = D_4; \quad a_{4,3} = E_4; \quad a_{4,4} = B_4; \quad a_{4,5} = C_4; \quad a_{4,6} = G_4;$$

$$a_{4,19} = -T \cdot (-1) + Y = M; \quad a_{4,20} = Y + T \cdot (-1) = N; \quad a_{4,21} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$s_4 = W1 \cdot (x_{19,k-1} + x_{20,k-1}) + P_4 \cdot x_{3,k-1} + Q_4 \cdot x_{4,k-1} + P_1 \cdot x_{5,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{4,k}^f + N1 \cdot (I_{5,k}^f - I_{3,k}^f) - N4 \cdot I_{4,k-1}^f).$$

$n = 5$ .

$$\left[ \begin{array}{c} [-T] \cdot i_{1,k}^s \\ a_{5,19} \end{array} \right] x_{19} + \left[ \begin{array}{c} [-M] \cdot i_{2,k}^s \\ a_{5,20} \end{array} \right] x_{20} + \left[ \begin{array}{c} [-N] \cdot i_{3,k}^s \\ a_{5,21} \end{array} \right] x_{21} + \left[ \begin{array}{c} [T] \cdot i_{4,k}^s \\ a_{5,22} \end{array} \right] x_{22} +$$

$$\begin{aligned}
 & + \underbrace{[D_5]}_{a_{5,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[E_5]}_{a_{5,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[B_5]}_{a_{5,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[C_5]}_{a_{5,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[G_5]}_{a_{5,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} = \\
 & = \underbrace{-W1 \cdot (i_{2,k-1}^s + i_{3,k-1}^s) + P_5 \cdot \Phi_{4,k-1} + Q_5 \cdot \Phi_{5,k-1} + P1_5 \cdot \Phi_{6,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{5,k}^f + N1 \cdot (I_{6,k}^f - I_{4,k}^f) - N4 \cdot I_{5,k-1}^f)}_{s_5}.
 \end{aligned}$$

$$a_{5,3} = D_5; \quad a_{5,4} = E_5; \quad a_{5,5} = B_5; \quad a_{5,6} = C_5; \quad a_{5,7} = G_5;$$

$$a_{5,19} = -T; \quad a_{5,20} = -T + Y \cdot (-1) = -M; \quad a_{5,21} = Y \cdot (-1) + T = -N; \quad a_{5,22} = T.$$

$$s_5 = -W1 \cdot (x_{20,k-1} + x_{21,k-1}) + P_5 \cdot x_{4,k-1} + Q_5 \cdot x_{5,k-1} + P1_5 \cdot x_{6,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{5,k}^f + N1 \cdot (I_{6,k}^f - I_{4,k}^f) - N4 \cdot I_{5,k-1}^f).$$

$n = 6.$

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{[T]}_{a_{6,20}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{20}} + \underbrace{[M]}_{a_{6,21}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{21}} + \underbrace{[N]}_{a_{6,22}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{22}} + \underbrace{[-T]}_{a_{6,23}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{23}} + \\
 & + \underbrace{[D_6]}_{a_{6,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[E_6]}_{a_{6,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[B_6]}_{a_{6,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[C_6]}_{a_{6,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[G_6]}_{a_{6,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} = \\
 & = \underbrace{W1 \cdot (i_{3,k-1}^s + i_{4,k-1}^s) + P_6 \cdot \Phi_{5,k-1} + Q_6 \cdot \Phi_{6,k-1} + P1_6 \cdot \Phi_{7,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{6,k}^f + N1 \cdot (I_{7,k}^f - I_{5,k}^f) - N4 \cdot I_{6,k-1}^f)}_{s_6}.
 \end{aligned}$$

$$a_{6,4} = D_6; \quad a_{6,5} = E_6; \quad a_{6,6} = B_6; \quad a_{6,7} = C_6; \quad a_{6,8} = G_6;$$

$$a_{6,20} = -T \cdot (-1) = T; \quad a_{6,21} = -T \cdot (-1) + Y = M; \quad a_{6,22} = Y + T \cdot (-1) = N; \quad a_{6,23} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$s_6 = W1 \cdot (x_{21,k-1} + x_{22,k-1}) + P_6 \cdot x_{5,k-1} + Q_6 \cdot x_{6,k-1} + P1_6 \cdot x_{7,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{6,k}^f + N1 \cdot (I_{7,k}^f - I_{5,k}^f) - N4 \cdot I_{6,k-1}^f).$$

$n = 7.$

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{[-T]}_{a_{7,21}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{21}} + \underbrace{[-M]}_{a_{7,22}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{22}} + \underbrace{[-N]}_{a_{7,23}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{23}} + \underbrace{[T]}_{a_{7,24}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{24}} + \\
 & + \underbrace{[D_7]}_{a_{7,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[E_7]}_{a_{7,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[B_7]}_{a_{7,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[C_7]}_{a_{7,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[G_7]}_{a_{7,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} = \\
 & = \underbrace{-W1 \cdot (i_{4,k-1}^s + i_{5,k-1}^s) + P_7 \cdot \Phi_{6,k-1} + Q_7 \cdot \Phi_{7,k-1} + P1_7 \cdot \Phi_{8,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{7,k}^f + N1 \cdot (I_{8,k}^f - I_{6,k}^f) - N4 \cdot I_{7,k-1}^f)}_{s_7}.
 \end{aligned}$$

$$a_{7,5} = D_7; \quad a_{7,6} = E_7; \quad a_{7,7} = B_7; \quad a_{7,8} = C_7; \quad a_{7,9} = G_7;$$

$$a_{7,21} = -T; \quad a_{7,22} = -T + Y \cdot (-1) = -M; \quad a_{7,23} = Y \cdot (-1) + T = -N; \quad a_{7,24} = T;$$

$$s_7 = -W1 \cdot (x_{22,k-1} + x_{23,k-1}) + P_7 \cdot x_{6,k-1} + Q_7 \cdot x_{7,k-1} + P1_7 \cdot x_{8,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{7,k}^f + N1 \cdot (I_{8,k}^f - I_{6,k}^f) - N4 \cdot I_{7,k-1}^f).$$

$n = 8.$

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{[T]}_{a_{8,22}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{22}} + \underbrace{[M]}_{a_{8,23}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{23}} + \underbrace{[N]}_{a_{8,24}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{24}} + \underbrace{[-T]}_{a_{8,25}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{25}} + \\
 & + \underbrace{[D_8]}_{a_{8,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[E_8]}_{a_{8,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[B_8]}_{a_{8,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[C_8]}_{a_{8,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[G_8]}_{a_{8,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} = \\
 & = \underbrace{W1 \cdot (i_{5,k-1}^s + i_{6,k-1}^s) + P_8 \cdot \Phi_{7,k-1} + Q_8 \cdot \Phi_{8,k-1} + P1_8 \cdot \Phi_{9,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{8,k}^f + N1 \cdot (I_{9,k}^f - I_{7,k}^f) - N4 \cdot I_{8,k-1}^f)}_{s_8}.
 \end{aligned}$$

$$a_{8,6} = D_8; \quad a_{8,7} = E_8; \quad a_{8,8} = B_8; \quad a_{8,9} = C_8; \quad a_{8,10} = G_8;$$

$$a_{8,22} = -T \cdot (-1) = T; \quad a_{8,23} = -T \cdot (-1) + Y = M; \quad a_{8,24} = Y + T \cdot (-1) = N; \quad a_{8,25} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$s_8 = W1 \cdot (x_{23,k-1} + x_{24,k-1}) + P_8 \cdot x_{7,k-1} + Q_8 \cdot x_{8,k-1} + P1_8 \cdot x_{9,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{8,k}^f + N1 \cdot (I_{9,k}^f - I_{7,k}^f) - N4 \cdot I_{8,k-1}^f).$$

$n = 9.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{9,23}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{23}} + \underbrace{[-M]}_{a_{9,24}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{24}} + \underbrace{[-N]}_{a_{9,25}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{25}} + \underbrace{[T]}_{a_{9,26}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{26}} + \\ & + \underbrace{[D_9]}_{a_{9,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[E_9]}_{a_{9,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[B_9]}_{a_{9,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[C_9]}_{a_{9,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[G_9]}_{a_{9,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} = \\ & = -W1 \cdot (i_{6,k-1}^s + i_{7,k-1}^s) + P_9 \cdot \Phi_{8,k-1} + Q_9 \cdot \Phi_{9,k-1} + P1_9 \cdot \Phi_{10,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{9,k}^f + N1 \cdot (I_{10,k}^f - I_{8,k}^f) - N4 \cdot I_{9,k-1}^f). \end{aligned}$$

$$a_{9,7} = D_9; \quad a_{9,8} = E_9; \quad a_{9,9} = B_9; \quad a_{9,10} = C_9; \quad a_{9,11} = G_9;$$

$$a_{9,23} = -T; \quad a_{9,24} = -T + Y \cdot (-1) = -M; \quad a_{9,25} = Y \cdot (-1) + T = -N; \quad a_{9,26} = T;$$

$$\begin{aligned} s_9 = & -W1 \cdot (x_{24,k-1} + x_{25,k-1}) + P_9 \cdot x_{8,k-1} + Q_9 \cdot x_{9,k-1} + \\ & + P1_9 \cdot x_{10,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{9,k}^f + N1 \cdot (I_{10,k}^f - I_{8,k}^f) - N4 \cdot I_{9,k-1}^f). \end{aligned}$$

$n = 10.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[T]}_{a_{10,24}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{24}} + \underbrace{[M]}_{a_{10,25}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{25}} + \underbrace{[N]}_{a_{10,26}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{26}} + \underbrace{[-T]}_{a_{10,27}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{27}} + \\ & + \underbrace{[D_{10}]}_{a_{10,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[E_{10}]}_{a_{10,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[B_{10}]}_{a_{10,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[C_{10}]}_{a_{10,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[G_{10}]}_{a_{10,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} = \\ & = W1 \cdot (i_{7,k-1}^s + i_{8,k-1}^s) + P_{10} \cdot \Phi_{9,k-1} + Q_{10} \cdot \Phi_{10,k-1} + P1_{10} \cdot \Phi_{11,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{10,k}^f + N1 \cdot (I_{11,k}^f - I_{9,k}^f) - N4 \cdot I_{10,k-1}^f). \end{aligned}$$

$$a_{10,8} = D_{10}; \quad a_{10,9} = E_{10}; \quad a_{10,10} = B_{10}; \quad a_{10,11} = C_{10}; \quad a_{10,12} = G_{10};$$

$$a_{10,24} = -T \cdot (-1) = T; \quad a_{10,25} = -T \cdot (-1) + Y = M; \quad a_{10,26} = Y + T \cdot (-1) = N; \quad a_{10,27} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$\begin{aligned} s_{10} = & W1 \cdot (x_{25,k-1} + x_{26,k-1}) + P_{10} \cdot x_{9,k-1} + Q_{10} \cdot x_{10,k-1} + \\ & + P1_{10} \cdot x_{11,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{10,k}^f + N1 \cdot (I_{11,k}^f - I_{9,k}^f) - N4 \cdot I_{10,k-1}^f). \end{aligned}$$

$n = 11.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T]}_{a_{11,25}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{25}} + \underbrace{[-M]}_{a_{11,26}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{26}} + \underbrace{[-N]}_{a_{11,27}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{27}} + \underbrace{[T]}_{a_{11,28}} \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{28}} + \\ & + \underbrace{[D_{11}]}_{a_{11,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[E_{11}]}_{a_{11,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[B_{11}]}_{a_{11,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[C_{11}]}_{a_{11,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[G_{11}]}_{a_{11,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} = \\ & = -W1 \cdot (i_{8,k-1}^s + i_{9,k-1}^s) + P_{11} \cdot \Phi_{10,k-1} + Q_{11} \cdot \Phi_{11,k-1} + P1_{11} \cdot \Phi_{12,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{11,k}^f + N1 \cdot (I_{12,k}^f - I_{10,k}^f) - N4 \cdot I_{11,k-1}^f). \end{aligned}$$

$$a_{11,9} = D_{11}; \quad a_{11,10} = E_{11}; \quad a_{11,11} = B_{11}; \quad a_{11,12} = C_{11}; \quad a_{11,13} = G_{11};$$

$$a_{11,25} = -T; \quad a_{11,26} = -T + Y \cdot (-1) = -M; \quad a_{11,27} = Y \cdot (-1) + T = -N; \quad a_{11,28} = T;$$

$$s_{11} = -W1 \cdot (x_{26,k-1} + x_{27,k-1}) + P_{11} \cdot x_{10,k-1} + Q_{11} \cdot x_{11,k-1} +$$

$$+P1_{11} \cdot x_{12,k-1} + \omega_n^r \cdot \left( N2 \cdot I_{11,k}^f + N1 \cdot \left( I_{12,k}^f - I_{10,k}^f \right) - N4 \cdot I_{11,k-1}^f \right).$$

$n = 12.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \begin{matrix} T \\ a_{12,26} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{26}} + \left[ \begin{matrix} M \\ a_{12,27} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{27}} + \left[ \begin{matrix} N \\ a_{12,28} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{28}} + \left[ \begin{matrix} -T \\ a_{12,29} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{29}} +} \\ & \underbrace{\left[ \begin{matrix} D_{12} \\ a_{12,10} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \left[ \begin{matrix} E_{12} \\ a_{12,11} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \left[ \begin{matrix} B_{12} \\ a_{12,12} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \left[ \begin{matrix} C_{12} \\ a_{12,13} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \left[ \begin{matrix} G_{12} \\ a_{12,14} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} =} \\ & \underbrace{W1 \cdot \left( i_{9,k-1}^s + i_{10,k-1}^s \right) + P_{12} \cdot \Phi_{11,k-1} + Q_{12} \cdot \Phi_{12,k-1} + P1_{12} \cdot \Phi_{13,k-1} + \omega_n^r \cdot \left( N2 \cdot I_{12,k}^f + N1 \cdot \left( I_{13,k}^f - I_{11,k}^f \right) - N4 \cdot I_{12,k-1}^f \right)}_{S_{12}}. \end{aligned}$$

$$a_{12,10} = D_{12}; \quad a_{12,11} = E_{12}; \quad a_{12,12} = B_{12}; \quad a_{12,13} = C_{12}; \quad a_{12,14} = G_{12};$$

$$a_{12,26} = -T \cdot (-1) = T; \quad a_{12,27} = -T \cdot (-1) + Y = M; \quad a_{12,28} = Y + T \cdot (-1) = N; \quad a_{12,29} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$\begin{aligned} S_{12} &= W1 \cdot \left( x_{27,k-1} + x_{28,k-1} \right) + P_{12} \cdot x_{11,k-1} + Q_{12} \cdot x_{12,k-1} + \\ &+ P1_{12} \cdot x_{13,k-1} + \omega_n^r \cdot \left( N2 \cdot I_{12,k}^f + N1 \cdot \left( I_{13,k}^f - I_{11,k}^f \right) - N4 \cdot I_{12,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

$n = 13.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \begin{matrix} -T \\ a_{13,27} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{27}} + \left[ \begin{matrix} -M \\ a_{13,28} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{28}} + \left[ \begin{matrix} -N \\ a_{13,29} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{29}} + \left[ \begin{matrix} T \\ a_{13,30} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{12,k}^s}_{x_{30}} +} \\ & \underbrace{\left[ \begin{matrix} D_{13} \\ a_{13,11} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \left[ \begin{matrix} E_{13} \\ a_{13,12} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \left[ \begin{matrix} B_{13} \\ a_{13,13} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \left[ \begin{matrix} C_{13} \\ a_{13,14} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \left[ \begin{matrix} G_{13} \\ a_{13,15} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} =} \\ & \underbrace{-W1 \cdot \left( i_{10,k-1}^s + i_{11,k-1}^s \right) + P_{13} \cdot \Phi_{12,k-1} + Q_{13} \cdot \Phi_{13,k-1} + P1_{13} \cdot \Phi_{14,k-1} + \omega_n^r \cdot \left( N2 \cdot I_{13,k}^f + N1 \cdot \left( I_{14,k}^f - I_{12,k}^f \right) - N4 \cdot I_{13,k-1}^f \right)}_{S_{13}}. \end{aligned}$$

$$a_{13,11} = D_{13}; \quad a_{13,12} = E_{13}; \quad a_{13,13} = B_{13}; \quad a_{13,14} = C_{13}; \quad a_{13,15} = G_{13};$$

$$a_{13,27} = -T; \quad a_{13,28} = -T + Y \cdot (-1) = -M; \quad a_{13,29} = Y \cdot (-1) + T = -N; \quad a_{13,30} = T;$$

$$\begin{aligned} S_{13} &= -W1 \cdot \left( x_{28,k-1} + x_{29,k-1} \right) + P_{13} \cdot x_{12,k-1} + Q_{13} \cdot x_{13,k-1} + \\ &+ P1_{13} \cdot x_{14,k-1} + \omega_n^r \cdot \left( N2 \cdot I_{13,k}^f + N1 \cdot \left( I_{14,k}^f - I_{12,k}^f \right) - N4 \cdot I_{13,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

$n = 14.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \begin{matrix} T \\ a_{14,28} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{28}} + \left[ \begin{matrix} M \\ a_{14,29} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{29}} + \left[ \begin{matrix} N \\ a_{14,30} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{12,k}^s}_{x_{30}} + \left[ \begin{matrix} -T \\ a_{14,31} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{13,k}^s}_{x_{31}} +} \\ & \underbrace{\left[ \begin{matrix} D_{14} \\ a_{14,12} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \left[ \begin{matrix} E_{14} \\ a_{14,13} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \left[ \begin{matrix} B_{14} \\ a_{14,14} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \left[ \begin{matrix} C_{14} \\ a_{14,15} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \left[ \begin{matrix} G_{14} \\ a_{14,16} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} =} \\ & \underbrace{W1 \cdot \left( i_{11,k-1}^s + i_{12,k-1}^s \right) + P_{14} \cdot \Phi_{13,k-1} + Q_{14} \cdot \Phi_{14,k-1} + P1_{14} \cdot \Phi_{15,k-1} + \omega_n^r \cdot \left( N2 \cdot I_{14,k}^f + N1 \cdot \left( I_{15,k}^f - I_{13,k}^f \right) - N4 \cdot I_{14,k-1}^f \right)}_{S_{14}}. \end{aligned}$$

$$a_{14,12} = D_{14}; \quad a_{14,13} = E_{14}; \quad a_{14,14} = B_{14}; \quad a_{14,15} = C_{14}; \quad a_{14,16} = G_{14};$$

$$a_{14,28} = -T \cdot (-1) = T; \quad a_{14,29} = -T \cdot (-1) + Y = M; \quad a_{14,30} = Y + T \cdot (-1) = N; \quad a_{14,31} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$\begin{aligned} S_{14} &= W1 \cdot \left( x_{29,k-1} + x_{30,k-1} \right) + P_{14} \cdot x_{13,k-1} + Q_{14} \cdot x_{14,k-1} + \\ &+ P1_{14} \cdot x_{15,k-1} + \omega_n^r \cdot \left( N2 \cdot I_{14,k}^f + N1 \cdot \left( I_{15,k}^f - I_{13,k}^f \right) - N4 \cdot I_{14,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

$n = 15.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \begin{matrix} -T \\ a_{15,29} \end{matrix} \right] \cdot i_{11,k}^s + \left[ \begin{matrix} -M \\ a_{15,30} \end{matrix} \right] \cdot i_{12,k}^s + \left[ \begin{matrix} -N \\ a_{15,31} \end{matrix} \right] \cdot i_{13,k}^s + \left[ \begin{matrix} D_{15} \\ a_{15,13} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{13,k} + \left[ \begin{matrix} E_{15} \\ a_{15,14} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{14,k} + \left[ \begin{matrix} B_{15} \\ a_{15,15} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{15,k} + \left[ \begin{matrix} C_{15} \\ a_{15,16} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{16,k} + \left[ \begin{matrix} G_{15} \\ a_{15,17} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{17,k}}_{s_{15}} = \\ & = -W1 \cdot (i_{12,k-1}^s + i_{13,k-1}^s) + P_{15} \cdot \Phi_{14,k-1} + Q_{15} \cdot \Phi_{15,k-1} + P1_{15} \cdot \Phi_{16,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{15,k}^f + N1 \cdot (I_{16,k}^f - I_{14,k}^f) - N4 \cdot I_{15,k-1}^f). \end{aligned}$$

$$a_{15,13} = D_{15}; \quad a_{15,16} = E_{15}; \quad a_{15,15} = B_{15}; \quad a_{15,16} = C_{15}; \quad a_{15,17} = G_{15};$$

$$a_{15,29} = -T; \quad a_{15,30} = -T + Y \cdot (-1) = -M; \quad a_{15,31} = Y \cdot (-1) + T = -N.$$

$$s_{15} = -W1 \cdot (x_{30,k-1} + x_{31,k-1}) + P_{15} \cdot x_{14,k-1} + Q_{15} \cdot x_{15,k-1} + P1_{15} \cdot x_{16,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{15,k}^f + N1 \cdot (I_{16,k}^f - I_{14,k}^f) - N4 \cdot I_{15,k-1}^f).$$

$n = 16.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \begin{matrix} T \\ a_{16,30} \end{matrix} \right] \cdot i_{12,k}^s + \left[ \begin{matrix} M \\ a_{16,31} \end{matrix} \right] \cdot i_{13,k}^s + \left[ \begin{matrix} D_{16} \\ a_{16,14} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{14,k} + \left[ \begin{matrix} E_{16} \\ a_{16,15} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{15,k} + \left[ \begin{matrix} B_{16} \\ a_{16,16} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{16,k} + \left[ \begin{matrix} C_{16} \\ a_{16,17} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{17,k} + \left[ \begin{matrix} G_{16} \\ a_{16,18} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{18,k}}_{s_{16}} = \\ & = W1 \cdot i_{13,k-1}^s + P_{16} \cdot \Phi_{15,k-1} + Q_{16} \cdot \Phi_{16,k-1} + P1_{16} \cdot \Phi_{17,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{16,k}^f + N1 \cdot (I_{17,k}^f - I_{15,k}^f) - N4 \cdot I_{16,k-1}^f). \end{aligned}$$

$$a_{16,14} = D_{16}; \quad a_{16,15} = E_{16}; \quad a_{16,16} = B_{16}; \quad a_{16,17} = C_{16}; \quad a_{16,18} = G_{16};$$

$$a_{16,30} = -T \cdot (-1) = T; \quad a_{16,31} = -T \cdot (-1) + Y = M.$$

$$s_{16} = W1 \cdot x_{31,k-1} + P_{16} \cdot x_{15,k-1} + Q_{16} \cdot x_{16,k-1} + P1_{16} \cdot x_{17,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{16,k}^f + N1 \cdot (I_{17,k}^f - I_{15,k}^f) - N4 \cdot I_{16,k-1}^f).$$

$n = 17.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \begin{matrix} -T \\ a_{17,31} \end{matrix} \right] \cdot i_{13,k}^s + \left[ \begin{matrix} D_{17} \\ a_{17,15} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{15,k} + \left[ \begin{matrix} E_{17} \\ a_{17,16} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{16,k} + \left[ \begin{matrix} B_{17} \\ a_{17,17} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{17,k} + \left[ \begin{matrix} C_{17} \\ a_{17,18} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{18,k}}_{s_{17}} = \\ & = P_{17} \cdot \Phi_{16,k-1} + Q_{17} \cdot \Phi_{17,k-1} + P1_{17} \cdot \Phi_{18,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{17,k}^f + N1 \cdot (I_{18,k}^f - I_{16,k}^f) - N4 \cdot I_{17,k-1}^f). \end{aligned}$$

$$a_{17,15} = D_{17}; \quad a_{17,16} = E_{17}; \quad a_{17,17} = B_{17}; \quad a_{17,18} = C_{17}; \quad a_{17,31} = -T.$$

$$s_{17} = P_{17} \cdot x_{16,k-1} + Q_{17} \cdot x_{17,k-1} + P1_{17} \cdot x_{18,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{17,k}^f + N1 \cdot (I_{18,k}^f - I_{16,k}^f) - N4 \cdot I_{17,k-1}^f).$$

$n = 18.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[ \begin{matrix} D_{18} \\ a_{18,16} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{16,k} + \left[ \begin{matrix} E_{18} \\ a_{18,17} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{17,k} + \left[ \begin{matrix} B_{18} \\ a_{18,18} \end{matrix} \right] \cdot \Phi_{18,k}}_{s_{18}} = \\ & = P_{18} \cdot \Phi_{17,k-1} + Q_{18} \cdot \Phi_{18,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{18,k}^f + N1 \cdot (I_{1,k}^f - I_{17,k}^f) - N4 \cdot I_{18,k-1}^f). \end{aligned}$$

$$a_{18,16} = D_{18}; \quad a_{18,17} = E_{18}; \quad a_{18,18} = B_{18}.$$

$$s_{18} = P_{18} \cdot x_{17,k-1} + Q_{18} \cdot x_{18,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{18,k}^f + N1 \cdot (I_{1,k}^f - I_{17,k}^f) - N4 \cdot I_{18,k-1}^f).$$

Остальные элементы матрицы **A** (для строк  $n = 19, \dots, 31$ ) и соответствующие элементы матрицы-столбца **S** определяются из **баланса электрических напряжений обмоток статора**.

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



$$\begin{aligned}
 u_1 &= U_m \cdot \cos(\omega t); & u_2 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right); & u_3 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right); \\
 u_4 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right); & u_5 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right); & u_6 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{5\pi}{6}\right); \\
 u_7 &= U_m \cdot \cos(\omega t - \pi); & u_8 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{7\pi}{6}\right); & u_9 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right); \\
 u_{10} &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{3\pi}{2}\right); & u_{11} &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{5\pi}{3}\right); & u_{12} &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{11\pi}{6}\right); \\
 u_{13} &= U_m \cdot \cos(\omega t - 2\pi).
 \end{aligned}$$

Рассмотрим баланс напряжений для первой обмотки.

$$u_1 = \omega_n^s \cdot \frac{d(\Phi_4 - \Phi_3)}{dt} + r^s \cdot i_1^s + L^s \cdot \frac{di_1^s}{dt},$$

где  $\omega_n^s$  – число витков паза (обмотки);

$r^s$  – сопротивление катушки обмотки, проходящей через зубец;

$L^s$  – индуктивность обмотки первого паза.

Выразим производные через конечные разности:

$$\frac{di_1^s}{dt} = \frac{i_{1,k}^s - i_{1,k-1}^s}{\Delta t}; \quad \frac{d(\Phi_4 - \Phi_3)}{dt} = \frac{(\Phi_{4,k} - \Phi_{3,k}) - (\Phi_{4,k-1} - \Phi_{3,k-1})}{\Delta t}.$$

Тогда после подстановки получим:

$$u_{1,k} = \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot (\Phi_{4,k} - \Phi_{3,k}) - \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot (\Phi_{4,k-1} - \Phi_{3,k-1}) + r^s \cdot i_{1,k}^s + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k}^s - \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s.$$

Преобразуем выражение к виду:

$$\left(\frac{\omega_n^s}{\Delta t}\right) \cdot (\Phi_{4,k} - \Phi_{3,k}) + \left(r^s + \frac{L^s}{\Delta t}\right) \cdot i_{1,k}^s = \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot (\Phi_{4,k-1} - \Phi_{3,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s + u_{1,k}.$$

Обозначим:

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

Тогда для элементов девятнадцатой строки матрицы **A** и девятнадцатого элемента матрицы-столбца **S** ( $n = 19$ ):

$$\underbrace{[UA]}_{a_{19,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[-UA]}_{a_{19,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[KS]}_{a_{19,19}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{19}} = UA \cdot \underbrace{(\Phi_{4,k-1} - \Phi_{3,k-1})}_{s_{19}} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \underbrace{i_{1,k-1}^s}_{x_{19}} + u_{1,k}.$$

Отсюда элементы матрицы **A**:  $a_{19,3} = -UA$ ;  $a_{19,4} = UA$ ;  $a_{19,19} = KS$ .

Девятнадцатый элемент  $s_{19}$  матрицы-столбца **S**:

$$s_{19} = UA \cdot (x_{4,k-1} - x_{3,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{19,k-1} + u_{1,k}.$$

Аналогично для  $n = 20, \dots, 31$  запишем:

$n = 20$ .

$$\underbrace{[UA]}_{a_{20,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[-UA]}_{a_{20,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[KS]}_{a_{20,20}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{20}} = UA \cdot \underbrace{(\Phi_{5,k-1} - \Phi_{4,k-1})}_{s_{20}} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \underbrace{i_{2,k-1}^s}_{x_{20}} + u_{2,k}.$$

$$a_{20,4} = -UA; \quad a_{20,5} = UA; \quad a_{20,20} = KS; \quad s_{20} = UA \cdot (x_{5,k-1} - x_{4,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot x_{20,k-1} + u_{2,k}.$$

$n = 21.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{6,k}}_{a_{21,6}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{5,k}}_{a_{21,5}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{3,k}^S}_{a_{21,21}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{6,k-1} - \Phi_{5,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot i_{3,k-1}^S + u_{3,k}}_{s_{21}}.$$

$$a_{21,5} = -UA; \quad a_{21,6} = UA; \quad a_{21,21} = KS; \quad s_{21} = UA \cdot (x_{6,k-1} - x_{5,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot x_{21,k-1} + u_{3,k}.$$

$n = 22.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{22,7}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{6,k}}_{a_{22,6}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{4,k}^S}_{a_{22,22}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{7,k-1} - \Phi_{6,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot i_{4,k-1}^S + u_{4,k}}_{s_{22}}.$$

$$a_{22,6} = -UA; \quad a_{22,7} = UA; \quad a_{22,22} = KS; \quad s_{22} = UA \cdot (x_{7,k-1} - x_{6,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot x_{22,k-1} + u_{4,k}.$$

$n = 23.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{23,8}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{23,7}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{5,k}^S}_{a_{23,23}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{8,k-1} - \Phi_{7,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot i_{5,k-1}^S + u_{5,k}}_{s_{23}}.$$

$$a_{23,7} = -UA; \quad a_{23,8} = UA; \quad a_{23,23} = KS; \quad s_{23} = UA \cdot (x_{8,k-1} - x_{7,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot x_{23,k-1} + u_{5,k}.$$

$n = 24.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{24,9}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{24,8}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{6,k}^S}_{a_{24,24}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{9,k-1} - \Phi_{8,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot i_{6,k-1}^S + u_{6,k}}_{s_{24}}.$$

$$a_{24,8} = -UA; \quad a_{24,9} = UA; \quad a_{24,24} = KS; \quad s_{24} = UA \cdot (x_{9,k-1} - x_{8,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot x_{24,k-1} + u_{6,k}.$$

$n = 25.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{25,10}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{25,9}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{7,k}^S}_{a_{25,25}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{10,k-1} - \Phi_{9,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot i_{7,k-1}^S + u_{7,k}}_{s_{25}}.$$

$$a_{25,9} = -UA; \quad a_{25,10} = UA; \quad a_{25,25} = KS; \quad s_{25} = UA \cdot (x_{10,k-1} - x_{9,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot x_{25,k-1} + u_{7,k}.$$

$n = 26.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{26,11}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{26,10}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{8,k}^S}_{a_{26,26}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{11,k-1} - \Phi_{10,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot i_{8,k-1}^S + u_{8,k}}_{s_{26}}.$$

$$a_{26,10} = -UA; \quad a_{26,11} = UA; \quad a_{26,26} = KS; \quad s_{26} = UA \cdot (x_{11,k-1} - x_{10,k-1}) + \frac{L^S}{\Delta t} \cdot x_{26,k-1} + u_{8,k}.$$

$n = 27.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{12,k}}_{a_{27,12} x_{12}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{27,11} x_{11}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{9,k}^s}_{a_{27,27} x_{27}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{12,k-1} - \Phi_{11,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{9,k-1}^s + u_{9,k}}_{s_{27}}$$

$$a_{27,11} = -UA; \quad a_{27,12} = UA; \quad a_{27,27} = KS; \quad s_{27} = UA \cdot (x_{12,k-1} - x_{11,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{27,k-1} + u_{9,k}.$$

$n = 28.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{13,k}}_{a_{28,13} x_{13}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{12,k}}_{a_{28,12} x_{12}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{10,k}^s}_{a_{28,28} x_{28}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{13,k-1} - \Phi_{12,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{10,k-1}^s + u_{10,k}}_{s_{28}}$$

$$a_{28,12} = -UA; \quad a_{28,13} = UA; \quad a_{28,28} = KS; \quad s_{28} = UA \cdot (x_{13,k-1} - x_{12,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{28,k-1} + u_{10,k}.$$

$n = 29.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{14,k}}_{a_{29,14} x_{14}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{13,k}}_{a_{29,13} x_{13}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{11,k}^s}_{a_{29,29} x_{29}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{14,k-1} - \Phi_{13,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{11,k-1}^s + u_{11,k}}_{s_{29}}$$

$$a_{29,13} = -UA; \quad a_{29,14} = UA; \quad a_{29,29} = KS; \quad s_{29} = UA \cdot (x_{14,k-1} - x_{13,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{29,k-1} + u_{11,k}.$$

$n = 30.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{15,k}}_{a_{30,15} x_{15}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{14,k}}_{a_{30,14} x_{14}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{12,k}^s}_{a_{30,30} x_{30}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{15,k-1} - \Phi_{14,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{12,k-1}^s + u_{12,k}}_{s_{30}}$$

$$a_{30,14} = -UA; \quad a_{30,15} = UA; \quad a_{30,30} = KS; \quad s_{30} = UA \cdot (x_{15,k-1} - x_{14,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{30,k-1} + u_{12,k}.$$

$n = 31.$

$$\underbrace{[UA] \cdot \Phi_{16,k}}_{a_{31,16} x_{16}} + \underbrace{[-UA] \cdot \Phi_{15,k}}_{a_{31,15} x_{15}} + \underbrace{[KS] \cdot i_{13,k}^s}_{a_{31,31} x_{31}} = \underbrace{UA \cdot (\Phi_{16,k-1} - \Phi_{15,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{13,k-1}^s + u_{13,k}}_{s_{31}}$$

$$a_{31,15} = -UA; \quad a_{31,16} = UA; \quad a_{31,31} = KS; \quad s_{31} = UA \cdot (x_{16,k-1} - x_{15,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{31,k-1} + u_{13,k}.$$

Окончательно, матрица  $\mathbf{A}$  примет следующий вид, удобный для программирования в MATLAB (рис. 4):

Неизвестные переменные (потоки и токи в статорной обмотке) в  $k$ -й момент времени определяются в результате следующей операции с матрицами:

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{S}.$$

Далее, подставляя в уравнение (1)  $n = 1...18$ , определяем суммарные токи (М.Д.С.) в роторе:

$$IR_1 = \left( i_1^r + I_{1,k}^f \right) \cdot \omega_n^r = \underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot (R_1 + R_2) - \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot R_2;$$

$$IR_2 = \left( i_2^r + I_{2,k}^f \right) \cdot \omega_n^r = -\underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot R_2 + \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (R_2 + R_3) - \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot R_3;$$

$$IR_3 = \left( i_3^r + I_{3,k}^f \right) \cdot \omega_n^r = \omega_n^s \cdot \underbrace{i_{19}^s}_{x_{19}} - \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot R_3 + \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot (R_3 + R_4) - \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot R_4;$$



$$IR_{15} = (i_{15}^r + I_{15,k}^f) \cdot \omega_n^r = \omega_n^s \cdot (x_{30} + x_{31}) - R_{15} \cdot x_{14} + (R_{15} + R_{16}) \cdot x_{15} - R_{16} \cdot x_{16};$$

$$IR_{16} = (i_{16}^r + I_{16,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{31} - R_{16} \cdot x_{15} + (R_{16} + R_{17}) \cdot x_{16} - R_{17} \cdot x_{17};$$

$$IR_{17} = (i_{17}^r + I_{17,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{17} \cdot x_{16} + (R_{17} + R_{18}) \cdot x_{17} - R_{18} \cdot x_{18};$$

$$IR_{18} = (i_{18}^r + I_{18,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{18} \cdot x_{17} + R_{18} \cdot x_{18};$$

Электромагнитные усилия на зубцовом делении определяются по следующим формулам:

$$F_1 = \frac{x_2}{2t_z} \cdot (i_1^r + I_{1,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_2 = \frac{x_3 - x_1}{2t_z} \cdot (i_2^r + I_{2,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_3 = \frac{x_4 - x_2}{2t_z} \cdot (i_3^r + I_{3,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_4 = \frac{x_5 - x_3}{2t_z} \cdot (i_4^r + I_{4,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_5 = \frac{x_6 - x_4}{2t_z} \cdot (i_5^r + I_{5,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_6 = \frac{x_7 - x_5}{2t_z} \cdot (i_6^r + I_{6,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_7 = \frac{x_8 - x_6}{2t_z} \cdot (i_7^r + I_{7,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_8 = \frac{x_9 - x_7}{2t_z} \cdot (i_8^r + I_{8,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_9 = \frac{x_{10} - x_8}{2t_z} \cdot (i_9^r + I_{9,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{10} = \frac{x_{11} - x_9}{2t_z} \cdot (i_{10}^r + I_{10,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{11} = \frac{x_{12} - x_{10}}{2t_z} \cdot (i_{11}^r + I_{11,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{12} = \frac{x_{13} - x_{11}}{2t_z} \cdot (i_{12}^r + I_{12,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{13} = \frac{x_{14} - x_{12}}{2t_z} \cdot (i_{13}^r + I_{13,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{14} = \frac{x_{15} - x_{13}}{2t_z} \cdot (i_{14}^r + I_{14,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{15} = \frac{x_{16} - x_{14}}{2t_z} \cdot (i_{15}^r + I_{15,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{16} = \frac{x_{17} - x_{15}}{2t_z} \cdot (i_{16}^r + I_{16,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{17} = \frac{x_{18} - x_{16}}{2t_z} \cdot (i_{17}^r + I_{17,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{18} = \frac{-x_{17}}{2t_z} \cdot (i_{18}^r + I_{18,k}^f) \cdot \omega_n^r.$$

$$\text{Суммарное усилие: } F_{\Sigma} = \sum_{n=1}^{18} F_n.$$

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

Математическая модель синхронного явнополюсного линейного двигателя реализована в программном пакете MATLAB методом Гаусса-Жордана. Ниже приведен пример расчета.

```
% Математическая модель СЯЛД (z=12) с укладкой статорной обмотки через
% зубец
% function SLd_z12_zb
% Исходные данные синхронного двигателя
Rb=0.1003*10^7;
rs=4.94;
Ls=0.111;
rr=27;
Lr=0.074;
dt=0.001;
tz=9.769*10^-3;
tau=3*tz;
m=95;
v0=0;
```

```

wns=200;
wnr=2000;
UA=wns/dt;
X=zeros(31,1);
F=0;
w12=2;
mass_Um=0;
mass_f=0;
mass_t=0;
Ukon=600;
Unach=8;
tk=8;

K=input('Длительность цикла k=');
for k=1:(K+1)
    if ((k*dt >= 0) && (k*dt <= tk))
        fc=k*dt*40/tk;
        vs=2*tau*fc;
        w=2*pi*vs/(2*tau);
        eps=0.1;
        if (vs-v0)>eps
            ss=(vs-v0)/vs;
            wR=2*pi*v0/(2*tau);
        else
            wR=w;
        end;
        Um=Unach+((Ukon-Unach)*(k*dt)^1)/((tk)^1);
    end;
    if (k*dt > tk)
        fc=40+2*((tanh(k*dt-1)^0.6))*0;
        vs=2*tau*fc;
        w=2*pi*vs/(2*tau);
        eps=0.1;
        if (vs-v0)>eps
            ss=(vs-v0)/vs;
            wR=2*pi*v0/(2*tau);
        else
            wR=w;
        end;
        Um=Ukon+10*((tanh(k*dt-1)^0.6))*0;
    end;
    if ((k*dt >= 0) && (k*dt <= 4))
        Fc=2;
    end;
    if (k*dt > 4)
        Fc=2;
    end;
    if ((k*dt >= 0) && (k*dt <= 1.5))
        Ufm=k*dt*2/1.5;
        Ifm=Ufm/rr;
    end;
    if (k*dt > 1.5)
        Ufm=2;
        Ifm=Ufm/rr;
    end;
end;

```

```

v(1,k)=v0;           %Создание вектор-строки для графика скорости
f(1,k)=sum(F)-Fc;   %Создание вектор-строки для графика усилия

U(1)=Um*cos(w*(k-1)*dt);
U(2)=-Um*cos(w*(k-1)*dt-pi/6);
U(3)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi/3);
U(4)=-Um*cos(w*(k-1)*dt-pi/2);
U(5)=Um*cos(w*(k-1)*dt-2*pi/3);
U(6)=-Um*cos(w*(k-1)*dt-5*pi/6);
U(7)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi);
U(8)=-Um*cos(w*(k-1)*dt-7*pi/6);
U(9)=Um*cos(w*(k-1)*dt-4*pi/3);
U(10)=-Um*cos(w*(k-1)*dt-3*pi/2);
U(11)=Um*cos(w*(k-1)*dt-5*pi/3);
U(12)=-Um*cos(w*(k-1)*dt-11*pi/6);
U(13)=Um*cos(w*(k-1)*dt-2*pi);
i1(1,k)=X(19);
i2(1,k)=X(20);
i3(1,k)=X(21);
i4(1,k)=X(22);
i5(1,k)=X(23);
i6(1,k)=X(24);
i7(1,k)=X(25);
i8(1,k)=X(26);
i9(1,k)=X(27);
i10(1,k)=X(28);
i11(1,k)=X(29);
i12(1,k)=X(30);
i13(1,k)=X(31);

% Формирование матрицы A
A=zeros(31);

N1=Lr*v0/(wnr*2*tz);
N2=(rr+Lr/dt)/wnr;
N3=wnr/dt;
N4=Lr/(wnr*dt);
N5=(wnr^2)/Lr;
R(1)=500*Rb;
R(2)=50*Rb;
R(3)=5*Rb;
for n=4:16
    R(n)=1.2*Rb-0.2*Rb*cos(wR*k*dt+(2*pi*tz*n)/tau-wl2*pi/12);
end;
R(17)=5*Rb;
R(18)=50*Rb;
R(19)=500*Rb;
R(20)=50*Rb;

A(18,18)=(R(18)*N2+N1*(R(18))+N3); %B
for n=1:17
    A(n,n)=(R(n)+R(n+1))*N2+N1*(R(n)-R(n+1))+N3; %B
end;

for n=2:18
    A(n,n-1)=-R(n)*N2-N1*(R(n-1)+R(n)+N5); %E

```

```

end;

A(17,18)=-R(18)*N2+N1*(R(18)+N5); %C
for n=1:16
    A(n,n+1)=-R(n+1)*N2+N1*(R(n+1)+R(n+2)+N5); %C
end;

for n=3:18
    A(n,n-2)=R(n-1)*N1; % D
end;

for n=1:16
    A(n,n+2)=-R(n+2)*N1; %G
end;
W1=-wns*N4;
T=-wns*N1;
Y=-wns*N2;
M=Y+T;
N=Y-T;
KS=rs+Ls/dt;

for n=1:18
    If(n)=Ifm*sin(wR*k*dt+(pi/3)*(n-0.5)-w12*pi/12);
    If1(n)=Ifm*sin(wR*(k-1)*dt+(pi/3)*(n-0.5)-w12*pi/12);
end;

for n=1:13
    A(n+1,n+18)=(-1)^n*T;
    A(n+2,n+18)=(-1)^n*N;
    A(n+3,n+18)=(-1)^(n+1)*M;
    A(n+4,n+18)=(-1)^n*T;
    A(n+18,n+2)=-UA;
    A(n+18,n+3)=UA;
    A(n+18,n+18)=KS;
end;

% Матрица свободных членов
S=[
    ((R(1)+R(2))*N4+N3)*X(1)-N4*(R(2)*X(2))-
    N1*wnr*If(18)+N2*wnr*If(1)+N1*wnr*If(2)-N4*wnr*If1(1); %1
    ((R(2)+R(3))*N4+N3)*X(2)-N4*(R(2)*X(1)+R(3)*X(3))-
    N1*wnr*If(1)+N2*wnr*If(2)+N1*wnr*If(3)-N4*wnr*If1(2); %2
    -W1*X(19)+((R(3)+R(4))*N4+N3)*X(3)-N4*(R(3)*X(2)+R(4)*X(4))-
    N1*wnr*If(2)+N2*wnr*If(3)+N1*wnr*If(4)-N4*wnr*If1(3); %3
    W1*(X(19)+X(20))+((R(4)+R(5))*N4+N3)*X(4)-N4*(R(4)*X(3)+R(5)*X(5))-N1*wnr*If(3)+
    N2*wnr*If(4)+N1*wnr*If(5)-N4*wnr*If1(4); %4
    -W1*(X(20)+X(21))+((R(5)+R(6))*N4+N3)*X(5)-N4*(R(5)*X(4)+R(6)*X(6))-
    N1*wnr*If(4)+N2*wnr*If(5)+N1*wnr*If(6)-N4*wnr*If1(5); %5
    W1*(X(21)+X(22))+((R(6)+R(7))*N4+N3)*X(6)-N4*(R(6)*X(5)+R(7)*X(7))-N1*wnr*If(5)+
    N2*wnr*If(6)+N1*wnr*If(7)-N4*wnr*If1(6); %6
    -W1*(X(22)+X(23))+((R(7)+R(8))*N4+N3)*X(7)-N4*(R(7)*X(6)+R(8)*X(8))-
    N1*wnr*If(6)+N2*wnr*If(7)+N1*wnr*If(8)-N4*wnr*If1(7); %7
    W1*(X(23)+X(24))+((R(8)+R(9))*N4+N3)*X(8)-N4*(R(8)*X(7)+R(9)*X(9))-N1*wnr*If(7)+
    N2*wnr*If(8)+N1*wnr*If(9)-N4*wnr*If1(8); %8
    -W1*(X(24)+X(25))+((R(9)+R(10))*N4+N3)*X(9)-N4*(R(9)*X(8)+R(10)*X(10))-
    N1*wnr*If(8)+N2*wnr*If(9)+N1*wnr*If(10)-N4*wnr*If1(9); %9

```

```

W1*(X(25)+X(26))+((R(10)+R(11))*N4+N3)*X(10)-N4*(R(10)*X(9)+R(11)*X(11))-N1*wnr
*If(9)+N2*wnr*If(10)+N1*wnr*If(11)-N4*wnr*If1(10); %10
-W1*(X(26)+X(27))+((R(11)+R(12))*N4+N3)*X(11)-N4*(R(11)*X(10)+R(12)*X(12))-N1*wnr
r*If(10)+N2*wnr*If(11)+N1*wnr*If(12)-N4*wnr*If1(11); %11
W1*(X(27)+X(28))+((R(12)+R(13))*N4+N3)*X(12)-N4*(R(12)*X(11)+R(13)*X(13))-N1*wnr
r*If(11)+N2*wnr*If(12)+N1*wnr*If(13)-N4*wnr*If1(12); %12
-W1*(X(28)+X(29))+((R(13)+R(14))*N4+N3)*X(13)-
N4*(R(13)*X(12)+R(14)*X(14))-N1*wnr*If(12)+N2*wnr*If(13)+N1*wnr*If(14)-
N4*wnr*If1(13); %13
W1*(X(29)+X(30))+((R(14)+R(15))*N4+N3)*X(14)-N4*(R(14)*X(13)+R(15)*X(15))-N1*wnr
r*If(13)+N2*wnr*If(14)+N1*wnr*If(15)-N4*wnr*If1(14); %14
-W1*(X(30)+X(31))+((R(15)+R(16))*N4+N3)*X(15)-N4*(R(15)*X(14)+R(16)*X(16))-N1*wnr
r*If(14)+N2*wnr*If(15)+N1*wnr*If(16)-N4*wnr*If1(15); %15
W1*X(31)+((R(16)+R(17))*N4+N3)*X(16)-N4*(R(16)*X(15)+R(17)*X(17))-N1*wnr*If(15)
+N2*wnr*If(16)+N1*wnr*If(17)-N4*wnr*If1(16); %16
((R(17)+R(18))*N4+N3)*X(17)-N4*(R(17)*X(16)+R(18)*X(18))-N1*wnr*If(16)
+N2*wnr*If(17)+N1*wnr*If(18)-N4*wnr*If1(17); %17
((R(18))*N4+N3)*X(18)-N4*(R(18)*X(17))-N1*wnr*If(17)+N2*wnr*If(18)+N1*
wnr*If(1)-N4*wnr*If1(18); %18
UA*(X(4)-X(3))+ (Ls/dt)*X(19)+U(1); %19
UA*(X(5)-X(4))+ (Ls/dt)*X(20)+U(2); %20
UA*(X(6)-X(5))+ (Ls/dt)*X(21)+U(3); %21
UA*(X(7)-X(6))+ (Ls/dt)*X(22)+U(4); %22
UA*(X(8)-X(7))+ (Ls/dt)*X(23)+U(5); %23
UA*(X(9)-X(8))+ (Ls/dt)*X(24)+U(6); %24
UA*(X(10)-X(9))+ (Ls/dt)*X(25)+U(7); %25
UA*(X(11)-X(10))+ (Ls/dt)*X(26)+U(8); %26
UA*(X(12)-X(11))+ (Ls/dt)*X(27)+U(9); %27
UA*(X(13)-X(12))+ (Ls/dt)*X(28)+U(10); %28
UA*(X(14)-X(13))+ (Ls/dt)*X(29)+U(11); %29
UA*(X(15)-X(14))+ (Ls/dt)*X(30)+U(12); %30
UA*(X(16)-X(15))+ (Ls/dt)*X(31)+U(13)]; %31

```

% Решение методом Гаусса-Жордана

```

Z=rref([A S]); %Приведение расширенной матрицы к треугольному виду
X=Z(1:31,32:32); %Выделение последнего столбца из матрицы

```

% Ток в роторе

```

IR=[
(R(1)+R(2))*X(1)-R(2)*X(2); %1
(R(2)+R(3))*X(2)-R(3)*X(3)-R(2)*X(1); %2
wns*X(19)+(R(3)+R(4))*X(3)-R(4)*X(4)-R(3)*X(2); %3
-wns*(X(19)+X(20))+ (R(4)+R(5))*X(4)-R(5)*X(5)-R(4)*X(3); %4
wns*(X(20)+X(21))+ (R(5)+R(6))*X(5)-R(6)*X(6)-R(5)*X(4); %5
-wns*(X(21)+X(22))+ (R(6)+R(7))*X(6)-R(7)*X(7)-R(6)*X(5); %6
wns*(X(22)+X(23))+ (R(7)+R(8))*X(7)-R(8)*X(8)-R(7)*X(6); %7
-wns*(X(23)+X(24))+ (R(8)+R(9))*X(8)-R(9)*X(9)-R(8)*X(7); %8
wns*(X(24)+X(25))+ (R(9)+R(10))*X(9)-R(10)*X(10)-R(9)*X(8); %9
-wns*(X(25)+X(26))+ (R(10)+R(11))*X(10)-R(11)*X(11)-R(10)*X(9); %10
wns*(X(26)+X(27))+ (R(11)+R(12))*X(11)-R(12)*X(12)-R(11)*X(10); %11
-wns*(X(27)+X(28))+ (R(12)+R(13))*X(12)-R(13)*X(13)-R(12)*X(11); %12
wns*(X(28)+X(29))+ (R(13)+R(14))*X(13)-R(14)*X(14)-R(13)*X(12); %13
-wns*(X(29)+X(30))+ (R(14)+R(15))*X(14)-R(15)*X(15)-R(14)*X(13); %14
wns*(X(30)+X(31))+ (R(15)+R(16))*X(15)-R(16)*X(16)-R(15)*X(14); %15
-wns*X(31)+(R(16)+R(17))*X(16)-R(17)*X(17)-R(16)*X(15); %16
(R(17)+R(18))*X(17)-R(18)*X(18)-R(17)*X(16); %17
R(18)*X(18)-R(18)*X(17)]; %18

```

```

% Электромагнитное усилие
F(1)=(X(2)*IR(1))/(2*tz);
for n=1:16
    F(n+1)=(X(n+2)-X(n))*(IR(n+1))/(2*tz);
end;
F(18)=(-X(17)*IR(18))/(2*tz);
% Скорость
v0=v0+((sum(F)-Fc)/m)*dt;
mass_Um(k)=Um;
mass_fc(k)=fc;
mass_t(k)=k*dt;
end;
% Построение графиков
figure(1);
plot(mass_t,mass_Um,'r',mass_t,mass_fc,'b');
grid on;
axis([0 5 0 250]);
figure(2);
k=0:K;
subplot(2,1,1);
plot(k*dt,v);
title('Скорость');
xlabel('t,с');
ylabel('v,м/с');
grid on;
subplot(2,1,2);
plot(k*dt,f);
title('Сила');
xlabel('t,с');
ylabel('F,Н');
grid on;
%end

```

Временные зависимости скорости и электромагнитного усилия синхронного явнополюсного линейного двигателя в режиме частотного пуска представлены на рис. 5.

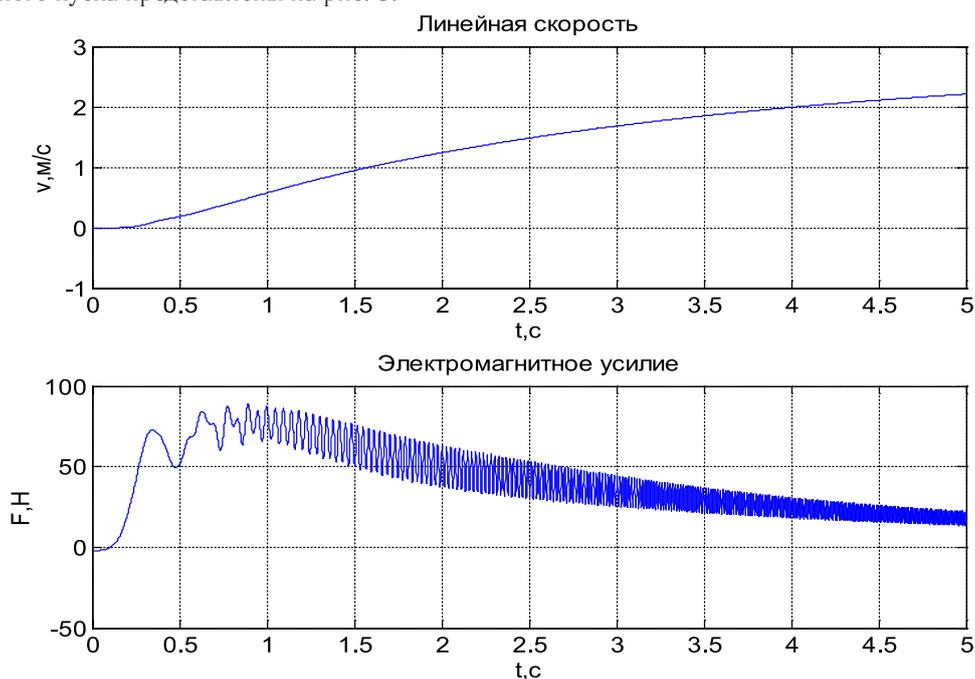


Рис. 5. Результат моделирования синхронного явнополюсного линейного двигателя в режиме частотного пуска

Зависимости токов  $i_1^s$ ,  $i_2^s$  и  $i_3^s$  даны на рис. 6.

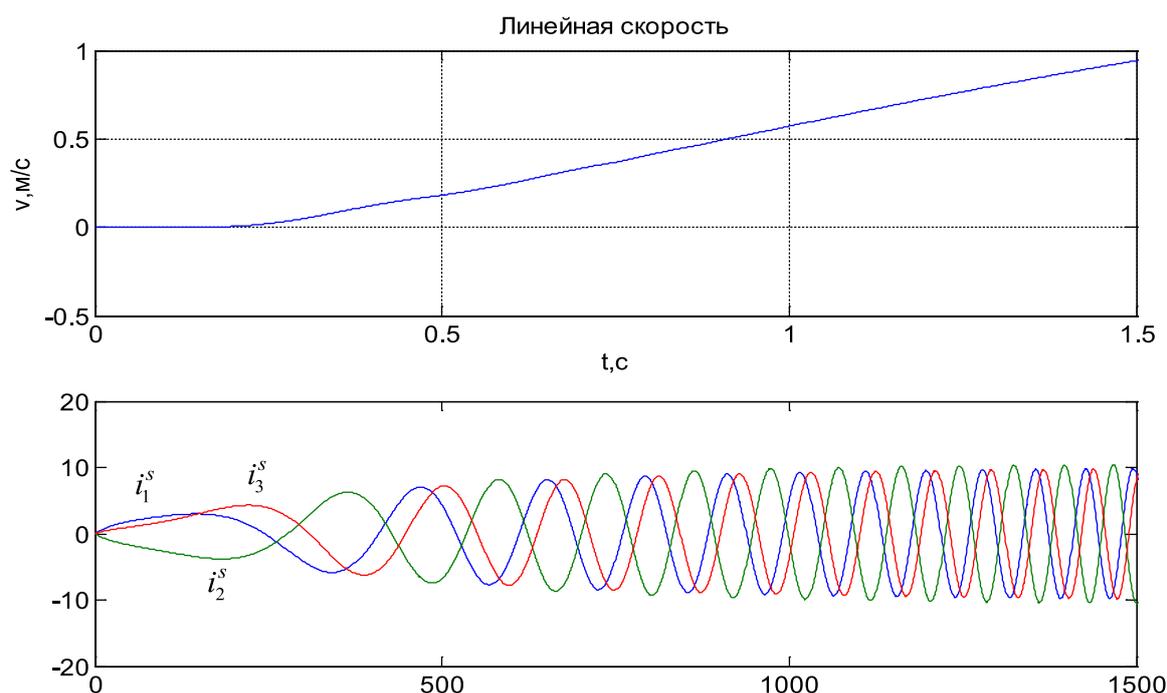


Рис. 6. Временные зависимости  $i_1^s$ ,  $i_2^s$  и  $i_3^s$  при  $k = 1500$

Литература:

1. Веселовский, О. Н. и др. Линейные асинхронные двигатели / Веселовский О. Н., Коняев А. Ю., Сарапулов Ф. Н. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
2. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Кирыков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Боброва С. Д., Андреева Е. Д., Карлова М. В. Моделирование синхронного явнополюсного линейного двигателя ( $Z1 = 12$ ) с укладкой катушки индуктора через ярмо // Молодой ученый. — 2015. — №6 (86, март).
3. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Кирыков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Боброва С. Д., Андреева Е. Д., Карлова М. В. Моделирование синхронного явнополюсного линейного двигателя ( $Z1 = 6$ ) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2015. — №1 (81, январь).
4. Емельянов, А. А., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Кирыков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф. Математическая модель синхронного неявнополюсного дугостаторного двигателя ( $Z1/Z2 = 6/12$ ) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — №15 (74, сентябрь).
5. Емельянов, А. А., Медведев А. В., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Кирыков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Иванин А. Ю. Моделирование линейного асинхронного двигателя с укладкой обмотки индуктора ( $Z1=6$ ) через спинку ярма // Молодой ученый. — 2013. — №10 — с. 39–54.
6. Емельянов, А. А., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Бочкарев Ю. П., Авдеев А. С., Кирыков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Иванин А. Ю. Программирование линейного асинхронного двигателя ( $Z1 = 6$ ) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — №2. — с. 36–51.
7. Емельянов, А. А., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Кирыков Г. А. Моделирование системы АИН ШИМ — линейный асинхронный двигатель ( $Z1 = 6$ ) с классическим типом обмотки с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — №6 (65, май). — с. 24–43.
8. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Кирыков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф. Программирование синхронного неявнополюсного дугостаторного двигателя ( $Z1 = 6$ ) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — №16 (75, октябрь).-с. 19–39.
9. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Кирыков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Боброва С. Д., Андреева Е. Д. Программирование синхронного неявнополюсного дугостаторного двигателя ( $Z1/Z2 = 12/24$ ) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — №18 (77, ноябрь). — с. 24–47.

10. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Боброва С. Д., Андреева Е. Д., Карлова М. В. Программирование синхронного явнополюсного дугостаторного двигателя ( $Z_1 = 6$ ) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — №20 (79, декабрь). — с. 3–20.
11. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф. Моделирование синхронного явнополюсного линейного двигателя ( $Z_1 = 6$ ) с укладкой обмотки индуктора через спинку ярма // Молодой ученый. — 2015. — №2 (82, январь). — с. 10–30.
12. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Боброва С. Д., Андреева Е. Д., Карлова М. В. Моделирование синхронного явнополюсного линейного двигателя ( $Z_1 = 6$ ) с укладкой катушки индуктора через зубец. // Молодой ученый. — 2015. — №3 (83, февраль). — с. 26–43.

## ХИМИЯ

### Исследование пеногасящей способности высших изомеров карбоновых кислот на свойства суспензии акойского монтмориллонита

Каршиев Эгамберди Болтаевич, кандидат химических наук, доцент;

Жулбоев Тулкин Абдувалиевич, преподаватель;

Бакахонов Анвар Ақобирович, преподаватель;

Алимқулов Сирожиддин Олимжон угли, студент

Джизакский государственный педагогический институт (Узбекистан)

В практике бурения на нефть, газ и твердые полезные ископаемые для обработки промывочных жидкостей широко применяются поверхностно-активные вещества, которые в ряде случаев дают устойчивые пены, осложняющие процесс проводки скважин и снижающие технико-экономические показатели бурения.

Поэтому одной из наиболее актуальных задач при бурении глубоких скважин является устройство пенообразования. С этой целью применяют ряд химических соединений, таких как полисилоксаны и высшие жирные спирты. [1]

В данном исследовании учитывается актуальность проблемы предотвращения пенообразования с помощью регуляторов-пеногасителей и промывочных жидкостей.

Следовательно, представляет интерес изучение пеногасящих свойств высших изомеров карбоновых кислот на коллоидно-химические свойства суспензии акойского монтмориллонита, обработанных поверхностно-активными веществами различной природы и водорастворимым полиэлектролитом сульфометилованным К-9. [2]

Обработка глинистых суспензий ПАВ различной природы — анионные ПАВ — алкиларилсульфонат (ААС) и неионогенные ПАВ — продукт конденсации оксиэтилирования алкилфенолов (ОП-10), вызывает образование устойчивой пены. [3,4] Для оценки пенообразующей способности названных ПАВ определяли высоту столба (Н) и время жизни пены (Т), а также разрушение пены по формуле, приведенной в [4].

Для исследований использовали 10%-е суспензии монтмориллонитовой глины Акойского месторождения, обработанные 0,5%-м алкиларилсульфонатом, ОП-10 и полиэлектролитом сульфометилованным К-9 (0,25%). Раствор вспенивали по методике, описанной в работе. [4] Во время проведения опытов контролировали время образования пены (5 мин.) и выделения воздуха. Пеногаси-

тель вводили в пену через одну минуту после прекращения пенообразования.

Эффективность пеногашения характеризуется объемом разрушенной пены в единицу времени и дополнительно временем повторного вспенивания раствора после ее гашения.

Следует отметить, что пена без добавок регулятора-пеногасителя существует несколько часов. Концентрацию пеногасителя высших изомеров карбоновых кислот брали от 0,01 до 0,05%. Пенообразующая способность поверхностно-активных веществ ААС и ОП-10 в суспензиях акойской глины приведена на рисунке (рис. 1). На нем видно, что высота столба пены и время ее жизни в интервале концентрации алкиларилсульфоната от 0,05 до 0,5% и ОП-10 от 0,1 до 0,5% резко возрастают, при более высоких концентрациях пенообразователя характеристики вспенивания изменяются незначительно.

Для таких низкомолекулярных ПАВ, как алкиларилсульфонат и ОП-10 характерно наличие определенной концентрации, при которой наблюдается оптимум их пенообразующей способности. У алкиларилсульфоната и ОП-10 (рис. 1) можно заметить соответствие между концентрацией, при которой достигается предельная адсорбция, и оптимальной концентрацией пенообразования. Итак, для истинно растворимых в воде низкомолекулярных ПАВ насыщение адсорбционного слоя соответствует образованию максимально устойчивых пен.

Как видно из рис. 1, высота столба пены и время ее жизни в интервале концентрации алкиларилсульфоната (алкиларилсульфоната) от 0,05 до 0,5% и ОП-10 от 0,1 до 0,5% резко возрастают, при более высоких концентрациях пенообразователя характеристики вспенивания изменяются незначительно.

Добавка сульфометилованного К-9 к обработанным ПАВ (алкиларилсульфонат и ОП-10) глинистым суспензиям приводит к уменьшению высоты столба пены и вре-

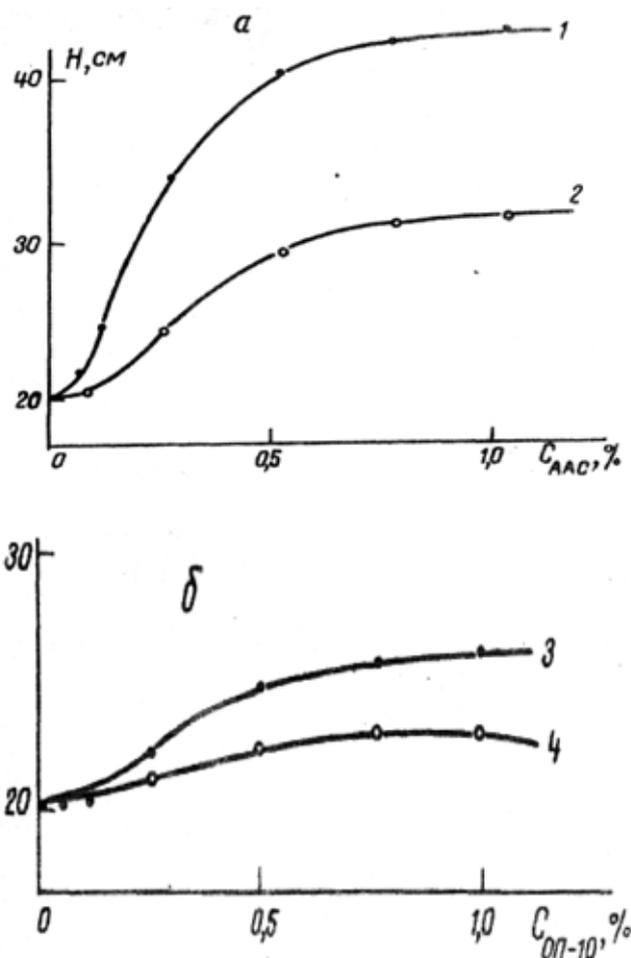


Рис. 1. Зависимость пенообразующей способности алкиларильсульфоната (а) и ОП-10 (б) в суспензиях акойской глины до (1) и после обработки 0, 25%-м сульфометилированным К-9

мени ее жизни, то есть пенообразующая способность растворов в присутствии 0,25% сульфометилированного К-9 снижается в два раза.

Таким образом, исследование действия полиэлектролита сульфометилированного К-9 на пенообразующие способности ПАВ в суспензиях показывает, что высокомолекулярные водорастворимые полиэлектролиты обладают антивспенивающим действием.

Далее изучено влияние высших изомеров карбоновых кислот в зависимости от их концентрации на пенообразующую способность глинистых суспензий, обработанных 0,5%-м алкиларилсульфонатом или ОП-10. С увеличением концентрации высших изомеров карбоновых кислот до 0,03% резко снижается пенообразующая способность глинистой суспензии. В дальнейшем высота столба пены почти не изменяется.

Эффективное антивспенивающее действие высших изомеров карбоновых кислот проявляется при концентрации 0,03% и выше. Следовательно, критическая концентрация пеногасящей способности высших изомеров

карбоновых кислот равна 0,03%. Как отмечено в работе [5], пеногасящее действие высших изомеров карбоновых кислот, как и высших жирных спиртов, может быть связано с их солюбилизацией в растворе пенообразователя.

Результаты изучения солюбилизующего действия алкиларилсульфоната по отношению к высшим изомерам карбоновых кислот свидетельствуют о том, что солюбилизация последнего в алкиларилсульфонате возрастает до определенной концентрации (0,4–0,5%), а затем остается постоянной (рис. 3). Предельная концентрация является критической для целей пеногашения.

Таким образом, максимум пенообразования в глинистых суспензиях в присутствии анионных и неионных ПАВ происходит с образованием на поверхности раздела фаз насыщенного адсорбционного слоя. Высшие изомеры карбоновых кислот в малых количествах понижают пенообразующую способность ААС и ОП-10, которая связана с их солюбилизацией в растворе ААС и ОП-10.

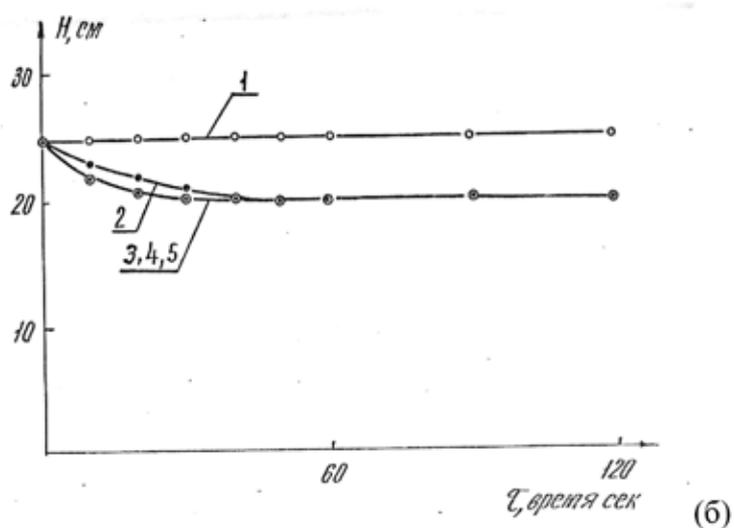
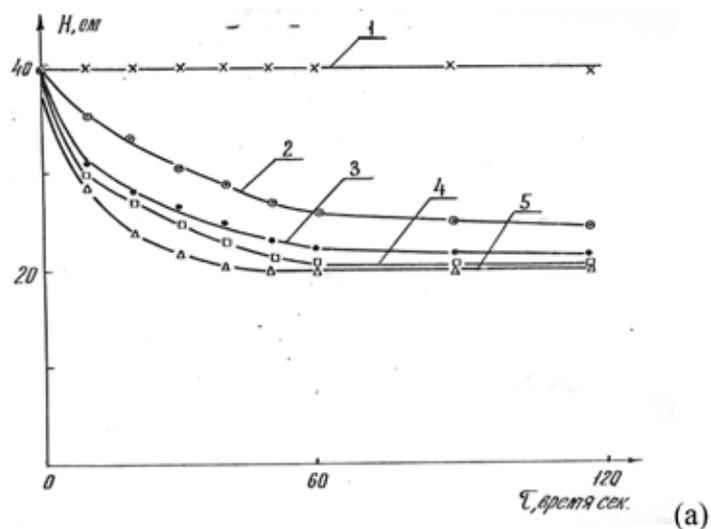


Рис. 2. Изменение кинетики пеногашения в глинистых суспензиях, обработанных алкиларилсульфонатом (а) и ОП-10 (б) в присутствии высших изомеров карбоновых кислот (1-контроль, 2-0, 01; 3-0, 02; 4-0,03; и 4-0, 04%)

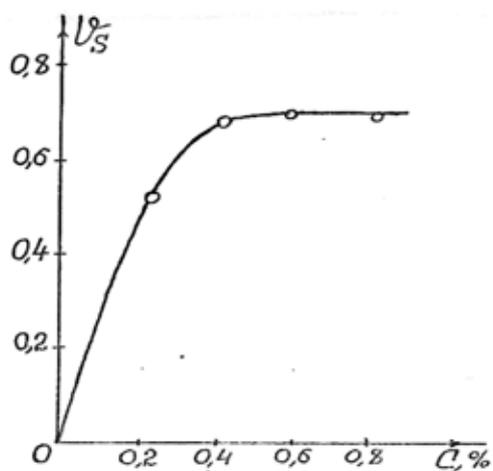


Рис. 3. Зависимость солюбилизации высших изомеров карбоновых кислот в алкиларилсульфонате от их концентрации

## Литература:

1. Локтев, С. М. Высшие жирные спирты. Изд. «Наука» М.: 1964.
2. Каршиев, Э. Б. Исследование совместного влияния водорастворимых полиэлектролитов и ПАВ на процесс стабилизации суспензии монтмориллонитовых глин. Автореф. дис. Ташкент: 1979.
3. Аминов, С. Н., Абдуллаходжаев Т. Г., Муратов Т. Синтез алкиларилсульфонатов на основе газоконденсата и исследование их поверхностно-активных свойств. № 1332–75. Деп. от 15. у-1975.-РЖХ, 1975, № 18, с. 399.
4. Паус, К. Ф. Буровые промывочные жидкости. М.: Наука, 1967.
5. Руди, В. П., Складская Л. Б. Известия ВУЗов, серия «Нефть и газ», 1973, № II, с. 35–38.

## Использование активности лактатдегидрогеназы в клинической диагностике

Хрусталёв Владислав Викторович, кандидат биологических наук, ассистент;

Гончар Анна Сергеевна, студент

Белорусский государственный медицинский университет (г. Минск)

Одновременно в организме человека происходят миллионы различных химических взаимодействий. Какие-то химические реакции должны были бы длиться очень долго, а многие из них вообще не должны происходить. Протекают реакции благодаря участию в обмене веществ ферментов. Одним из них в организме человека является лактатдегидрогеназа.

**Цель работы:** обобщить сведения о функции ЛДГ и методах определения её активности.

**Основная задача:** подготовка к поиску новых ингибиторов ЛДГ.

Лактатдегидрогеназа (ЛДГ) — это фермент, катализирующий реакцию образования пировиноградной кислоты из молочной кислоты, а также обратную реакцию.

Молекула ЛДГ представляет собой тетрамер, который состоит из 1 или 2 типов субъединиц, которые обозначаются как М (англ. Muscle) и Н (англ. Heart). Субъединицы различаются между собой по аминокислотному составу, иммунохимическим свойствам.

Наиболее точным, специфичным и быстрым методом определения активности ЛДГ является кинетический спектрофотометрический метод, который базируется на оптическом тесте Варбурга. Принцип метода основан на отличии спектров поглощения восстановленной (НАДН) и окисленной (НАД) форм никотинамидадениндинуклеотида. При 340 нм НАДН имеет максимальное поглощение, тогда как НАД не имеет поглощения при данной длине волны. Таким образом, при превращении НАДН в НАД происходит уменьшение оптической плотности реакционной смеси при 340 нм. [1]

### Использование ЛДГ в клинической диагностике

Во время острого инфаркта миокарда сердечная мышца выделяет в кровь большое количество ферментов. Скорость выброса различных специфических ферментов неодинакова. Изменение во времени

их уровня в крови имеет большую диагностическую ценность.

Увеличение активности ЛДГ можно наблюдать при заболеваниях печени, но степень ее повышения не столь высока по сравнению с аминотрансферазами.

Умеренное увеличение активности ЛДГ обнаружено в сыворотке крови пациентов с прогрессирующей мышечной дистрофией, особенно на ранних стадиях заболевания. Наблюдаемое увеличение обычно связано с изоферментом ЛДГ5, преобладающим в скелетной мышце.

### Подготовка к поиску новых ингибиторов ЛДГ

Распад каждой молекулы глюкозы до пировиноградной кислоты требует восстановления двух молекул НАД до НАДН. Однако запас НАД в клетке ограничен, поэтому распад глюкозы в конечном итоге прекращается. Катаболизм глюкозы может продолжаться лишь при соответствующем окислении НАДН. Такая регенерация НАД возможна в результате лактатдегидрогеназной реакции — ферментативного превращения пировиноградной кислоты в молочную. На каждую образующуюся молекулу молочной кислоты приходится одна молекула НАД, что обеспечивает превращение еще одной половины молекулы глюкозы. Путь от глюкозы до молочной кислоты называют лактатным гликолизом; таким образом, в энергию без участия кислорода может быть превращено столько глюкозы, сколько потребуется. Еще в 1923 г. Варбург, анализируя поглощение кислорода и образование молочной кислоты в срезах солидных опухолей, обнаружил, что они поглощают меньше кислорода и образуют больше молочной кислоты, чем срезы нормальной ткани. В нормальной клетке активность ЛДГ стабильна в двух направлениях. В случае нарушений в дыхательной цепи (эффект Варбурга) равновесие смещается вправо. [2]

В результате нормальная клетка идёт по пути развития раковой.

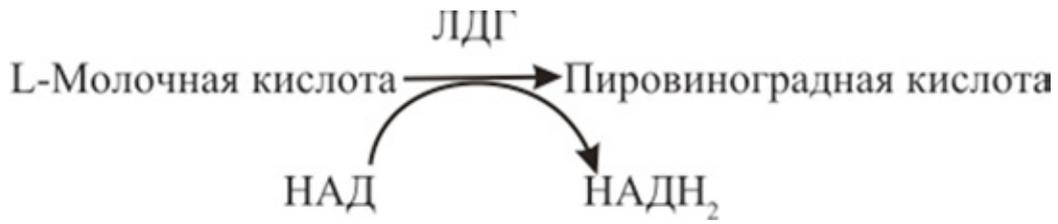


Рис. 1. Образование пировиноградной кислоты из молочной кислоты

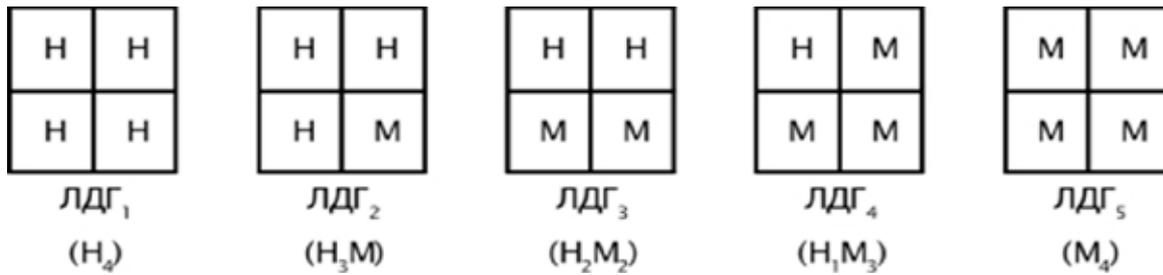


Рис. 2. Схема строения изоферментов ЛДГ

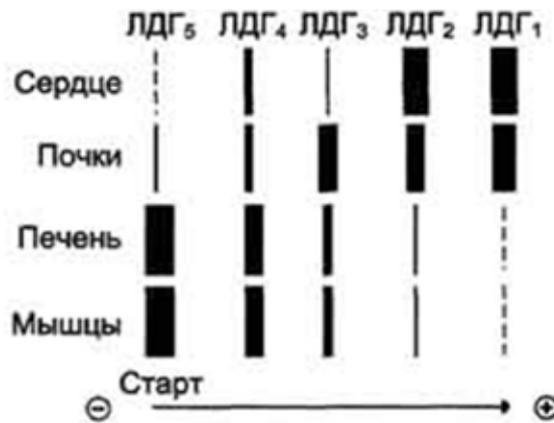


Рис. 3. Органоспецифичность ЛДГ

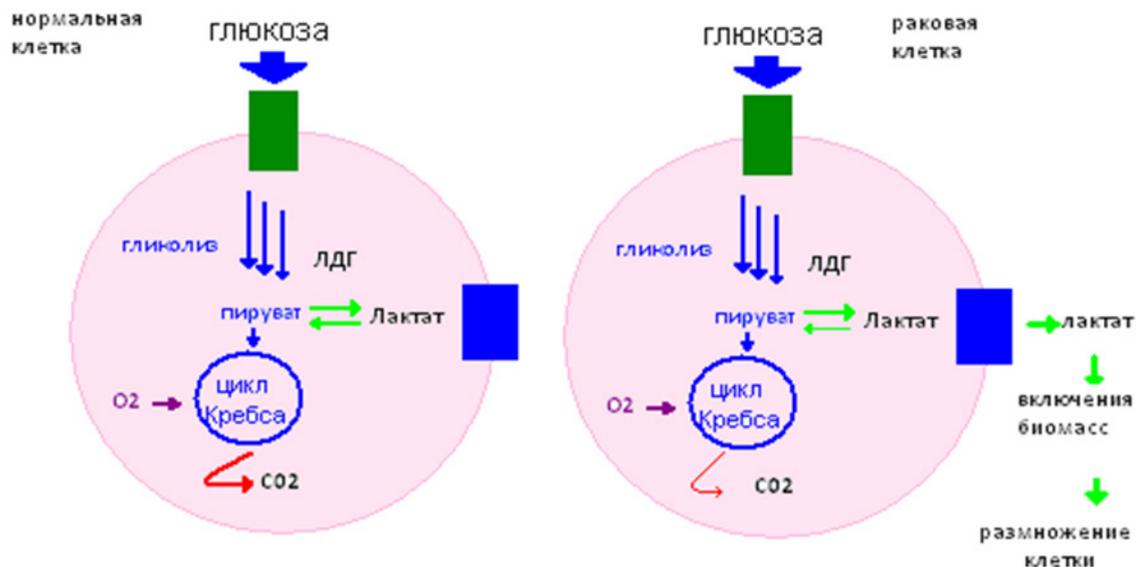


Рис. 4. Схема протекания процессов в нормальной и раковой клетках

В настоящее время уже существуют ингибиторы ЛДГ, которые позволяют путь развития раковой клетки делать менее вероятным. Однако, основная задача в дальнейшей

работе, проанализировав строение ЛДГ и механизмы связывания фермента с веществами, создать новые ингибиторы, которые могут быть более доступными.

Литература:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лактатдегидрогеназа>
2. <http://lekmed.ru/info/arhiv/rak-eksperimenty-i-gipotezy-38.html>

## Радиационная прививочная полимеризация метакрилового эфира диметилэтинилкарбинола на поливинилхлорид

Шарипов Шавкат Рахмонович, кандидат химических наук, доцент;  
Умаров Шавкат Исомиддинович, преподаватель;  
Алимкулов Сирожиддин Олимжон угли, студент;  
Рустамов Абдусамат Шукруллаевич, студент;  
Юлдашев Бекдиёр Баходир угли, студент  
Джизакский государственный педагогический институт (Узбекистан)

Радиационная прививочная полимеризация является одним из широко распространенных и высокоэффективных методов модификации различных полимеров и изделий на их основе. Она дает особенно хорошие результаты в тех случаях, когда изменение свойств полимеров в нужном направлении трудно осуществить другими способами и если прививаемый компонент в дальнейшем легко подвергается полимераналогичным превращениям.

Исходя из вышеприведенных в данном разделе работы на примере прививочной полимеризации МАЭДМЭК (метакриловой эфир диметилэтинилкарбинол) на порошкообразный ПВХ изучалась в целом возможность использования ацетиленовых мономеров в таких реакциях. Причем, при выборе ПВХ исходили из его многотоннажности, а также относительно невысокой термо-, свето- и хемостойкости. В то же время, как уже установлено, ацетиленовые мономеры легко полимеризуются, сохраняя при этом С С связь, что является весьма удобным для проведения дальнейших полимераналогичных превращений. Например, при получении изделий горячим формованием из модифицированных образцов боковые С С связи могут легко раскрываться и участвовать в процессе сшивания макроцепей. Это, в свою очередь, должно значительно улучшить ряд свойств исходных полимеров, в том числе и ПВХ.

Прививочная полимеризация проводилась под действием — лучей  $^{60}\text{Co}$  в массе, растворе и суспензии. При этом образующиеся продукты, очевидно, условно состоят из трех основных компонентов: ПВХ, невступившего в реакцию, привитого сополимера и гомополимера взятого мономера. Однако, методом дробного растворения и осаждения показано, что во всех процессах гомополимер МАЭДМЭК образуется незначительно (1,7–2,3%), вероятно из-за высокой радиационной чувствительности ис-

ходного полимера. Кроме того, при проведении данной части работы основная цель состояла в модификации свойств ПВХ, а не в получении чистых его привитых сополимеров.

Исходя из этого, как в случае изучения процессов синтеза, так и свойств полученные полимерные продукты не подвергались разделению на составляющие части. Для сравнения исследована также прививочная полимеризация акрилонитрила и стирола на ПВХ в суспензии. Как известно, при таких реакциях из этих мономеров образуется в небольших количествах также и гомополимеры.

Прививочная полимеризация метакрилового эфира диметилэтинилкарбинола на поливинилхлорид в массе и в присутствии органических растворителей:

Процесс осуществляли при температуре 293 К, мощности дозы 40, 70 и 120 р/с и массовом соотношении ПВХ и МАЭДМЭК 1:1.

Видно, что при прочих равных условиях привес и соответственно скорость прививочной полимеризации растут как с увеличением мощности дозы, так и продолжительности облучения. Как известно, это обусловлено увеличением выхода свободных радикалов из компонентов исходной смеси и следовательно ускорением иницирования. При этом, очевидно, на полимеризацию в целом существенное воздействие оказывают и макрорадикалы, образующиеся под действием из ПВХ и накапливающихся его модифицированных образцов. Кинетические кривые имеют менее выраженный S-образный вид, например, по сравнению с радиационной эмульсионной полимеризации ацетиленовых мономеров. Причем, это происходит несмотря на то, что данный процесс является типично гетерофазным, поскольку как исходный ПВХ, так и образующиеся из него привитые сополимеры не растворяются в МАЭДМЭК.

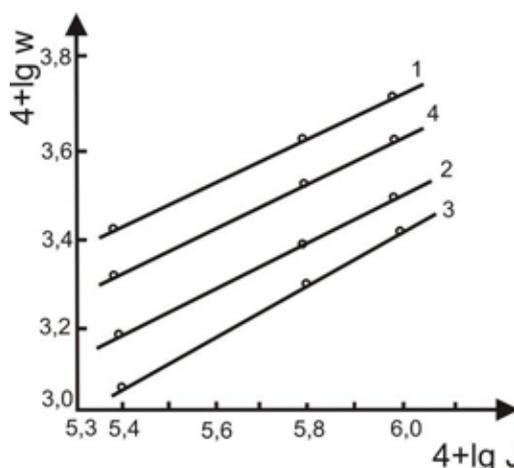


Рис. 1. Зависимость скорости прививочной полимеризации МАЭДМЭК на ПВХ от мощности дозы: 1 — в массе, 2 — гептане, 3 — диоксане, 4 — ТГФ.

Такая аномалия, очевидно, связана с присутствием с самого начала в реакционной среде твердой фазы.

Кроме того, из сравнения приведенных данных с результатами радиационной полимеризации МАЭДМЭК в массе следует, что при этом как привес, так и скорость прививочной полимеризации значительно больше. Так, например, при мощности дозы 70 р/с и продолжительности облучения 4 часа выход полимера — 41,5%, а скорость реакции 10,37%/час, тогда как в случае прививочной полимеризации привес 52,1% и соответственно скорость процесса 13,25%/час. Это, по-видимому, обусловлено образованием в большом количестве иницирующих радикалов из ПВХ из-за его известной высокой радиационной чувствительности. Следует отметить, что аналогичная закономерность наблюдалась при радиа-

ционной полимеризации винилфторида и его прививочной полимеризации на различные полимеры.

Прививочная полимеризация МАЭДМЭК на ПВХ в среде *n*-гептана, *n*-диоксана и тетрагидрофурана (ТГФ) также проводилась при 293 К, мощности дозы 40, 70 и 120 р/с и соотношении ПВХ, МАЭДМЭК и растворитель 1:1:1. Как видно, по мере увеличения мощности дозы для изученных систем как привес, так и соответственно скорость полимеризации повышаются. Причем, значения этих показателей оказались заметно меньше, чем в предыдущих реакциях, что, вероятно, объясняется усилением обрыва растущих цепей свободными радикалами из использованных растворителей и возможностью также передачи цепи на их молекулы. В целом в сравнимых условиях приведенные процессы в растворе по эффективности

Таблица 1. Влияние соотношения мономера и растворителя на радиационную прививочную полимеризацию МАЭДМАК на ПВХ

| Соотношение мономера и растворителя | Привес, масс. % | Средняя скорость прививочной полимеризации, %/час | Рад. хим. выход, G, 10 <sup>-3</sup> молекул/100эВ |
|-------------------------------------|-----------------|---|--|
| В присутствии <i>n</i> -гептана     |                 |   |  |
| 0,9:0,1                             | 56,5            | 14,12   | 4,82   |
| 0,8:0,2                             | 47,6            | 11,90   | 4,70   |
| 0,7:0,3                             | 40,2            | 10,05   | 3,83   |
| 0,6:0,4                             | 34,2            | 8,55  | 3,20   |
| 0,5:0,5                             | 28,5            | 7,12  | 2,51   |
| 0,4:0,6                             | 22,7            | 5,67  | 2,49   |
| 0,3:0,7                             | 16,4            | 4,10  | 2,30   |
| В присутствии <i>n</i> -диоксана    |                 |   |  |
| 0,9:0,1                             | 67,4            | 16,85   | 8,30   |
| 0,8:0,2                             | 54,3            | 13,57   | 6,68   |
| 0,7:0,3                             | 47,2            | 11,80   | 5,81   |
| 0,6:0,4                             | 40,1            | 10,02   | 4,93   |
| 0,5:0,5                             | 36,1            | 9,02  | 4,44   |
| 0,4:0,6                             | 30,1            | 7,52  | 3,70   |
| 0,3:0,7                             | 20,1            | 5,02  | 2,47   |

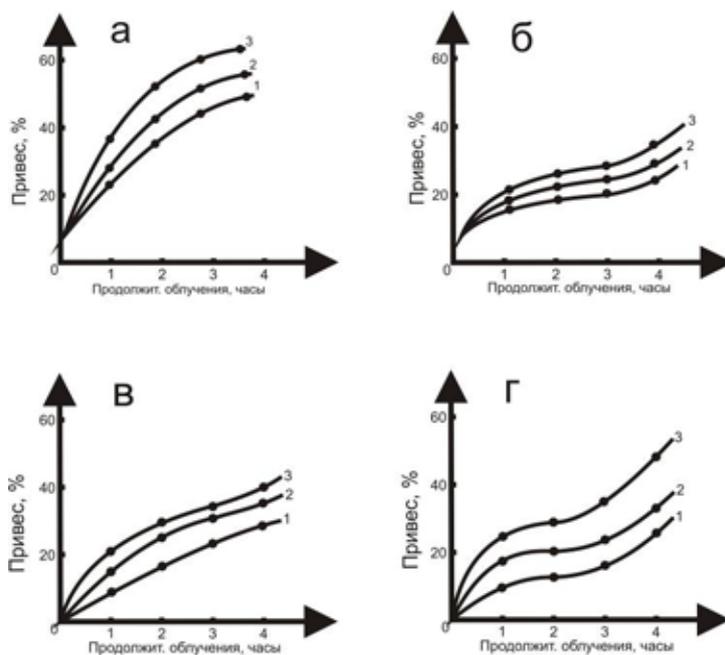


Рис. 2. Кинетика прививочной полимеризации МАЭДМЭК на ПВХ в массе (а), а также в присутствии гептана (б), диоксана (в) и ТГФ (г) при различных температурах, К: 1–293, 2–313, 3–333 (соотношение ПВХ, мономера и растворителя 1:1:1,  $J=70$  р/с).

располагаются в ряд: ТГФ > н-диоксан > н-гептан. Такое влияние этих соединений, в основном, соответствует их известной радиационной чувствительности.

Кинетические кривые при всех мощностях доз для изученных систем в некоторой степени имеют S —образный вид, что связано с протеканием прививочной полимеризации в гетерофазных условиях из-за малой растворимости и набухаемости образующегося привитого сополимера как в мономере, так и в примененных растворителях.

Из зависимости скорости изученных процессов от мощности дозы (рис. 1) найдены значения и они для прививочной полимеризации в массе, а также в среде н-гептана, н-диоксана и ТГФ соответственно равны 0,51; 0,57; 0,53

и 0,55. Некоторое завышение этих величин обусловлено гетерофазностью проведенных реакций.

Далее, подробно исследовано влияние содержания н-гептана и н-диоксана в системе на прививочную полимеризацию МАЭДМЭК на ПВХ. Реакции осуществляли при 293 К, мощности дозы 70 р/с и продолжительности облучения 4 часа (интегральная доза 1,008 Mr). Общее соотношение ПВХ и смеси МАЭДМЭК с растворителем составляло 1:1.

Из данных табл. 1 следует, что в присутствии использованных растворителей по мере возрастания их концентрации в исходной (системе во всех случаях привес и соответственно скорость процессов снижаются. Аналогично уменьшаются и значения G. Такая закономерность,

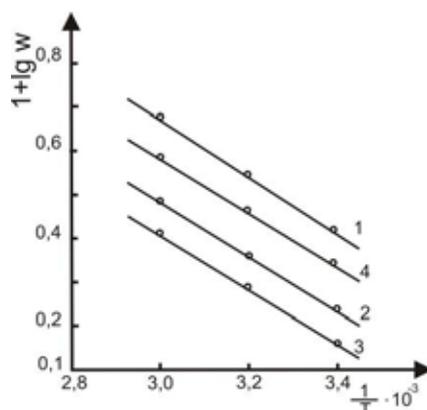


Рис. 3. Зависимость скорости прививочной полимеризации МАЭДМЭК на ПВХ от обратной температуры: 1 — в массе, 2 — гептане, 3 — диоксане, 4 — ТГФ.

как уже неоднократно отмечалось, обусловлена возрастанием перераспределения поглощенной энергии в пользу растворителей и усилением отрицательного влияния продуктов их радиолитического разложения на прививочную полимеризацию.

На изученные процессы оказывает влияние также температура. В этом случае прививочную полимеризацию проводили при 293, 313 и 333 К, мощности дозы 70 р/с в массе (соотношение ПВХ и МАЭДМЭК 1:1) и в среде вышеназванных органических соединений (соотношение ПВХ, мономера и растворителя 1:1:1). Во всех

случаях кинетические кривые имеют S-образный вид (рис. 2) из-за гетерофазности реакций.

Скорость процессов всегда прямолинейно зависит от температуры и подчиняется уравнению Аррениуса. Найденные по данным рис. 3 значения  $E$  прививочной полимеризации в массе, а также в присутствии *n*-гептана, *n*-диоксана и ТГФ соответственно равны 25,5; 16,7; 17,5 и 23,4 кДж/моль. Известно что относительно низкие величины  $E$  связаны, как и в случае радиационной полимеризации, с отсутствием  $E$  иницирования.

#### Литература:

1. Крул, Л.П. Гетерогенная структура и свойства привитых полимерных материалов. — Минск: Университетское. — 1986. — 238 с.
2. Курбанов, Ш. А. Радиационно-химическая и химическая модификация синтетических полимеров насыщенными и ненасыщенными азотсодержащими соединениями. — 1991. — 57 с.

# ИНФОРМАТИКА

## Система «Э-больница» как практический подход к автоматизации медицинских учреждений

Абдуллаева Ситора Уктамовна, ассистент

Ташкентский университет информационных технологий, Каршинский филиал (Узбекистан)

В последние несколько лет существенно ускорилось распространение информационных технологий в медицинских учреждениях. Сейчас вопрос о целесообразности и возможном эффекте от использования IT становится особенно актуальным.

Автоматизированные системы в корне решают проблему врачебного почерка. Кроме того, компьютерный ввод, особенно при наличии встроенных в систему подсказок и справочников, существенно уменьшает количество ошибок. Врачу достаточно распечатать документ, поставить подпись и личную печать.

В результате внедрения медицинской системы может значительно улучшиться уровень информационно-справочного обслуживания пациентов. Растущая популярность таких решений, как интеграция программного обеспечения с информационными киосками и телевизионными панелями позволяет быстро обновлять и доносить до граждан интересующие их открытые данные и информационные сообщения. Расписание приема врачей, график работы диагностических кабинетов и тематические справочные данные по конкретному запросу с внедрением информационной системы пациенты могут узнавать без дополнительных обращений к работникам регистратуры или, тем более, к медицинскому персоналу. А интеграция медицинской информационной системы со справочным центром способна значительно ускорить и повысить уровень обслуживания пациентов.

Еще один важный положительный фактор для пациентов при внедрении медицинской информационной системы — скорость обработки информации. Разные службы внутри лечебно-профилактических учреждений и даже разные медучреждения, использующие средства автоматизации, могут обмениваться данными о пациентах гораздо более оперативно, чем раньше. Довольно часто бывает, что лаборатория располагается отдельно от поликлиники, в таких случаях становится особенно значимо преимущество использования информационных технологий для оперативной передачи электронного направления на исследования и получения данных о результатах

диагностики с лечащим специалистом. Анализируя выше перечисленные критерии специалистами была разработана автоматизированная информационная система «Э-Больница».

Разработанная автоматизированная информационная система «Э-Больница» выполняет следующие задачи:

- Автоматизация деятельности системы управления (Деятельность министерства здравоохранения);
- Автоматизация деятельности руководства медицинского учреждения (Деятельность директора);
- Автоматизация деятельности главного врача;
- Автоматизация деятельности врачей отделения;
- Автоматизация деятельности аптеки медицинского учреждения;
- Автоматизация деятельности лабораторий;
- Автоматизация деятельности диагностики (Ввод заключений аппаратур);
- Автоматизация деятельности старшей медсестры;
- Автоматизация деятельности медсестры;
- Автоматизация ведения историей болезни;
- Автоматизация управления списком лекарств употреблённых для лечения болезни пациентов;
- Автоматизация деятельности бухгалтерии;
- А также система формирует структурированную иерархическую базу данных. Именно это определяет актуальность данного проекта.

Среди перечисленных задач нужно уделить отдельное внимание на автоматизацию деятельности аптеки, так как здесь не только автоматизируется деятельность аптеки, но и формируется интеграция аптечных услуг вместе с медицинским учреждением. Это даёт возможность для экономии времени и обеспечивает быстроту оказываемых услуг. Формирование и реализация данной системы снижает ошибки в диагностике, профилактике, лечении и реабилитации благодаря удобной визуализации данных, автоматизирует контроль непротиворечивости данных и возможность их постоянного мониторинга.

Вместе с этим по окончании любого вида медицинского осмотра и лечения пациентов все бухгалтерские

расчёты и отчётности сразу ведутся в электронном виде. Это обеспечивает переход на электронную форму работы с максимальным исключением дублирования ввода одной и той же информации. В итоге применения данной системы достигается экономия времени, быстрая организация процесса лечения, формирование единой базы данных, создание системы быстрого поиска, приготовление быстрых отчётов, наблюдение динамики статистических данных, обеспечение точности деятельности системы, прибавление точности и результативности де-

ятельности системы, создание возможности пользователей системы работать дистанционно.

Перечисленные выше преимущества не только автоматизируют деятельность какого либо малого медицинского учреждения, но и даёт возможность электронного управления и контроля больших медицинских учреждений. На сегодняшний день именно это обеспечивает электронный документооборот и дистанционный контроль деятельности всех видов учреждений.

#### Литература:

1. Автоматизированное рабочее место для статистической обработки данных./Под ред. В. В. Шуракова, Д. М. Дайитбегова, С. В. Мизрохи, С. В. Ясеновского. — М., 2005 г.
2. Автоматизированные системы обработки учетно-аналитической информации./Под ред. В. С. Рожнова, В. Б. Либермана, Э. А. Умновой, Т. В. Воропаевой. — М., 2007 г.
3. Аппак, М. А. Автоматизированные рабочие места на основе персональных ЭВМ. — М., 2006 г.
4. Компьютерные технологии в кадровых службах./Под ред. М. А. Винокурова, В. А. Пархомова. — М., 2004 г.
5. Шураков, В. В. Автоматизированное рабочее место для статической обработки данных. — М., 2006 г.

## Проектирование UML-диаграмм для системы учета рабочего времени в условиях единой информационной среды Томского политехнического университета

Аипова Анастасия Юрьевна, студент  
Томский политехнический университет

*В статье описывается процесс проектирования приложения для учета рабочего времени сотрудников Томского политехнического университета в условиях единой информационной среды с использованием UML-диаграмм.*

**Ключевые слова:** *учет рабочего времени, единая информационная среда, проектирование системы, UML-диаграммы.*

Учет рабочего времени сотрудников — неотъемлемая часть деятельности любой организации. Выплата заработной платы должна производиться за фактически отработанное время, и любая современная организация заинтересована исключить такие факторы, как опоздания, отсутствия на рабочем месте, а также поощрить дополнительную работу в нерабочее время.

Одним из наиболее эффективных методов учета рабочего времени сотрудников является использование терминалов учета рабочего времени и комплекса программных средств, с помощью которых можно создавать отчеты поощаемости по сотрудникам, определять реально отработанное время, при необходимости рассчитывать заработную плату, либо производить выгрузку данных в 1С. Такой подход распространен в так называемых «режимных организациях» и обеспечивается внедрением автоматизированных систем контроля и управления доступом. Однако задача установки турникетов и раздачи работникам магнитных карт в Томском политехническом универси-

тете (ТПУ) является трудновыполнимой в связи со спецификой работы сотрудников: в ТПУ насчитывается 31 учебный корпус, преподавателям часто приходится проводить занятия в разных корпусах, поэтому необходим учет времени, потраченного на дорогу от корпуса к корпусу. Для педагогического персонала и для научных работников установлен так называемый не нормированный рабочий день (расписание занятий, работа в библиотеке и дома). Кроме того, такие системы являются весьма дорогостоящими как в процессе проектирования и создания, так и при эксплуатации. В связи с этим, в данный момент для получения данных об отработанном времени и для расчета оплаты труда в ТПУ используются таблицы учета рабочего времени.

В информационных системах вузов [1], как правило, реализуется простейший вариант системы учета рабочего времени, заключающийся в ручном заполнении таблицы ответственным работником подразделения, его визировании руководителем и передачи в бухгалтерию, где

информация переносится в файлы данных (в большинстве вузов среде 1С). Такой подход как раз и создает проблемы с неточностями и ошибками, обусловленными «человеческим фактором». Работникам, заполняющим табель, регулярно приходится их корректировать, так как табели подаются еще до фактического окончания месяца и не содержат достоверную информацию за последние числа текущего месяца. Поэтому была поставлена задача: создать систему для заполнения табеля в электронном виде, используя актуальные данные отдела кадров и ускорив процесс обработки информации бухгалтерией. Систему по заполнению табеля необходимо интегрировать в единую информационную среду ТПУ, то есть реализовать взаимодействие с системой оборота управленческой документации (СОУД) [2] для подписания табеля руководителями подразделений и сотрудниками отдела кадров и обмена данных с бухгалтерией.

На этапе проектирования были построены UML диаграммы вариантов использования, деятельности, состояний и другие [3].

Для определения действующих лиц и функциональности разрабатываемого программного комплекса составлена UML диаграмма вариантов использования, изображенная на рисунке 1.

В соответствии с диаграммой, в процессе создания и согласования табеля принимают участие следующие лица: ответственный за заполнение табеля, руководитель подразделения, ответственный из отдела кадров и документовед. Функциональные возможности системы, доступные данным пользователям изображены на диаграмме. Рассмотрим подробнее каждый вид пользователей:

— Ответственный за заполнение табеля в подразделении имеет возможность создавать и редактировать табель, удалять его, использовать версию для печати, а также отправлять на согласование. Можно создавать три вида табеля: за первую половину месяца, за весь месяц и корректирующий табель на одного или нескольких сотрудников на весь месяц. По умолчанию данными правами наделяется и руководитель подразделения;

— Руководитель подразделения — сотрудник, имеющий возможность использования всего функционала ответственного за заполнения табеля. Кроме того, руководитель подразделения может назначить (или отменить назначение) ответственных за заполнение табеля. В этом случае руководитель подразделения является первым визирующим лицом табеля. Если руководитель заполняет табель самостоятельно, то его виза ставится автоматически. Визирование табелей электронно-цифровой подписью происходит в системе организации управленческой документации (СОУД);

— Ответственный отдела кадров — сотрудник отдела кадров, отвечающий за визирование табелей в управлении или институте;

— Документовед — сотрудник управления или института, отвечающий за регистрацию, и подписание табелей руководителем;

Рассмотрим процесс создания и согласования табеля подробнее, используя диаграмму деятельности, изображенную на рисунке 2.

При создании, табель будет автоматически заполнен предварительными данными, полученными из базы данных отдела кадров. Далее необходимо отредактировать табель, заполнить актуальной информацией,

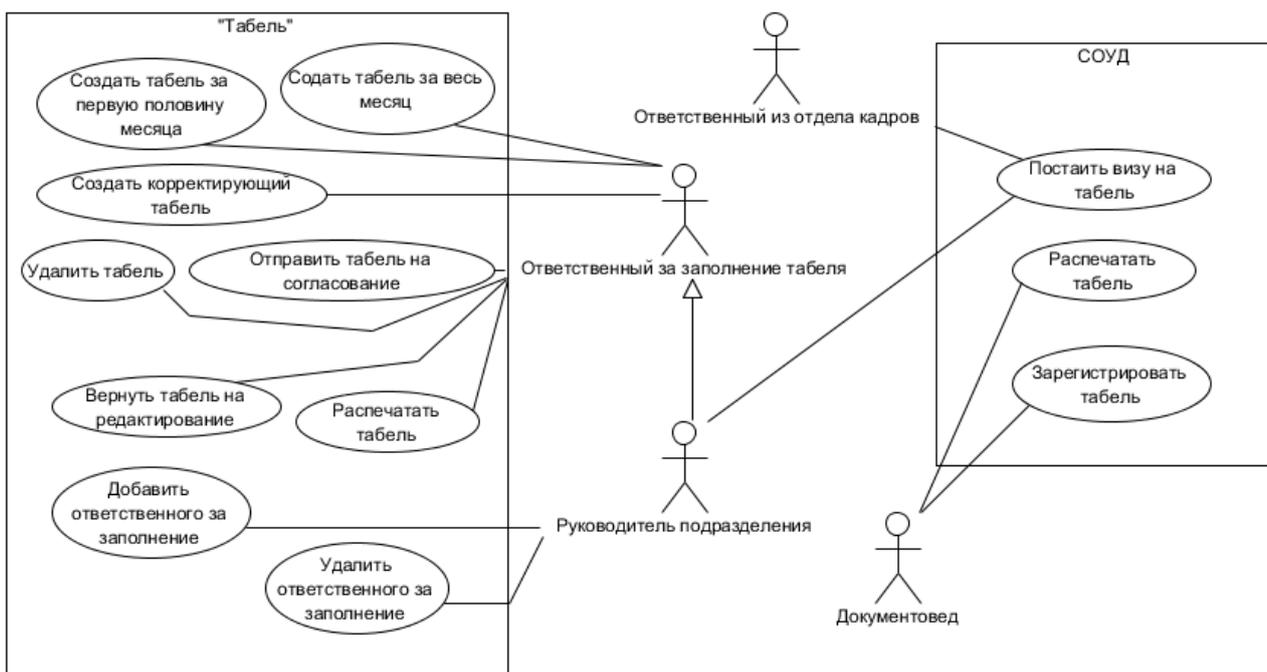


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

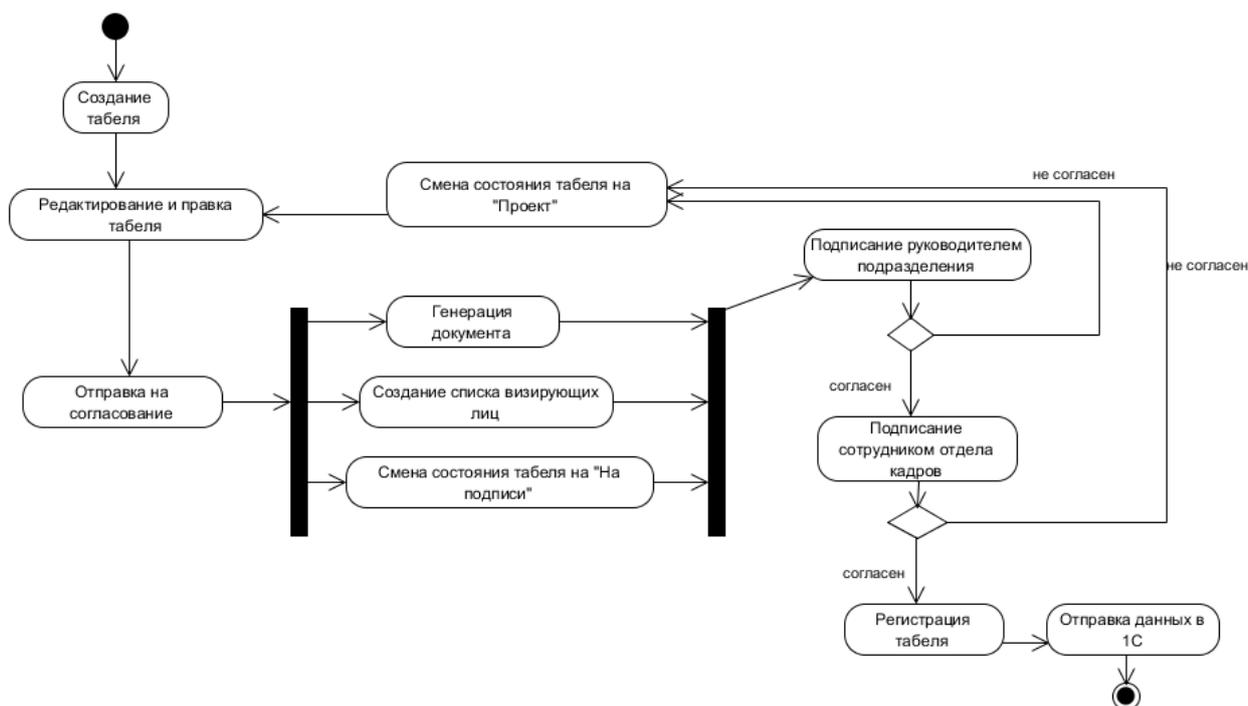


Рис. 2. Диаграмма деятельности

и затем, когда табель будет готов, отправить на согласование электронно-цифровой подписью СОУД. После отправки на согласование происходит генерация и сохранение в базе данных электронной версии документа табеля, создание списка визирующих лиц и смена состояния табеля на «На подписи». Первым визирующим лицом является руководитель подразделения. Однако если табель заполняет сам руководитель, то его виза «Согласен» будет поставлена в СОУД автоматически. В случае если руководитель подразделения ставит визу «Не согласен», то табель возвращается в состояние «Проект», редактируется и отправляется на согласование заново. Если первая виза — «Согласен», визу должен поставить сотрудник отдела кадров. Если оба визирующих лица согласны, то документовед института или управления регистрирует табель в СОУД, тем самым отправляя данные о рабочем времени в бухгалтерию 1С для дальнейшего расчета заработной платы сотрудников. Отличие табелей от других документов СОУД — пометка «табель» в графе тип документа. В остальном процесс визирувания табеля не отличается от визирувания любого другого документа.

Таким образом, через единую базу данных ТПУ происходит обмен данными отдела кадров с табелем, а информация из табеля поступает в СОУД.

На рисунке 3 изображена диаграмма состояний табеля.

После создания, табель находится в состоянии «Проект», после отправки на согласование состояние та-

беля становится «На подписи», в котором он находится, пока не поставят визу «Согласен» все визирующие лица, либо пока не будет поставлена хоть одна виза «Не согласен».

В первом случае табель переходит в состояние «Подписан», после чего табель нужно зарегистрировать. Во втором случае табель переходит в состояние «Не подписан» и его необходимо перевести в состояние «Проект» для правки и редактирования.

Редактировать табель можно только когда он находится в состоянии «Проект». Однако в случае, если табель еще не находится в состоянии «Зарегистрирован», то есть находится в состоянии «На подписи», «Подписан» или «Не подписан», существует возможность вернуть табель в состояние «Проект». После возврата табеля в проект, документ табеля создается заново, и все поставленные ранее визы теряются. Финальное состояние табеля — «Зарегистрирован», при переходе в данное состояние вся информация о рабочем времени сотрудников экспортируется в 1С. Все процедуры согласования, то есть изменения состояния документа табеля, осуществляются через личные кабинеты сотрудников.

Таким образом, была спроектирована система, позволяющая достигнуть автоматизации процесса создания и заполнения табеля и упрощения ввода данных в 1С для расчета заработной платы. Кроме того, процесс утверждения и согласования табеля будет внедрен в единую систему документооборота ТПУ.

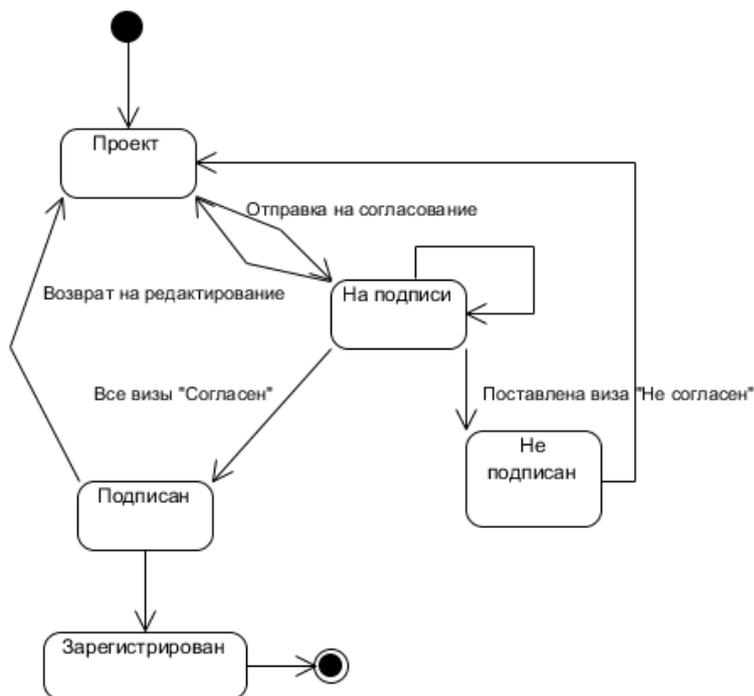


Рис. 3. Диаграмма состояний табеля

## Литература:

1. Чудинов, И.Л. Реализация информационной системы Томского политехнического университета на принципах единой информационной среды// Материалы XIV Всероссийской научно-методической конференции «Телематика2007»/СанктПетербург, 2007.
2. Кузнецов, Д.Ю., Цибульников А.А., Чудинов И.Л. Особенности реализации электронного документооборота в Томском политехническом университете// Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Научно-образовательная информационная среда XXI века»/Петрозаводск, 2014.
3. Спецификация UML [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.uml.org/>, свободный

## Динамическое управление структурой распределенной базы данных

Бобрешов-Шишов Даниил Игоревич, курсант;

Саяркин Леонид Андреевич, курсант;

Шаров Илья Александрович, курсант

Военная академия связи имени маршала Советского Союза Буденного С. М. (г. Санкт-Петербург)

*В статье рассматриваются вопросы внедрения алгоритма повышения эффективности работы распределенной базы данных, снижения загруженности серверов и уменьшения времени отклика на запрос пользователя за счет динамического перераспределения фрагментов данных между серверами.*

**Ключевые слова:** распределенные базы данных, динамическое управление серверами базы данных, фрагменты данных.

## Dynamic control of structure of distributed database

Bobreshov-Shishoff Daniel, cadet;

Sayarkin Leonid, cadet;

Sharov Ilya, cadet

Military Academy of Communications

*The article deals with the implementation of an algorithm to improve the efficiency of a distributed database, reducing the workload of servers and reduce the response time to the user's request, by the dynamic reallocation of pieces of data between servers.*

**Keywords:** distributed databases, dynamic management of the database servers, data fragments.

Распределенная база данных — это децентрализованная информационная система, устроенная таким образом, чтобы ее данные могли быть найдены и обработаны с помощью компьютера. Представляет собой набор узлов, в котором каждый узел — самостоятельная система управления базой данных. Другими словами, это единая логическая система данных, разделенная на физически удаленные фрагменты. С появлением возможностей для оперативного обмена информацией, в том числе Интернета, распределенные базы данных стали повсеместно вытеснять централизованные.

О динамическом управлении размещением фрагментов данных, входящих в состав единой распределенной базы данных (РБД), говорят и пишут давно [1–3]. Однако до сих пор эта проблема пока еще не решена окончательно, в частности, актуальной является задача сокращения времени отклика на запрос пользователя к РБД, а также задача повышения надежности работы всей системы.

Чтобы обеспечить оптимальный баланс загрузки серверов баз данных (СБД) и уменьшить время отклика на запрос пользователя, фрагменты РБД распределяются по узлам сети, при этом используются принятые критерии размещения. Когда используемые критерии размещения данных приводят к перегрузке серверов или возникают другие причины (изменение структуры сети и т. п.), необходимо провести реорганизацию базы. Такая реорганизация проводится достаточно редко, что влечет за собой неэффективное функционирование РБД до проведения следующих плановых оптимизационных мероприятий.

Поэтому важно, чтобы система управления РБД могла управлять размещением фрагментов данных по СБД одновременно с выполнением основных функций.

Предлагаемый подход предполагает использование алгоритмов динамического управления размещением фрагментов данных на СБД в зависимости от частоты обращения к фрагментам данных и нагрузки на сами серверы.

Данный метод предусматривает оптимизацию размещения фрагментов данных не для всей РБД из-за большой размерности, многокритериальности и ресурсоемкости. Она может решаться для отдельно взятых СБД, что приведет к оптимальному размещению фрагментов данных в РБД в целом. Неоднократное проведение таких перераспределений позволит, во-первых, оперативно реагировать на изменения условий, во-вторых, обеспечить более высокую эффективность реакции на запросы пользователей в течение их работы с РБД по сравнению с традиционной системой.

Для этого необходимо решить ряд подзадач:

1. Сбор данных о состоянии и эффективности работы системы.
2. Определение перемещаемых (тиражируемых) фрагментов данных.
3. Реализация операции реорганизации структуры РБД.

В качестве исходных данных используют:

1. Характеристику серверов баз данных и связей между ними, т. е. производительность СБД (число решаемых задач в минуту), максимальный объем хранимых

данных (Мб), максимальную скорость передачи данных в каналах связи между серверами (Кбит/с).

2. Стратегию размещения фрагментов данных в распределенной базе данных (стратегию расчленения или смешанную стратегию) и схему размещения фрагментов данных в РБД. Стратегия полного дублирования фрагментов данных по всем серверам не рассматривается из-за большого объема памяти.

3. Характеристики фрагментов данных: размер (Мб), возможность перемещения фрагментов данных (встречаются фрагменты данных, которые не рекомендуется или запрещено перемещать).

Для выявления ситуаций, при которых требуется перераспределение фрагментов данных и принятие соответствующих обоснованных решений, необходимы статистические данные о состоянии и эффективности работы РБД. На каждом из серверов должны накапливаться данные статистики только применительно к «своей» базе.

В целом на этом этапе должны быть получены следующие данные: общее количество запросов к данному серверу, общее количество запросов к каждому фрагменту данных, число удаленных запросов к каждому фрагменту данных от каждого СБД, среднее время выполнения запросов от каждого СБД, средний размер запросов от каждого СБД, объем загрузки данного сервера.

Эти данные могут быть получены путем анализа информации, содержащейся в каждом запросе к СБД. Для накопления статистических данных должен выполняться учет числа обращений к СБД и фрагментам данных. Накопленные таким образом данные будут отражать реальные показатели эффективности работы РБД и использоваться при решении последующих задач. Для этого необходим анализ данных учета числа обращений. Решение должно приниматься на основе либо своего опыта, либо определяться с помощью модели РБД с динамическим управлением размещения фрагментов данных. Изменения должны минимально касаться структуры БД для исключения снижения эффективности ее работы.

Для определения перемещаемых (тиражируемых) фрагментов необходимо знать долю обращений к конкретному фрагменту данных (то есть его «популярность»)

и долю удаленных запросов к нему. Зная, насколько «популярен» данный фрагмент данных, и каков при этом вклад удаленных запросов, можно сделать вывод о необходимости дальнейшего изменения размещения выбранного фрагмента данных. Для этого заранее администратором РБД должно быть принято решение о максимальной доле удаленных запросов, при которой необходимо рассмотреть вопрос об изменении местоположения фрагмента данных. Кроме этого, долю можно определить на основании личного опыта и с помощью модели. Далее для выбранного фрагмента данных проводится проверка возможности копирования или перемещения фрагмента данных, оцениваются средняя скорость передачи информации к серверу места назначения, предполагаемое время на перемещение фрагмента данных, затраты на поддержание копии фрагмента данных на серверах мест назначения, изменение нагрузки на серверах мест назначения после перемещения фрагмента данных, изменение нагрузки на СБД, являющиеся инициатором перемещения.

Лучший вариант перемещения будет получен в результате решения оптимизационной задачи.

Среднюю скорость передачи информации определяют на основе данных статистики наблюдения и используют для последующей оценки затрат времени на перемещение фрагмента данных. Оценка затрат на поддержание копии фрагмента данных проводится на основе используемых систем управления базами данных протоколов актуализации.

Оценка изменения нагрузки на СБДН после перемещения фрагмента данных необходима для того, чтобы не превысить определенный барьер нагрузки. Хотя оценка изменения нагрузки на СБДИ является приближенной, но она должна быть учтена при решении оптимизационной задачи, поскольку изменение местоположения фрагмента данных преследует цель не только улучшения интервала времени ответа на запросы пользователей, но и баланса загрузки СБД.

Таким образом, предлагаемый подход к динамическому управлению размещением фрагментов данных в распределенной базе данных позволяет существенно повысить эффективность ее функционирования.

#### Литература:

1. Кузнецов, С.Д. Основы баз данных/Д.С. Кузнецов. — М.: Интернет-университет информационных технологий, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
2. Хомоненко, А.Д. Базы данных: Учебник для высших учебных заведений/А.Д. Хомоненко, В.М. Цыганков, М.Г. Мальцев. — СПб.: КОРОНА-Принт, 2009.
3. Чертовской, В.Д. Базы и банки данных: Учебное пособие/В.Д. Чертовской. — СПб: Изд-во МГУП, 2001.

## Место криптовалюты в информационных технологиях в экономике

Григорьева Диана Рамилевна, кандидат педагогических наук, доцент;

Багирова Лейла Ильгизовна, студент

Набережночелнинский филиал Казанского (Приволжского) федерального университета (Татарстан)

XI век — век информационных технологий. Благодаря развитию и постоянному совершенствованию информационных технологии играют огромную роль в экономике. Без новейших информационных технологий экономика целого государства может оказаться в списке отстающих, поэтому разработка и изучение таких технологий является актуальной задачей для специалистов.

Определение информационных технологий — ИТ, принятое ЮНЕСКО — это комплекс взаимосвязанных, научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации; вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы. Сами ИТ требуют сложной подготовки, больших первоначальных затрат и наукоёмкой техники. Их введение должно начинаться с создания математического обеспечения, формирования информационных потоков в системах подготовки специалистов. [1]

Информационные технологии в сфере экономики — это комплекс методов переработки разрозненных исходных данных в достоверную, оперативную информацию для принятия решений с помощью аппаратных и программных средств с целью достижения оптимальных рыночных параметров объекта управления. [2]

Разработка информационных технологий в экономике требует высококвалифицированных специалистов и финансовых ресурсов. Но в перспективе эти затраты окупаются многократно и разработки в этой отрасли приводят к революционным изменениям.

Информационные технологии прочно вошли в нашу жизнь и стали ежедневной необходимостью. Многие слышали или используют каждый день виртуальные деньги, например Биткойн (от Bitcoin: англ. bit — бит и coin — монета) — пиринговая система электронной наличности, использующая одноимённую цифровую валюту, которую часто называют криптовалютой или виртуальной валютой [3], интернет-банкинг — это предоставление банковских услуг через Интернет с возможностью круглосуточного доступа в любой день недели из любого места, где есть доступ к Интернету. [4], интернет-трейдинг (internet trading) — это возможность совершать сделки со всем классом активов (акции, фьючерсы, паи фондов, облигации, опционы) и валют посредством интернет. Преимущество интернет-трейдинга заключается в практически мгновенном исполнении, а также возможности проводить торговые сделки из любой точки мира 24 часа в сутки. [5], интернет-магазины.

Человеческое общество невозможно представить без денег. Как говорит Википедия — «Деньги — специфический товар максимальной ликвидности, который является универсальным эквивалентом стоимости других товаров или услуг». Развитие денег неразрывно связано с развитием всей человеческой цивилизации. Товары, продукты и оружие, монеты различных видов от костяных до золотых, бумажные банкноты, акции — это только малая часть того, что было и до сих пор используется в качестве денег.

С развитием компьютерных технологий и сетей связи мир вступил в эпоху «электронных денег». Монеты и банкноты заменила пластиковая платежная карта, в сети Интернет работает множество платежных систем изначально созданных только для электронных платежей, таких как *PayPal* и *WebMoney*.

Но прогресс не стоит на месте, и сейчас мы наблюдаем бурный рост криптовалют — абсолютно нового платежного средства XXI века. Некоторые аналитики утверждают, что криптовалюты могут полностью изменить мировую экономику и освободить человечество от «диктатуры государства».

Итак, что же такое криптовалюта? По своему назначению криптовалюта ничем не отличается от других платежных систем, так как позволяет продавать и приобретать товары и услуги. Принципиальное отличие от других платежных средств, в *способе выпуска (эмиссии) платежных единиц и организации системы их хранения и проведения платежей*.

До появления криптовалют все денежные системы с древних времен и по нынешний день имели одно общее свойство — наличие единого центра регуляции, контроля и эмиссии денежных единиц. Например, американский доллар и платежная система *PayPal* в этом плане похожи друг на друга.

Платежные криптовалютные системы работают по другой технологии. У них нет единого центра или банка, и платежные единицы хранятся непосредственно на компьютерах пользователей на своих криптокошельках. Таким образом, образуется денежный банк, распределенный по всему миру и независимый ни от одного государства или контролирующего органа. Платежи производятся посредством прямой передачи электронных денежных средств между кошельками.

Отсутствие единого центра эмиссии денежных единиц меняет и сам способ их появления в системе. Созданием «криптомонет», или как еще называют этот процесс майнингом, может заняться любой человек, имеющий подходящие компьютерные мощности и специальное про-

граммное обеспечение. Сложность алгоритма майнинга гарантирует полную защиты денежных единиц от подделки. Максимальное количество денежных единиц в платежной криптосистеме ограничивается, и сложность выпуска новых постоянно увеличивается. Такой механизм позволяет сдерживать инфляцию, так распространенную в «классических» деньгах.

Первой криптовалютой, обеспечивающий высокий уровень защиты и анонимности был появившейся в 2009 г. и завоевавший весь мир Bitcoin. Все последующие криптовалюты, а их на данный момент уже более 150, в основе имеют алгоритм Bitcoin. Алгоритм является полностью открытым, и любой человек может на его основе создать личную, уникальную криптовалюту.

Криптовалюты уже оказывают значительное влияние не только на мировую экономику, но и на политику и общественную жизнь. Рыночный курс Bitcoin к доллару уже был больше тысячи долларов за единицу, с основными криптовалютами начали работать крупнейшие Интернет-продавцы, такие как *Amazon* и *eBay*, они стали предметом обсуждения на высшем политическом уровне и процесс проникновения криптоденег в нашу жизнь уже ничто не может остановить. [6] Но в России Министерство Финансов абсолютно против введения таких виртуальных денег.

Минфин в начале октября 2014 года предложил запретить использование криптовалют. Министерство финансов РФ высказало свою однозначную позицию в отношении криптовалют. Было предложено ввести штрафы до 1 млн рублей за операции с «валютными суррогатами». При этом правительство Испании выпустило правила, которые официально признают Bitcoin, как платежное средство. Согласно данным сайта [coinmarketcap.com](http://coinmarketcap.com), в пятерку самых популярных виртуальных валют входят:

1. Bitcoin, курс которого составляет 381,32 долл., или 15184 руб.
2. Ripple, курс которого составляет 0.004973 долл., или 0,198 руб.
3. Litecoin, курс которого составляет 3.92 долл., или 156,1 руб.
4. BitSharesX, курс которого составляет 0.020050 долл., или 0.798393 руб.
5. Peercoin, курс которого составляет 0.999871 долл., или 39,81 руб.

Мнение «против»

В целом у противников виртуальной валюты или «валютных суррогатов» есть два веских аргумента.

Во-первых, валюта ничем не подкреплена физически, и лишиться своих реальных денег при инвестировании очень просто. Во-вторых, анонимность перевода средств дает инструмент для развития рынка нелегальных товаров: таких как наркотики, оружие и различные виды контрабанды. Центробанк РФ встает на сторону противников криптовалют.

«В связи с анонимным характером деятельности по выпуску «виртуальных валют» неограниченным

кругом субъектов и по их использованию для совершения операций граждане и юридические лица могут быть, в том числе непреднамеренно, вовлечены в противоправную деятельность, включая легализацию (отмывание) доходов, полученных преступным путем, и финансирование терроризма», — говорится в сообщении пресс-службы ЦБ.

Также регулятор предупреждает, что работа банков и кредитных организаций, которые будут предоставлять услуги по обмену «виртуальных валют» на рубли и иностранную валюту, а также на товары (работы, услуги), будет рассматриваться как «вовлеченность в осуществление сомнительных операций в соответствии с законодательством о противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма».

Мнение «за»

Сторонники биткоинов называют свои плюсы в таком виде платежной системы: децентрализованность — независимость от какого-либо государственного регулятора, счета нельзя заблокировать или передать какую-либо информацию спецслужбам, переводы нельзя откатить; анонимность — никто не видит, от кого и кому идут деньги в сети; заранее известный объём эмиссии — преимущество, которого не имеет ни одна из существующих государственных валют.

Также сторонники в один голос утверждают, что спрос на биткоины растет. Появляются сервисы, принимающие Bitcoin и проекты, производящие операции с Bitcoin.

Тем временем, правительство Испании выпустило новые правила, которые официально признают электронную платежную систему, использующую Bitcoin, а в Калифорнии принят закон, который официально признает легитимность «частных валют». Даже Таиланд пересмотрел свое первоначальное запретительное отношение к Bitcoin, признав его использование законным.

Существует и практика создания криптовалют государством. Так, по сообщению Центрального банка Эквадора, виртуальная валюта, которая станет государственной, будет допущена к обращению в декабре. Заместитель директора монетарного регулятора Эквадора не будет похожа на Биткоин, и позволит гражданам делать платежи, используя мобильные телефоны, что приведет к снижению транзакционных расходов.

Сегодня у криптовалют история противоречивая, но разные государства взяли курс на либерализацию своего отношения к этому явлению. Что же ожидает виртуальную валюту в дальнейшем — покажет время. [7]

ИТ технологии также успешно применяются для принятия управленческих решений в экономике и эффективного управления деятельностью. С помощью информационных технологий удобно рассчитывать и прогнозировать важные экономические результаты. Для того, чтобы информационные технологии эффективно применялись, необходимо уметь их использовать с максимальной отдачей. Поэтому многие руководители уделяют большое внимание

обучению сотрудников и поиска новейших разработок информационных технологий в экономике.

Таким образом, информационные технологии являются важным фактором развития экономики.

Литература:

1. Интернет ресурс: <http://www.itstan.ru/>
2. Топорев, А. Ю. Информационные технологии в экономике // Учебное пособие. Москва. 2005. с. 14
3. Интернет ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D1%82%D0%BA%D0%BE%D0%B9%D0%BD>
4. Интернет ресурс: <http://www.grandars.ru/student/bankovskoe-delo/internet-banking.html>
5. Интернет ресурс: <http://www.admiralmarkets.ru/trader/internet-trading/>
6. Интернет ресурс: <http://cryptomap.ru/kriptovalyuta>
7. Интернет ресурс: <http://dengi.utro.ru/articles/kriptovalyuta-khorosho-ili-plokho-559.html>

## Линейно-штабная с временно-целевыми компонентами модель структуры гражданского вуза

Диденко Дмитрий Александрович, аспирант;

Чулюков Владимир Алексеевич, кандидат физико-математических наук, профессор

Воронежский государственный педагогический университет

Аналогично концептуальной схеме модели данных в теории информационных систем с базами данных, которая содержит структурную, манипулирующую и целостную компоненты, в концепции моделирования организационного управления можно выделить три компоненты: структурную, функциональную и обеспечивающую [1–7]. Остановимся подробнее на структурной компоненте с точки зрения формирования концептуальной модели информационной системы организационного управления (ИСОУ) в образовательных системах.

Под структурой системы понимают упорядоченную совокупность ее элементов и связей между ними, отражающих взаимодействие между собой и с внешней средой, окружающей эту систему [5]. Структура системы в значительной степени определяет ее свойства и ее функционирование во времени. Для формального описания структур обычно используют направленные или ненаправленные графы и их частные случаи. Воспользовавшись определениями структуры управления из [8], сформулируем: структура организационной системы управления — это форма распределения задач и полномочий по принятию и реализации управленческих решений между специализированными функциональными подразделениями организационной системы вуза. Графически чаще всего изображается в виде иерархической диаграммы, показывающей состав, подчиненность и связи структурных единиц организации.

Для такой предметной области как образовательная система обычно используют модели систем организационного управления, в которых управление ориентировано на результат [9]. Для таких функциональных моделей справедлива формула: «одно подразделение =

одна функция». Организационная модель таких структур (на примере военного вуза [2]) включает в себя обязательные компоненты — руководство (администрацию), основные (осуществляющие образовательный процесс) и обеспечивающие подразделения. Все эти подразделения, как правило, образуют линейно-функциональную иерархию. Это справедливо в целом для такой предметной области, как военные (военнослужащие) организации и учреждения силовых министерств и ведомств.

Основы линейных структур составляет так называемый «шахтный» принцип («принцип колодца») построения и специализации управленческого процесса по функциональным подсистемам организации (учебная работа, научная работа, воспитательная работа, финансы, персонал и т.д.). По каждой подсистеме формируется иерархия служб («шахта» или «колодец»), пронизывающая всю организацию сверху донизу (рис. 1).

Результаты работы каждой службы оцениваются показателями, характеризующими выполнение ими своих целей и задач. Система стимулирования и поощрения работников строится соответственно. При этом конечный результат — эффективность и качество работы организации в целом, — становится как бы второстепенным, так как считается, что все службы в той или иной мере работают на его получение.

*Преимущества линейной структуры:*

— четкая система взаимосвязей подразделений и функций;

— четкая система единоначалия — руководство всей совокупностью процессов, имеющих общую цель, сосредоточено в руках одного руководителя;

— ясно выраженная ответственность;



Рис. 1. Линейно-функциональная с временно-целевыми компонентами модель структуры военного вуза

— на прямые указания вышестоящих подразделений следует быстрая реакция исполнительных подразделений.

*Недостатки линейной структуры:*

- отсутствие звеньев, занимающихся аналитикой и стратегическим планированием; в работе руководителей практически всех уровней оперативные проблемы («текучка») доминируют над стратегическими;
- тенденция к перекалыванию ответственности при решении проблем, требующих участия нескольких подразделений;
- малая гибкость и приспособляемость к изменению ситуации;
- разные критерии эффективности и качества работы подразделений и организации в целом;
- тенденция к формализации оценки эффективности и качества работы подразделений приводит обычно к возникновению атмосферы неуверенности и разобщенности;
- большое число «этажей управления» между работниками, выпускающими продукцию, и лицом, принимающим решение;
- перегрузка управленцев верхнего уровня;
- повышенная зависимость результатов работы организации от квалификации, личных и деловых качеств высших управленцев.

Малая гибкость и приспособляемость военного управления не позволяет простым решением руководителя ор-

ганизации (не смотря на неизбежность принципа единоначалия) свободно изменить даже набор элементов модели организационного управления. В [2] предлагается в условиях такого специфического функционирования использовать временно-целевые подразделения, например, для выполнения исследовательских или экспериментальных задач.

Итак, обобщенной моделью структуры военного высшего учебного заведения можно считать линейно-функциональную с временно-целевыми компонентами [2]. В современных условиях недостатки такой структуры перевешивают ее достоинства. Такая структура плохо совместима с современной философией качества.

В гражданских высших учебных заведениях используется развитие линейно-функциональной структуры организационного управления — так называемая линейно-штабная структура. Она призвана ликвидировать важнейший недостаток линейной структуры, связанный с отсутствием звеньев стратегического планирования. Линейно — штабная структура включает в себя специализированные подразделения (штабы), которые не обладают правами принятия решений и руководства какими-либо нижестоящими подразделениями, а лишь помогают соответствующему руководителю в выполнении отдельных функций, прежде всего, функций стратегического планирования и анализа [9]. В остальном эта структура соответствует линейной (рис. 2).

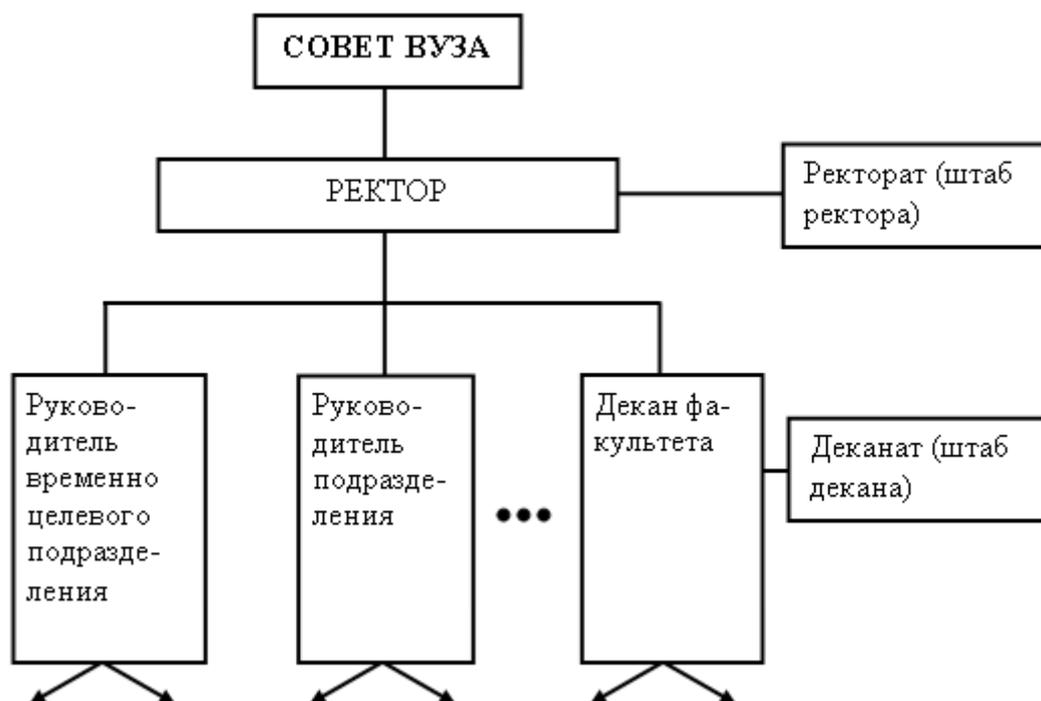


Рис. 2. Линейно-штабная с временно-целевыми компонентами модель структуры гражданского вуза

В качестве штаба ректора может выступать ректорат, штаба декана — деканат, штаба проректора по учебной работе — учебно-методический совет и т. д. В такой структуре могут присутствовать подразделения, не имеющие штаба, а также временно-целевые подразделения, например, различные комиссии, советы, временные научные коллективы и т. п.

*Достоинства линейно-штабной структуры:*

- более глубокая, чем в линейной, проработка стратегических вопросов;
- некоторая разгрузка высших руководителей;
- возможность привлечения внешних консультантов и экспертов;
- при наделении штабных подразделений правами функционального руководства такая структура — хороший первый шаг к более эффективным структурам

управления, например, к структурам рефлексивного управления качеством образования [10].

*Недостатки линейно-штабной структуры:*

- недостаточно четкое распределение ответственности, т. к. лица, готовящие решение, не участвуют в его выполнении;
- тенденции к чрезмерной централизации управления;
- аналогичные линейной структуре, частично — в ослабленном виде.

Следовательно, обобщенной моделью организационной структуры управления образовательного учреждения высшего образования следует считать линейно-штабную с временно-целевыми компонентами. Такая структура позволяет, хотя и в ограниченных пределах, воплотить идеи современной философии качества.

Литература:

1. Баронов, В. «Методы построения систем управления»/В. Баронов, И. Титовский URL: [http://b-news.narod.ru/inform\\_technologies/mmethods.htm](http://b-news.narod.ru/inform_technologies/mmethods.htm) (дата обращения: 17.03.2015).
2. Дидрих, В. Е. Моделирование информационных систем организационного управления. — М.: ИПРЖР, 2002. — 178 с., ил.
3. Конноли, Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика./Т. Конноли, К. Бегг, А. Страчан. — 2-е изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. — 1120 с.: ил.
4. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. — М.: Наука. — Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1986. — 288 с.
5. Советов, Б. Я. АСУ. Введение в специальность: Учебник для ВУЗов по спец. «Автоматизированные системы обработки информации и управления». — М.: Высшая школа, 1989. — 128 с.: ил.
6. Сысоев, В. В. Системное моделирование: Учебное пособие. — Воронеж: Воронежский технологический институт, 1991. — 80 с.

7. Греченко, Д.А. Структурная компонента модели организационного управления высшим учебным заведением/Д.А. Греченко, В.А. Чулюков // Современные наукоемкие технологии. — 2010. — №4 — с. 13–16.
8. Дэвид, А. Марка SADT — методология структурного анализа и проектирования/Дэвид А. Марка, Клемент Мак Гоуэн — М.: Мир, 1993. — 240 с.
9. Греченко, Д.А., Чулюков В.А. Ситуационное моделирование в задачах организационного управления вузом./Сборник научных трудов Sworld. 2009. Т. 3. №1. с. 13–15.
10. Топчиев, А.В., Чулюков В.А. Некоторые аспекты моделирования рефлексивного управления качеством образования/Сборник научных трудов Sworld. 2009. Т. 3. №1. с. 10–12.

## Понятие «доверия» в Интернете вещей

Леонов Алексей Викторович, соискатель  
Омский государственный технический университет

*Интернет вещей позволяет создать мир, в котором физические объекты интегрируются в информационные сети для того, чтобы предоставить передовые и интеллектуальные сервисы для людей. Управление доверием играет важную роль в Интернете вещей (ИВ) для обеспечения конфиденциальности и информационной безопасности передаваемых данных. Однако в настоящее время в литературе по-прежнему отсутствуют комплексные исследования управления доверием в ИВ. В данной статье будут рассмотрены свойства доверия, предполагаемые цели для управления доверием в ИВ. Кроме того, будет определен круг задач для дальнейших исследований в области управления доверием для ИВ.*

**Ключевые слова:** Интернет вещей, доверие, безопасность

Понятие «доверие» используется в различных контекстах и значениях. Доверие — это сложное понятие, о котором не существует однозначного консенсуса в научной литературе, хотя его важность и значимость не подвергается сомнению. В реалиях современного мира термин «доверие» (англ. Trust) тесно связано с вопросами управления идентификацией и контроля доступа в контексте обеспечения безопасности.

В работе [1] внимание сосредоточено на оценке уровня доверия В Интернете вещей (англ. Internet of Things, IoT). Смарт-объекты имеют разнородные функции и должны работать сообща. Предполагается, что большинство объектов находится на человеке или непосредственно с ним связаны, общаются по беспроводной связи, следовательно, они уязвимы для атак. Усилия вредоносных узлов направлены на разрушение основных функций IoT, т. е. на модели доверия, лежащие в основе системы: кому или чему доверяет система. Предложенный в работе протокол управления трастами для IoT, способен к адаптивной настройке оптимальных параметров доверия при динамично изменяющихся условиях.

Аналогичный подход обеспечения оценки достоверности раскрыт в [2] в так называемом социальном Интернете вещей (англ. Social Internet of Things, SIoT). Эта парадигма вытекает из интеграции концепции социальных сетей в IoT. Объекты, принадлежащие к инфраструктуре IoT, способны устанавливать социальные отношения автономно по отношению к своим владельцам. Авторами статьи предложен механизм доверия оценки репутации для SIoT, который может эффективно бороться

с некоторыми видами вредоносных атак, направленных на введение в заблуждение других узлов для того, чтобы получить управление услугами и предоставлением информации только к доверенным узлам. Субъективная модель для управления надежностью строится на основе решений, предложенных для P2P (Peer-to-peer) сетей [см., например, 3]. Каждый узел вычисляет надежность своих соседей на основе своего собственного опыта и мнения общих соседей. Как следствие, узел выбирает поставщика услуг на основе самого высокого рассчитанного уровня надежности.

Тем не менее, в зависимости от контекста социальной сети в статье [4] предлагается концепция безопасной распределенной одноранговой сети. Она основана на взаимодействии P2P и создании сообществ для предоставления быстрого, легкого и безопасного доступа пользователей к веб-сёрфингу. Каждый узел (то есть, устройство) и сообщество имеют в сети идентификатор и изменяют значение доверия к другим узлам на основе их поведения, создавая тем самым цепь доверия между пользователями. Анализируемыми параметрами являются: расстояние, логичность ответа, место в иерархии доверенной цепи, схожесть свойств (например, возраст, пол, тип датчика), общность целей, история взаимодействия, доступность и пр. Цепочка доверия позволяет создавать группы (сообщества) и уникальные идентификаторы для них, с целью предоставления доступа к сервисам, а также для распространения информации о группе. Поэтому безопасность обеспечивается, только когда пользователи получают доступ к сети посредством использования цепи доверия, генерируемой узлами.

В работе [5] указывается, что традиционные модели контроля доступа не подходят для децентрализованных и динамических сценариев IoT. В статье представлен нечеткий подход к контролю доступа на основе доверия (англ. Fuzzy approach to the Trust Based Access Control, FTBAC). Траст-баллы рассчитываются FTBAC фреймворком с учетом опыта, знаний и рекомендаций. Затем полученные оценки доверия сопоставляются с набором разрешений политики доверия. При этом запрос на доступ сопровождается набором учетных данных, которые в совокупности являются доказательством для разрешения доступа. FTBAC фреймворк состоит из трех уровней: уровень устройств, уровень запроса, уровень контроля доступа.

Результаты моделирования показывают, что эта система гарантирует гибкость и масштабируемость и является энергосберегающей. Решение, основанное на криптографической защите, позволяет добиться контроля доступа за счет повышения уровня доверия, но это создает дополнительную нагрузку на систему с точки зрения временных затрат и потребления энергии.

В статье [6] представлен еще один нечеткий подход для оценки доверия, основанный на трех уровнях: уровень устройства, основной уровень и уровень приложений. Уровень устройства включает в себя физические устройства (например, RFID (Radio Frequency IDentification), WSN (Wireless Sensor Network) и базовые станции); основной уровень преимущественно отвечает за доступ к сети и Интернету; прикладной уровень содержит различные распределенные сети (например, P2P, распределённые вычисления (англ. Grid Computing), облачные вычисления (англ. Cloud Computing)), прикладные системы и интерфейсы. С точки зрения пользователей, IoT-система рассматривается в качестве поставщика услуг (англ. Service Provider, SP), причем управление доверием направлено на предоставление дополнительной услуги, которая помогает IoT обеспечить более качественное обслуживание для любого потребителя услуг (англ. Service Requester, SR). Связь является двунаправленной, поскольку трастовый механизм оказывает воздействие как на SR (для обеспечения секретности), так и на SP. Такая модель управления трастами главным образом включает в себя три этапа: доверие на получение, передачу и принятие решений. Управление трастами должно выступать в качестве самоорганизующегося компонента для того, чтобы справиться с потоком информации и препятствовать утечке конфиденциальной информации от ненадежных SR. В [6] теория нечетких множеств и язык на базе формальной семантики используется для выполнения многоуровневого механизма доверия, который вычисляется с помощью определённого слоя атрибутов (эффективность, риск, история). Пользователь имеет доступ к IoT, только если безопасность учетных данных удовлетворяет политикам безопасности, которые определены с помощью функции принятия решений в соответствии со значением доверия для пользователей. Отметим, что эта работа не рассматривает кон-

кретных моделей доверия, но устанавливает общие рамки, в которые могут быть интегрированы четко определенные модели доверия.

В материалах статьи [7] предлагаются модели доверия для обеспечения безопасности пользователя путем объединения данных о местоположении с учетом идентичности информации и истории аутентификации. В результате пользователи могут получить доступ к запрашиваемым услугам. Рассматриваются три области доверия, каждая из которых имеет свой разряд: высший, средний и низкий. Для каждого разряда подход к идентификации отличается. Для высшего разряда никакой дополнительной ключ не требуется. Для среднего разряда, пользователи должны предоставить свой пин-код для входа в систему. Низкий разряд означает, что пользователи должны предоставить биометрические данные, такие как изображение лица, отпечатки пальцев или сканирование радужной оболочки глаза, что может быть неудобно ввиду сложности процедуры и аппаратных ограничений.

Рассмотрим другие предложения и методы для моделей доверия. Например, в [8] авторы предлагают иерархическую модель доверия для IoT, которая в состоянии эффективно обнаруживать вредоносное воздействие. Предложена схема под названием Verifiable Caching Interaction Digest (VCID).

В статье [9] предлагается система доверительного управления для IoT, которая в состоянии оценить уровень доверия к узлу, исходя из его поведения в прошлом. Такая модель учитывает как информацию из первых рук (то есть, непосредственные наблюдения и собственный опыт), так и информацию из вторых рук (то есть, опыт и наблюдения, которые сообщают соседние узлы), чтобы обновить значения доверия. Система управления доверием содержит следующие этапы: (I) сбор информации о достоверности доступных узлов; (II) установка и настройка совместного использования сервисов с узлами; (III) выполнение самообновления с учетом прошлой работы, направленного на улучшение своих действий в будущем; (IV) определение значения рекомендаций качества для каждого узла после каждого взаимодействия на этапе обучения.

В работе [10] авторы предпринимают попытку разработать устойчивую к атакам модель доверительного управления для стратегии маршрутизации в распределенной IoT. Такая модель может оценивать и распространять репутацию в распределенных системах маршрутизации, а также предложить создать надежные, доверительные отношения между самоорганизующимися узлами и обеспечить от возможных атак маршрутизации в распределенных системах.

В публикации [11] акцентируется внимание на WSNs и дается описание для механизма управления доверием для IoT. Предложенный протокол направлен на предотвращение атак извне и распознавание вредоносных узлов. Таким образом, он может сократить связи с вредоносными узлами для повышения уровня безопасности и увеличения срока службы сети.

Как указано в статье [12], в настоящее время в качестве подходов для управления доверием и репутацией обычно предлагаются жесткие и негибкие механизмы для вычисления значения репутации, которые препятствуют их динамической адаптации к окружающей среде, в которой они развернуты. В лучшем случае они обладают определенными параметрами, которые являются конфигурируемыми или настраиваемыми. Это является недостаточным для гетерогенного и динамического характера IoT. Поэтому, в данной публикации приведен прототип гибкого механизма для выбора наиболее подходящей модели доверия и репутации в гетерогенной среде.

Многоуровневая IoT архитектура для механизма управления доверием предложена в [13]. Инфраструктура IoT разделяется на три уровня: уровень датчика, основной уровень и приложения (прикладной) уровень. Каждый уровень регулируется с помощью специального механизма управления трастами в следующих целях: самоорганизация, маршрутизации и мультисервис. Окончательное принятие решений осуществляется сервис-клиентом (т.е. пользователем) в соответствии с собранной трастовой информацией, а также политикой запросчика. Для реализации механизма доверия используются формальная семантика и теория нечетких множеств.

#### Литература:

1. F. Bao, I. Chen, Dynamic trust management for internet of things applications, in: Proceedings of the 2012 International Workshop on Self-Aware Internet of Things, Self-IoT '12, USA, San Jose, 2012, pp. 1–6.
2. M. Nitti, R. Girau, L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, A subjectivemodel for trustworthiness evaluation in the social internet of things, in: 2012 IEEE 23rd International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC, Australia, Sydney, 2012, pp. 18–23.
3. L. Xiong, L. Liu, Peertrust: supporting reputation-based trust for peer-to-peer electronic communities, IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 16 (2004) 843–857.
4. R. Lacuesta, G. Palacios-Navarro, C. Cetina, L. Penalver, J. Lloret, Internet of things: where to be is to trust, EURASIP J. Wireless Commun. Networking 2012 (1) (2012) 1–16.
5. P.N. Mahalle, P.A. Thakre, N.R. Prasad, R. Prasad, A fuzzy approach to trust based access control in internet of things, in: 20133rd International Conference on Wireless Communications, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems, VITAE, NJ, Atlantic City, 2013, pp. 1–5.
6. J. Wang, S. Bin, Y. Yu, X. Niu, Distributed trust management mechanism for the internet of things, Appl. Mech. Mater. 347–350 (4) (2013) 2463–2467.
7. Y. Liu, Z. Chen, F. Xia, X. Lv, F. Bu, An integrated scheme based on service classification in pervasive mobile services, Int. J. Commun. Syst. 25 (9) (2012) 1178–1188.
8. L. Wen-Mao, Y. Li-Hua, F. Bin-Xing, Z. Hong-Li, A hierarchical trust model for the internet of things, Chin. J. Comput. 5 (2012) 846–855.
9. Y. Saied, A. Olivereau, D. Zeghlache, M. Laurent, Trust management system design for the internet of things: a context-aware and multi-service approach, Comput. Secur. 39 (2013) 351–365.
10. P. Dong, J. Guan, X. Xue, H. Wang, Attack-resistant trust management model based on beta function for distributed routing in internet of things, China Commun. 9 (4) (2012) 89–98.
11. T. Liu, Y. Guan, Y. Yan, L. Liu, Q. Deng, A wsn-oriented key agreement protocol in internet of things, in: 3rd International Conference on Frontiers of Manufacturing Science and Measuring Technology, ICFMM 2013, LiJiang, China, 2012, pp. 1792–1795.
12. G. D. Tormo, F. G. Marmol, G. M. Perez, Dynamic and flexible selection of a reputation mechanism for heterogeneous environments, Future Gener. Comput. Syst. (2014).
13. L. Gu, J. Wang, B. b. Sun, Trust management mechanism for internet of things, China Commun. 11 (2) (2014) 148–156.

Другая трастовая система, основанная на обнаружении поведения узла, предложена в [14]. В работе предлагается периодически оценивать показатели (метрики) доверия и истории его статистики. Они рассчитываются путем сочетания вещественных доказательств и алгоритма Байеса.

Отметим следующие вопросы, которые остаются все еще открытыми в IoT управлении трастами: введение четко определенного языка для доверия, поддерживающего полную совместимость в контексте IoT; определение эффективной системы управления идентификацией объекта; разработка трастового механизма переговоров в целях управления доступом к потоку данных.

Проведенный анализ показывает, что имеющиеся подходы позволяют использовать различные методы для решения вопроса доверия в сценарии IoT. Такие предложения включают в себя иерархическую модель, механизмы репутации, подходы, полученные из социальных сетей, нечетких методов, механизмов, основанных на поведении узлов в прошлом или на стратегии маршрутизации. Литература, касающаяся управления доверием, является достаточно зрелой, но полностью распределенный и динамический подход, пригодный для масштабируемой и гибкой связи в IoT, по-прежнему отсутствует.

14. Y.-B. Liu, X.-H. Gong, Y.-F. Feng, Trust system based on node behavior detection in internet of things, Tongxin Xuebao/J. Commun. 35 (5) (2014) 8–15.

## Анализ возможностей интерактивной компьютерной графики

Нифантьев Ким Сергеевич, магистрант

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*В статье рассматриваются некоторые аспекты применения интерактивной компьютерной графики (ИКГ) в театральной деятельности. Проведя анализ, можно выделить следующие возможности ИКГ: управление спектаклем (элементами сцены и оборудованием); частичная замена декораций спектакля метками (QR-, BR-коды); сохранение декораций, имеющихся в театральном музее (перевод экспозиции в 3D модели); возможность проведения интерактивного спектакля, в т. ч. его трансляция; создание спецэффектов и увеличение их зрелищности; реконструкция спектакля.*

**Ключевые слова:** интерактивные возможности, компьютерная графика, агрегация классов.

## Consideration of possible interactive computer graphics

Nifantev K. S., bachelor, second year student of magistracy,

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*This article discusses some aspects of the use of interactive computer graphics (ICG) in theatrical activity. After analysis, we can distinguish the following possibilities ICG: performance management (elements of a scene); partial replacement of the scenery of the play marks (QR, BR-codes); preservation of scenery, available at the theatre Museum (translation exposure in the 3D model); the possibility of interactive performance, including its broadcast; creation of special effects and increase their entertainment; reconstruction of the play.*

**Keywords:** interactivity, computer graphics, aggregation classes.

К настоящему времени компьютерная графика и аппаратные конфигурации достигли уровня, когда возможно отображение на экране множества сложных 3D-объектов, сохраняя при этом интерактивность и реалистичность происходящего, это коснулось и театральной среды [1–4]. Одним из примеров внедрения ИКГ в театральную жизнь служит проект команды разработчиков (Дэвид Харвей и Джорж Панэ) 3D модели Королевского Оперного театра в Лондоне Ковент Гарден на основе технологии NVIDIA Quadro. Предложенное решение включает в создании виртуальной версии королевского Оперного Театра, что позволило использовать эту модель не только для подготовки окружения сцены и дизайнерской работы, но и непосредственного управления источниками света в основном зрительном зале [5].

Для анализа театральных задач рассмотрим жизненный цикл спектакля. Условно его можно разбить на пять этапов:

— «замысел» — зарождение идеи, утверждение сюжета и композиции, подбор музыки, распределение ролей актеров и их амплуа и т. д.;

— «воплощение» — работа режиссеров с актерами в процессе репетиций; подготовка и изготовление декора-

ционного оформления спектакля, костюмов; изготовление партитуры звука и свате, разборка эскизов программки и афиши;

— «сборка» — прогоны (репетиции связок), монтажная репетиция, генеральная репетиция;

— «маркетинг и реклама» — продажа билетов, печать программки и афиш, распространение рекламных буклетов и т. д.

— «проведение» — постановка спектакля, как в день премьеры, так и в последующие дни показа спектакля;

При этом на каждом из этапов возникает ряд творческих, производственных, образовательных и маркетинговых задач:

— творческие задачи рассматривают вопросы, связанные с превизуализацией, рассматривающая подготовку мизансцен спектакля, опираясь на имеющееся оснащение и окружение сцены;

— производственные задачи охватывают ряд вопросов, связанных с работой над подготовкой сцены, монтажом спектакля, производством декораций, а также непосредственного управления спектаклем;

— маркетинговые задачи решают вопросы продвижения и ознакомления зрителей со спектаклем и деятельностью театра;

— образовательные задачи, связанные с подготовкой актеров и будущих режиссеров.

Исходя из перечисленных выше задач, можно предположить, что возможным решением, позволяющим облегчить подготовку и проведение спектакля, может послужить разработка интерактивного программного приложения — «Редактор режиссера», которое бы включало интерактивную 3D модель сценического пространства, предназначенную для подготовки и проведения спектаклей. Приложение позволит избежать проблем, вызванных ограниченностью времени встреч режиссеров и актеров, нехваткой технических средств для создания спецэффектов.

В процессе разработки могут возникнуть определенные риски, связанные с технической ограниченностью и нехваткой ресурсов для создания единой среды, которая бы использовалась для подготовки и проведения спектаклей.

Поэтому для успешной реализации этой идеи следует провести ряд подготовительных работ:

- анализ функциональных возможностей моделируемого сценического пространства;
- выбор технических средств разработки;
- разработка трехмерных моделей отдельных элементов оснащения;
- создание интерактивной компьютерной трехмерной модели сценического пространства;
- подготовка и настройка элементов приложения;
- тестирование и отладка «Редактора режиссера».

При проектировании «Редактора режиссера» необходимо выделить структуру, которую удобно представить UML-диаграммой классов базовых элементов спектакля (рис. 1). Диаграмма представляет собой описание классов и их взаимосвязь.

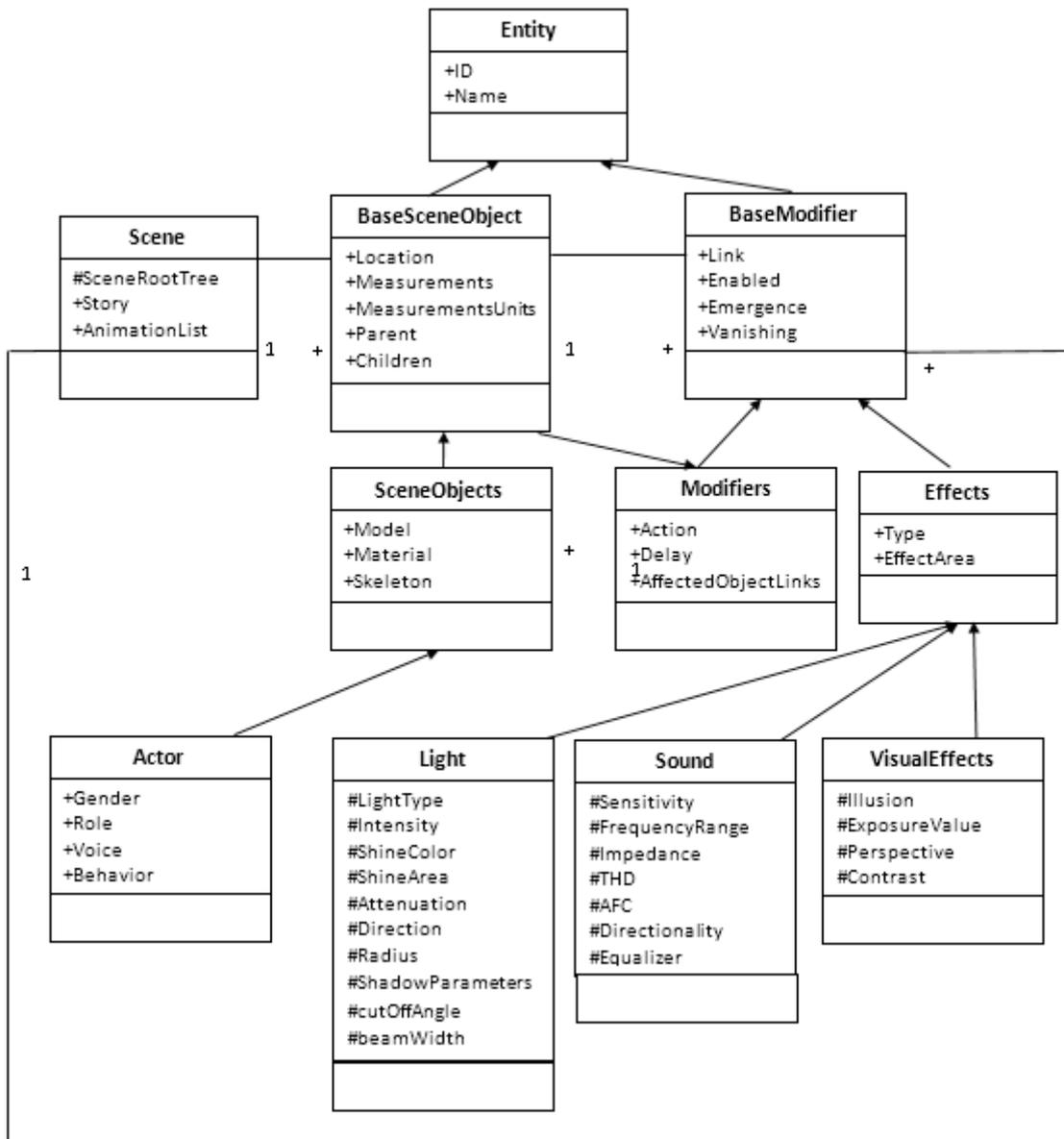


Рис. 1. Диаграмма классов базовых элементов спектакля

Класс Entity (Сущность) является корневым для всех объектов сцены. Он содержит название объекта и его ID в библиотеке объектов. Механизм наследования предполагает разбиение данного суперкласса на два класса: дерево объектов сцены BaseSceneObject (Базовые объекты сцены) и дерево эффектов BaseModifier (Базовые модификаторы). Класс BaseSceneObject имеет потомка SceneObject (Объекты сцены), который будет хранить сведения о внешнем виде модели, и реализовывать механизм привязки динамики объектов. Потомком класса SceneObject является класс Actor (Актер), который представляет собой модель аватара, заменяющего актера на виртуальной сцене. Класс BaseModifier имеет двух потомков Modifiers (Модификаторы), реализующих динамику объектов сцены, и Effects (Эффекты), обеспечивающих зрелищность виртуальной сцены. В свою очередь, потомками класса Effects являются три класса: Light (Освещение), Sound (Звук) и VisualEffects (Спецэффекты). Абстрактный класс Scene (Сцена) будет являться контейнером для всех объектов сцены.

Отношение агрегации между классами BaseSceneObject и BaseModifier, BaseSceneObject и Modifiers предполагает, что каждый объект в зависимости от своего предназначения имеет определенное поведение).

Также на этапе проектирования необходимо выбрать технические средства для разработки. Взаимодействие программных средств для разработки «Редактора режиссера» представлено на рис. 2.

Имеющиеся пакеты программ и средства графической разработки взаимодействуют посредством передаваемых друг другу файлов соответствующего формата. В итоге результатами разработки будут являться модели элементов оснащения сцены в формате\*.max и приложение «Редактор режиссера» в формате\*.exe.

Предложенное решение представляет режиссеру следующие возможности:

- четкое представление об объектах оснащения сцены, имеющихся в театре;
- расстановка декораций и планирование и просмотр степени освещения сцены;
- предварительная оценка качества и уровня зрелищности;
- модель сцены с декорациями и заданными параметрами освещения можно использовать в маркетинговых и образовательных целях;
- реконструкция спектакля.



Рис. 2. Схема взаимодействия программных средств, необходимых для разработки приложения подготовки и управления спектаклем

В заключение следует отметить, что приведенное выше описание взаимодействия классов и конфигурация программных средств позволяют реализовать в дальнейшем интерактивное приложение «Редактор режиссера», ко-

торое предусматривает модульный принцип разработки и благодаря гибкой структуре диаграмм в дальнейшем может быть легко масштабируемым.

Литература:

1. Geigel, J. and Schweppe, M., What's the Buzz?: A Theatrical Performance in VS, USA, 2004.
2. Geigel, J. and Schweppe, M., Live Theater on a Virtual Stage: Incorporating Soft Skills and Teamwork in Computer Graphics Education. USA, IEEE Computer Graphics, 2011 (vol. 31 no. 1).
3. Microsoft Academic Days on Game Development in Computer Science Education, USA, 2007.
4. Burke, J., DYNAMIC PERFORMANCE SPACES FOR THEATRE PRODUCTION, TD&T, Vol. 38 No. 1 (Winter 2002).
5. NVIDIA ПРЕСС-ЦЕНТР. Королевский Оперный театр. [http://www.nvidia.ru/object/royal\\_opera\\_house\\_ru.html](http://www.nvidia.ru/object/royal_opera_house_ru.html) Режим доступа: свободный.

## Применение геоинформационных систем в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения в Орловской области

Польшакова Наталья Викторовна, кандидат экономических наук, доцент;  
Житарь Я. И.

Орловский государственный аграрный университет

*Применение ГИС в сельском хозяйстве становится неотъемлемой частью мониторинга сельскохозяйственных угодий. В статье рассматривается зарубежный опыт использования геоинформационных систем, и рассматриваются предпосылки для внедрения ГИС в Орловской области.*

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии, система ArcGIS, мониторинг и управление сельскохозяйственными землями.

Применение геоинформационных технологий в сельском хозяйстве возможно и на федеральном, и на региональном, и на местном уровнях, вплоть до отдельного хозяйства. Поскольку задачи на этих уровнях различны, соответственно, различаются и используемые данные, и средства работы с ними. При использовании продуктов одного семейства (например, ArcGIS производства ESRI) обеспечивается как вертикальная (между различными уровнями управления), так и горизонтальная (между хозяйствами или организациями одного уровня) совместимость по данным и программным продуктам [2].

На федеральном уровне актуальны такие задачи, как выработка сельскохозяйственной политики, лицензирование и контроль производства продуктов массового потребления, прогнозирование валового сбора различных культур, мониторинг природных условий и использования земель, контроль информации, поступающей «снизу». Наилучшее применение здесь могут найти серверные программные продукты типа ArcSDE и ArcIMS для поддержки централизованного реестра земель сельскохозяйственного назначения, баз данных хозяйств и полей. Все эти объекты имеют некоторое положение и протяженность в пространстве, поэтому только

технология пространственных баз данных (иначе называемых базами геоданных) может гарантировать адекватное компьютерное представление этой информации. Причем простого ГИС-пакета здесь недостаточно, — например, в США имеются десятки тысяч хозяйств, миллионы полей, и только специальные средства управления большими пространственными базами данных (ArcSDE) могут справиться с такими объемами. Чтобы данные эти не лежали втуне и работали на развитие отрасли и страны в целом, к ним должен быть обеспечен соответствующий доступ. Развитие компьютерных сетей позволяет сегодня за доли секунды связывать компьютеры, находящиеся в разных точках страны. Всеобщее проникновение Интернета обеспечивает быстрый обмен информацией между специалистами, а также представление информации всем заинтересованным лицам. Графический характер Всемирной паутины ведет к тому, что в ней становится все более популярным представление карт. Однако карта в виде простой картинки имеет небольшую ценность — интерактивность любого настольного ГИС-пакета более значима. Оптимальным решением для передачи картографических данных через Интернет и представления карт в Вебе является картографический интернет-сервер ArcIMS. Бла-

годаря ему пользователи настольных продуктов ArcGIS могут получать доступ к картографическим материалам из любой точки Земли, где есть подключение к Интернету. Этот же продукт может использоваться во внутренних сетях организаций для обеспечения доступа к картам на центральном сервере через Интернет. Кстати, неслучайно Министерство сельского хозяйства США выбрало в качестве стандарта ГИС продукты компании ESRI — их массовое распространение, универсальность, постоянное развитие и гибкость решений на их основе являются залогом успешного внедрения ГИС и плодотворного использования ее широчайших возможностей в течение многих лет. [1].

На уровне отдельного хозяйства или группы хозяйств ГИС-технологии также востребованы, и сейчас в индустриально развитых странах можно наблюдать настоящий бум нового направления под названием precision agriculture — точное земледелие. Суть его в том, что обработка полей производится в зависимости от реальных потребностей, выращиваемых в данном месте культур. Эти потребности определяются с помощью современных информационных технологий, включая космическую съемку, причем часто средства обработки дифференцируются в пределах различных участков поля, давая максимальный эффект при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ. Конечно, варьировать внесение химикатов и питательных веществ можно и вручную, «на глазок», однако научно обоснованный подход более эффективен. Накопление статистики обработки (куда и сколько внесли каждого вещества) и получаемых результатов (урожайность) позволяет применять различные виды анализа (регрессионный, факторный и др.) с тем, чтобы в дальнейшем корректировать применяемые дозы для получения максимума отдачи на каждый вкладываемый в обработку рубль. [3].

В настоящее время в РФ используется для мониторинга в сельскохозяйственных, угодий на основе привлечения аэрогеодозических съемок.

Современные ГИС позволяют проводить статистический анализ, по отдельным полям. При необходимости более детально сделать анализ, путем разбивки полей на небольшие однородные участки, потребуются средства пространственного анализа, имеющиеся в системе ArcGIS. Именно такой подход считается оптимальным в идеологии точного земледелия. И здесь нужно отметить, что в двух специальных дополнительных модулях ArcGIS — Spatial Analyst и Geostatistical Analyst — реализованы самые современные методы пространственного анализа данных, позволяющие выявлять скрытые закономерности в данных, невидимые невооруженным глазом. С помощью этих средств по каждому земельному участку можно анализировать влияние рельефа, характеристик почвы, метео и гидрологического режима, истории внесения агрохимикатов, а также выявлять проблемные участки, не вписывающиеся в имеющуюся технологическую модель, и на этой основе ее совершенствовать [2].

Конечно, внутри отдельного небольшого хозяйства проводить такой анализ нереально (нет ни специалистов, ни экономически оправданной загрузки программно-технических средств), однако вполне возможно применение методик, разработанных в федеральном и/или региональных исследовательских центрах. То есть, в хозяйствах нужны лишь простые в использовании инструменты конечного пользователя, создавать которые могут региональные и федеральные подразделения Минсельхоза РФ. Использование единой масштабируемой программной технологии, такой как ArcGIS, позволяет собирать, организовывать, управлять, анализировать, обмениваться и распределять географическую информацию. С одной стороны, проводить анализ любой сложности и разрабатывать методики с помощью наиболее мощных продуктов семейства (ArcInfo), а с другой — поставлять конечным пользователям решения минимальной стоимости (ArcView, ArcReader). При этом обеспечивается полная совместимость между различными программными продуктами семейства и возможность создания специализированных приложений на основе библиотеки разработчика ArcObjects.

Информационными разделами ГИС учета ресурсов земель сельскохозяйственного назначения являются:

- кадастрово-правовой блок земель сельхозназначения на основе сведений автоматизированной системы государственного кадастра объектов недвижимости;
- цифровая картографическая основа с тематическими слоями рельефа, состояния почв и др.;
- информация о декларируемых границах засеваемых земель, посевных площадях и типах культур, а также обрабатывающих их организациях («дежурная карта» использования земель), обновляемая ежегодно;
- тематические слои свойств почв, климата, посевов на основе прямых наземных измерений.

Следует отметить что, в Орловской области будет создана геоинформационная система мониторинга земель сельскохозяйственного назначения для выявления неиспользуемых земель. Эта информация была озвучена 19 января на аппаратном совещании, которое провел Губернатор Орловской области Вадим Потомский. Он указал на необходимость объединения усилий федеральных и областных органов власти, а также правоохранительных органов для успешного решения проблемы вовлечения в оборот необрабатываемых земель сельскохозяйственного назначения, а так же выработке комплекса мер по разработке и внедрению ГИС для мониторинга сельскохозяйственных земель.

Он подчеркнул, что геоинформационная система мониторинга позволит осуществлять управление сельскохозяйственными землями, обеспечивать оперативное получение информации о видах сельскохозяйственных угодий, показателях почвенного плодородия, состоянии мелиорируемых земель, площади земель, занятых сельскохозяйственными культурами, и неиспользуемых землях на основе полученных данных. 15 января 2015 года Де-

партаментом сельского хозяйства Орловской области направлена заявка в Роскосмос о включении региона в план на проведение космической съемки с целью получения данных дистанционного зондирования земли. Предусмотрено формирование информационного ресурса Орловской области о землях сельскохозяйственного назначения в целях анализа, прогнозирования и выработки политики субъекта в сфере земельных отношений.

Также в планах — проведение мероприятий с сельхозтоваропроизводителями и К (Ф) Х, планируемыми вовлечение в сельскохозяйственный оборот около 40 тыс. га. Планируется сбор и анализ данных о правовом положении (его изменении) земель сельскохозяйственного назначения, анализ информации об использовании земель в сельском хозяйстве, а также использовании в статистической практике.

Как отметил Владимир Коротеев, общая площадь земель сельскохозяйственного назначения в регионе составляет 2,032 млн га из них 1,508 млн га — пашни, 54,8 тыс. га — залежь, 17,5 тыс. га — многолетние насаждения, 53,5 тыс. га — сенокосы, 262,7 тыс. га — пастбища. Сельхозпроизводителям принадлежит на различных правах 1,508 млн га. Общая площадь неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в 2014 году на территории Орловской области составляла 87,5 тыс. га. По состоянию на 1 января 2015 года площадь неиспользуемых земель сократилась до 55,8 тыс. га. В целях исполнения указа Губернатора Орловской области от 26 сентября 2014 года №369 «О раз-

витии агропромышленного комплекса Орловской области на 2014–2024 годы» к концу 2015 года планируется сокращение площади неиспользуемых земель до 35,5 тыс. га. Окончание процесса вовлечения неиспользуемых земель на всей территории Орловской области планируется завершить к концу 2017 года. В некоторых случаях причиной неиспользования земель сельскохозяйственного назначения из фондов перераспределения района является отсутствие надлежащего оформления земельных участков. Общая площадь фондов перераспределения районов составляет более 174 тыс. га, из них используются сельскохозяйственными предприятиями и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами 168,8 тыс. га. Поэтому главам муниципальных районов рекомендовано произвести надлежащее оформление неиспользуемых земельных участков районного фонда перераспределения и предложить в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации эффективным землепользователям на торгах (конкурсах, аукционах). Проведенный анализ соответствия посевных площадей собранному объему урожая в 2014 году позволяет отметить тенденцию возможного сокрытия или некорректной подачи данных сельхозтоваропроизводителями о посевных площадях.

В ходе проведения совещания была создана рабочая группа по выработке технического задания и формирования основы портала, а так же мониторинг имеющегося информативного объема в организациях АПК для наполнения портала.

#### Литература:

1. Польшакова, Н. В. Навигационные системы для сельскохозяйственной техники // Молодой ученый. 2014. №4. с. 432–434.
2. Коломейченко, А. С., Польшакова Н. В., Ноздрин Ю. В. Роль информационно-консультационных служб в информационном обеспечении трансфера инноваций в АПК // Научное мнение. 2014. №5. с. 117–124.
3. Польшакова, Н. В., Котова Е. И., Черникова К. С. Использование геоинформационных технологий в мониторинге сельскохозяйственных земель // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. №12–2. с. 330–332.
4. Журнал ArcReview, №2 (29), 2004
5. Сайт ГИС <http://www.dataplus.ru>
6. Официальный сайт ArcGIS <http://www.esri.com/>

## Особенности реализации MVC-архитектуры в веб-приложениях

Чугреев Валерий Леонидович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Институт социально-экономического развития территорий РАН (г. Вологда)

Целью данного исследования является уточнение методологии проектирования программных систем, основанных на MVC-архитектуре. В настоящее время при разработке веб-приложений с использованием современных фреймворков (Yii, Laravel и др.) существует проблема корректного использования моделей в представлениях. Задача исследования заключается в том, чтобы выработать стратегии решения этой проблемы и сформулировать методические рекомендации.

MVC—Model View Controller (модель представление контроллер) — архитектурный паттерн проектирования, который используется для организации программного кода. Его основная идея в том, чтобы отделить модели данных,

их отображение и операции взаимодействия с пользователем. Выигрыш от использования такой архитектуры заключается в том, что она позволяет упорядочить код, распределив его по уровням, каждый из которых определяет сферу ответственности. Это минимизирует взаимозависимость программных компонент, что в свою очередь облегчает их последующую модификацию. Доработка и развитие такой системы становится проще.

Логика работы приложения построенного на основе MVC-архитектуры представлена на рисунке 1.

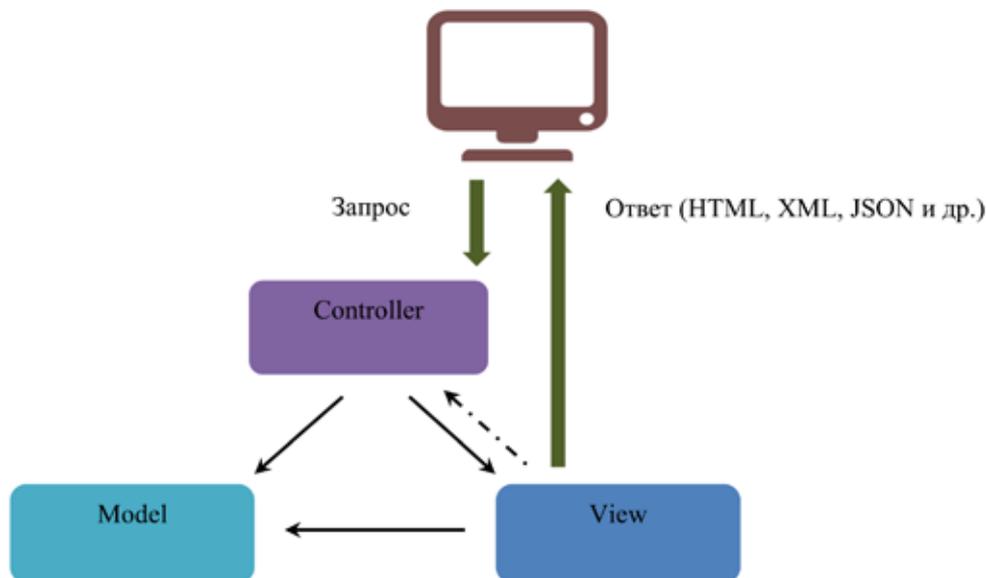


Рис. 1.

Пользователь направляет запрос в контроллер (в случае веб-приложений — это обращение по адресу), контроллер (Controller) обрабатывает запрос, запрашивает данные от соответствующих моделей (Model), получает данные, может быть, выполняет какую-то дополнительную их обработку, например, агрегирует их с другими данными и затем передает данные в представление (View). Представление формирует данные в соответствии с заданным шаблоном отображения и возвращает результат пользователю. Штрих-пунктирной линией показано опосредованное взаимодействие представления с контроллером через AJAX-сценарии и POST-запросы.

Это стандартная схема, по которой работает MVC-приложение. Теперь давайте рассмотрим MVC с точки зрения организации архитектуры. MVC — это вариант нестрогой многоуровневой системы, где декомпозиция реализована за счет расслоения.

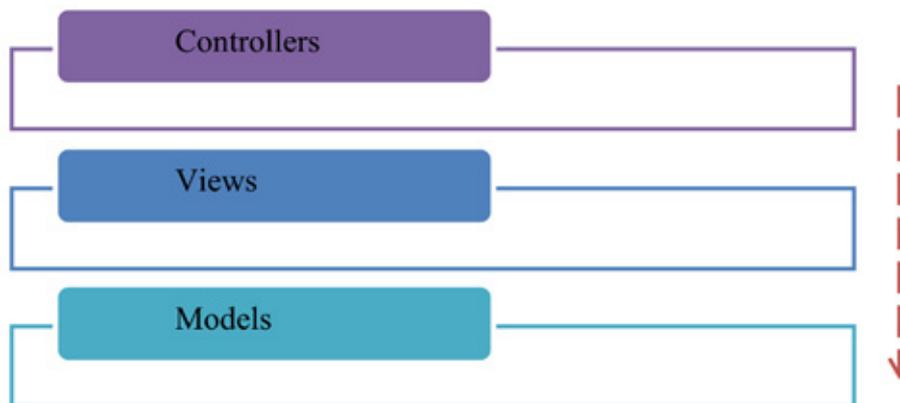


Рис. 2.

«Многоуровневая структура, наилучшим образом подходящая для УРОВНЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ ОБЯЗАННОСТЕЙ (RESPONSIBILITY LAYERS), называется НЕСТРОГОЙ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМОЙ (RELAXED LAYERED SYSTEM). В ней компонентам того или иного уровня разрешается обращаться к любым нижним уровням, а не только к тому, который расположен сразу под ними» [1].

Верхние уровни могут использовать программные компоненты, расположенные ниже, нижние не могут обращаться к верхним, они вообще не должны ничего о них знать. Таким образом, базовым элементом такой архитектуры является модель или точнее модели, что отображено на рисунке (уровень Models).

Здесь нужно сделать ряд важных уточнений. Хотя вышестоящие уровни могут в полной мере управлять нижестоящими программными компонентами, в некоторых случаях на эти взаимосвязи накладываются ограничения. В современных MVC-фреймворках модели связаны с базой данных с помощью ORM (object-relational mapping) решений, которые основаны на Active Record и Data Mapper шаблонах.

**Active Record.** «Объект, выполняющий роль оболочки для строки таблицы или представления базы данных. Он инкапсулирует доступ к базе данных и добавляет к данным логику домена. Как правило, типовое решение активная запись включает в себя методы, предназначенные для выполнения следующих операций: создание экземпляра активной записи на основе строки, полученной в результате выполнения SQL-запроса; создание нового экземпляра активной записи для последующей вставки в таблицу; статические методы поиска, выполняющие стандартные SQL-запросы и возвращающие активные записи; обновление базы данных и вставка в нее данных из активной записи; реализация некоторых фрагментов бизнес-логики» [2].

**Data Mapper.** «Типовое решение преобразователь данных представляет собой слой программного обеспечения, которое отделяет объекты, расположенные в оперативной памяти, от базы данных. В функции преобразователя данных входит передача данных между объектами и базой данных и изоляция их друг от друга [2].

Обычно в фреймворке реализовано какое-то одно решение, например, в Yii и Laravel используется Active Record, в ASP.NET MVC—Data Mapper. Использование того или иного решения определяет специфику работы с источником данных. В случае Active Record мы можем обращаться к БД напрямую (через ORM-прослойку), а при использовании Data Mapper через объекты-посредники. В рамках данной статьи мы ограничимся рассмотрением специфики использования Active Record.

В Yii2 доступ к базе может выглядеть следующим образом:

```
$post = Post::findOne (15);
```

Хотя мы абстрагируемся от таблицы и SQL-запроса, но все равно суть операции не меняется — мы обращаемся к базе данных, а метод findOne — это обертка для запроса:

```
SELECT * FROM post WHERE id = 15
```

С точки зрения разделения ответственности уровней такие операции в представлении не совсем уместны. Объектно-ориентированное проектирование декларирует, что объект, который умеет или знает слишком много — плохой объект. Смысл существования представлений в том, чтобы отображать данные, а не заниматься их поиском или извлечением из БД. Таким образом, запрос на получение данных предпочтительнее инициировать в контроллере, а в представлении передавать уже полученные данные, например:

```
public function actionView ($id) {
    $post = Post::findOne ($id);
    return $this->render ('view', ['post' => $post]);
}
```

Однако смысл Active Record заключается в том, что в модели инкапсулирована бизнес-логика и методы доступа к источнику данных. Было бы странно игнорировать преимущества данного шаблона, которые, впрочем, некоторые специалисты относят к недостаткам, т. к. нарушается принцип единичной ответственности (модель отвечает не только за бизнес-логику, но и за работу с БД).

В том же Yii2 легко реализовать отображение табличной агрегации на объектную, например:

```
public function getUser () {
    return $this->hasOne (User::className (), ['id' => 'responsible_id']);
}
```

Этот метод реализован в классе Project, responsible\_id — атрибут (а также поле в таблице), который указывает идентификатор пользователя отвечающего за проект. Здесь получается связь многие к одному (один пользователь может отвечать за несколько проектов). Обращение \$project->user дает объект User, связанный с данным проектом (происходит вызов getUser):

```
$user = $project->user;
```

Данный код эквивалентен вызову запроса:

```
SELECT * FROM user WHERE id =?
```

Если в представлении мы используем что-то вроде:

```
<p>$project->user->name</p>
```

То есть, по сути, мы обращаемся к базе данных. Более того, даже если мы передали объект user в представление, то совсем не обязательно, что данные из базы уже получены. Если ORM реализует Lazy Load [2], а чаще всего он ее реализует, то лишь непосредственное обращение к полям объекта будет генерировать SQL-запрос.

Таким образом, получается двоякая ситуация: с одной стороны желательно ограничить доступ представления к БД, а с другой — ORM предоставляет гибкие и эффективные надстройки над БД, которыми можно и нужно пользоваться.

При решении этой дилеммы стоит учитывать следующие соображения. Как минимум, стоит ограничить доступ к базе чтением. Манипуляция данными модели и их запись в базу данных непосредственно в представлении — грубейшее нарушение принципа разделения ответственности, что ведет к запутанному и трудно модифицируемому коду.

Чтение данных из базы также стоит ограничить, рассмотрим две стратегии, которыми здесь можно руководствоваться.

**1. Семантическая стратегия** — свести к минимуму или полностью исключить все операции, явно отражающие в своей сигнатуре специфику обращения к БД.

С точки зрения данной стратегии такой запрос в представлении неприемлем:

```
$postponements = Postponement::find ()
- >andWhere ( ['type_id' => Postponement::TYPE_TASK])
- >andWhere ( ['object_id' => $task_id])
- >toArray ()
- >all ();
```

Здесь явная зависимость от БД, от специфики обращения к ней (пусть даже и средствами ORM). Однако тот же самый запрос, оформленный как метод модели, вполне приемлем:

```
class Task extends \yii\db\ActiveRecord
{
    public function getPostponements () {
        return Postponement::find ()
        - >andWhere ( ['type_id' => Postponement::TYPE_TASK])
        - >andWhere ( ['object_id' => $this->id])
        - >all ();
    }
    ...
}
```

Использование метода в представлении:

```
$postponements = $task->postponements;
```

Общая идея данной стратегии заключается в том, чтобы абстрагировать методы обращения к БД, скрыть их от представления. Представление оперирует моделью предметной области, ее концептуальным смыслом, а не техническими аспектами реализации. В вышеприведенном примере `$task->postponements` предоставляет переносы (записи о том, когда и кем были осуществлены переносы сроков выполнения задачи). Представление будет отображать информацию, но каким образом эта информация сформирована, представлению знать не нужно.

**2. Стратегия запросов** — свести к минимуму или полностью исключить все SQL-запросы к БД из представления. В рамках этой стратегии мы иницилируем все обращения к БД в контроллере и передаем полученные данные в представление, т. е. представление оперирует данными из оперативной памяти.

Если в представление передается коллекция объектов модели имеющей агрегированные данные, отражающие реляционную связь с другими моделями, то необходимо осуществить жадную загрузку (eager loading). Возможность такой загрузки реализована в современных ORM-решениях (и в Yii и в Laravel она есть).

Исключение всех операций из представления, иницилирующих SQL-запросы — это более строгий по сравнению с первой стратегией подход. Здесь мы следуем принципу единичной ответственности в представлении буквально: только отображение имеющихся данных и ничего сверх этого. Методы модели могут быть вызваны только в том случае, если они не генерируют SQL-запросы.

Помимо преимуществ чисто методологического плана (соблюдение принципа единичной ответственности) такой подход привлекателен с точки зрения управления кэшированием данных. В рамках этой стратегии все данные проходят через контроллер, что существенно облегчает проверку их наличия в кэше и сохранения, если данные отсутствуют. Альтернатива — переключивать эту работу на модель, что, естественно, не самая удачная идея, т. к. ответственность модели неоправданно расширяется. Кэширование же на уровне контроллера вполне естественно и органично.

Выбор той или иной стратегии (или их сочетание) — личное дело программиста. Каждый разработчик имеет свои предпочтения и говорить о том, что есть единственно правильный способ — не корректно. Есть решения, которые могут затруднить дальнейшее развитие проекта, но это в большей степени зависит от совокупности уже принятых решений, от сроков завершения проекта, его текущего прогресса и перспектив дальнейшего сопровождения. Немаловажную роль играет и общий командный стиль, выбранную стратегию должны разделять все члены команды. Усилия, направленные на поддержание чистоты архитектуры отдельным программистом могут быть легко нивелированы другими членами команды, не столько искушенными или щепетильными в методологическом плане.

## Литература:

1. Эванс, Э., Предметно-ориентированное проектирование (DDD): структуризация сложных программных систем [Текст]: пер. с англ./Э. Эванс — М.: Вильямс, 2011.
2. Фаулер, М., Архитектура корпоративных программных приложений [Текст]: пер. с англ./М. Фаулер — М.: Вильямс, 2006.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Практика обследования и усиления ячеистых плит покрытия

Абрашитов Валентин Султанович, кандидат технических наук, профессор;

Жуков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент;

Фадина Александра Александровна, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

С середины XX века одним из распространенных технических решений по устройству покрытия здания стало применение беспрогонных систем, состоящих из металлических ферм покрытия и плит из ячеистого бетона типа ГКП.

В ходе обследования главного корпуса одного из промышленных предприятий г. Пензы, построенного во второй половине XX века по каркасной технологии с внутренними несущими колоннами и покрытием, совмещенным с перекрытием, определено, что размеры здания составляют 288x72 м. Основными несущими элементами покрытия здания являются железобетонные преднапряженные подстропильные фермы для покрытий зданий пролетом 18 м с шагом стропильных ферм 6 м типа ПФ-1АШ по серии ПК-01—110/68 вып. 1; стропильные сборные железобетонные предварительно напряженные сегментные фермы пролетом 18 м типа ФС18—3П по серии ПК-01—129 вып. II; плиты покрытий из ячеистого бетона пролетом 6 м типа ГКП-IV по серии ПК-01—92. Плиты покрытия способны воспринимать расчетную нагрузку  $P=573$  кгс/м<sup>2</sup> и нормативную  $P^н=444$  кгс/м<sup>2</sup>. Размеры плиты 240x1490x5980 мм.

Плита покрытия имеет марку бетона М50 с объёмным весом  $g=700$  кгс/м<sup>3</sup>; вес плиты  $G=1819$  кгс; рабочая арматура выполнена из арматуры  $\varnothing 12$  мм из стали класса прочности А-II. Данные плиты покрытия из ячеистого бетона автоклавного твердения предназначены для покрытий из рулонных материалов цехов с относительной влажностью воздуха не более 60 %, при отсутствии агрессивной среды и шаге несущих конструкций — 6 м.

При освидетельствовании системы покрытия здания выявлено, что надёжность некоторых плит не соответствует нормативам, вследствие чего в беспрогонной системе возможно возникновение лавинообразного обрушения [1]. Кроме того, максимальный срок службы сборных покрытий, выполненных из плит типа ГКП, для промышленных предприятий определён нормами от 35 ... 40 лет. Безопасный срок эксплуатации для плит покрытия уже превышен или близок к предельному, поэтому состояние плит приближается к аварийному [2]. Одним из распространенных повреждений подобных плит является их периодическое замачивание. Вода способствует вымыванию связующего вещества, что в свою очередь нарушает адгезию ячеистого бетона и арматуры, и в результате расчётная схема такой плиты изменяется и целостность сечения фактически отсутствует.

В результате обследования был сделан вывод о том, что часть плит в количестве 10 штук необходимо усилить или заменить, так как их состояние оценено как предаварийное. Были отмечены плиты в количестве порядка 200 шт. требуют усиления в дальнейшем в связи с тем что их состояние оценено как ограниченно работоспособное. Все эти плиты находятся в местах наибольшего скопления снега — в ендовах и у парапетов.

Практика показывает, что наиболее уязвимыми узлами кровли являются ендовы, так как в процессе эксплуатации на них приходится высокие внешние и конструктивные нагрузки. Ендовы наиболее уязвимое место для протечки при скоплении на крыше снега и льда. Особое внимание необходимо уделять гидроизоляции всех стыков и швов в ендовах, что в процессе ремонтных и восстановительных работ практически не выполняется. Вследствие отсутствия качественного ремонта протечки кровли приводят к ситуации, когда для защиты помещения от влаги в ендовных частях покрытия каждый год монтируются все новые и новые слои водоизоляционного ковра, при этом в старых слоях скапливается влага, что суммарно приводит к увеличению нагрузки на кровлю и появлению ненормативных деформаций плит, достигающих до 4–6 см (рис 1).

Было выявлено, что по основному конструктивному элементу кровли плиты ГКП-IV уложено от 5 до 11 слоев рубероида на битумном мастике и слой стяжки из цементного песчаного раствора  $\delta = 40$  мм, шлака с  $\delta = 70$  мм, утеплителем из газобетона толщиной до 150 мм и пароизоляции из одного слоя пергамина. Для расчета сечения элементов плит покрытия произведем сбор нагрузок:



Рис. 1. Прогиб плит покрытия на величину до 60 мм

- расчетная нагрузка от снега —  $180 \text{ кгс/м}^2$ ;
- расчетная нагрузка от 11 слоев рубероида составляет:  $5 \times 11 \times 1,3 = 71,5 \text{ кгс/м}^2$ ;
- стяжка толщиной 40 мм:  $1800 \times 0,04 \times 1,3 = 93,6 \text{ кгс/м}^2$ ;
- засыпка из доменного шлака с  $\delta = 70 \text{ мм}$  и  $\gamma = 1000 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^3}$ :  
 $1000 \times 0,07 \times 1,3 = 91 \text{ кгс/м}^2$ ;
- утеплитель из газобетона с  $\delta = 150 \text{ мм}$  и  $\gamma = 500 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^3}$ :  
 $500 \times 0,15 \times 1,2 = 90 \text{ кгс/м}^2$ ;
- собственный вес плит покрытия:

$$\frac{1819}{1,49 \times 5,98} \times 1,2 = 245 \text{ кгс/м}^2.$$

В соответствие со СНиП 2.01.07–85\* нагрузки и воздействия коэффициент  $\mu$ , учитывающий образование снегового мешка, равен 2.

Тогда полная расчетная нагрузка на покрытия составит:

$$q_0 = 180 \times 2 + 71,5 + 93,6 + 91 + 90 + 245 = 951,1 \text{ кгс/м}^2.$$

Согласно типовой серии плита способна воспринимать нагрузку  $P=573 \text{ кгс/м}^2$ , что меньше  $951,1 \text{ кгс/м}^2$ . Следовательно, плиты покрытия в ендовах перегружены. Одним из вариантов усиления плит покрытия является подведение под них дополнительных металлических несущих конструктивных элементов. Произведём их расчёт исходя из того, что главными балками будут служить металлические швеллера по ГОСТ 8240–89 с объединением их металлическими распорками из уголков по ГОСТ 8509–93. Расчёт конструкций усиления производился в предположении, что адгезия арматуры и бетона нарушена и фактическое сечение плиты отсутствует, поэтому несущая способность самой плиты в расчет не принималась, а всю нагрузку воспринимает продольный швеллер и поперечные уголки.

Расчетную схему усиления можно представить в виде:

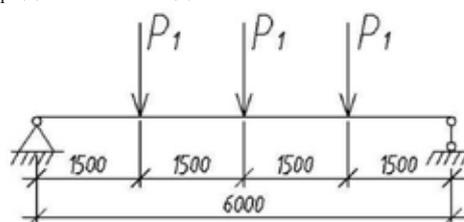


Рис. 2. Расчетная схема элемента усиления из швеллера

Поперечные уголки имеют погонную нагрузку при их шаге 1,5 м

$$q^n = 951,1 \times 1,5 = 1426,65 \text{ кгс/м}^2$$

$$M_{max} = \frac{1426,65 \cdot 1,5^2}{8} = 401,3 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

$$W_{np} = \frac{401,3 \cdot 100}{2350 \cdot 0,9} = 18,97 \text{ см}^3$$

Следовательно, поперечные уголки можно принять из L100x8 с  $W_x = 20,03 \text{ см}^3$ ;  $q_{c.в.} = 12,25 \text{ кгс/м}$ .

Опорная реакция от уголка составит:  $P_1 = \frac{1426,65 \cdot 1,5}{2} \approx 1070 \text{ кгс}$

Опорная реакция  $R_a = \frac{1070 \times 3}{2} = 1605 \text{ кгс}$ .

Тогда максимальный изгибающий момент составит:

$$M_{max} = 1605 \times 3 - 1070 \times 1,5 = 3210 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

$$W_{np} = \frac{3210 \cdot 100 \cdot 1,03}{2350 \cdot 0,9} = 156,3 \text{ см}^3,$$

где 1,03 — собственный вес швеллеров и уголков.

Продольные элементы, поддерживающие плиту принимаем из швеллера 20 с  $W_x = 152 \text{ см}^3$ ;  $I_x = 1520 \text{ см}^4$ ;  $q_{c.в.} = 18,4 \text{ кгс/м}$ .

Схема усиления плиты представлена на рис. 3.

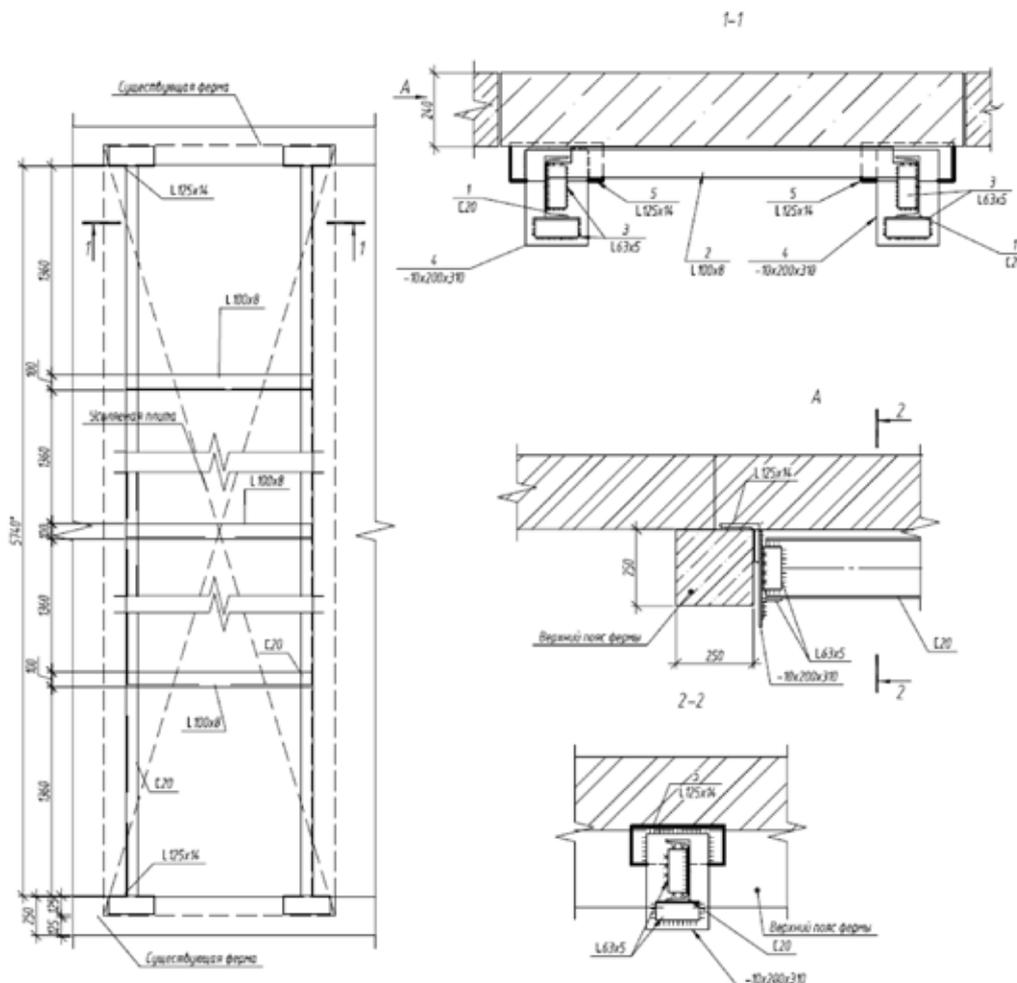


Рис. 3. Схема усиления плиты покрытия из ячеистого бетона

Усиление плиты предполагает монтаж уголка 124x14 в уровне низа плиты ГКП путем прорезания отверстия прямоугольной формы и задавливания внутрь уголка. Данный тип крепления выполняется по серии 1.400—10/76 при условии адаптации к железобетонным фермам. После монтажа уголка предусматривается монтаж пластины 10x200x310 с опорным стульчиком из уголка 63x5, на который будет смонтирован швеллер усиления плиты. После монтажа швеллера устраивается обвязка из поперечных уголков 100x8 с шагом 1,5 м. После монтажа всех элементов усиления конструкция швеллера и плиты расклинивается и тем самым включается в работу.

Таким образом, анализ результатов обследования и практики усиления ячеистых плит покрытия показывает, что техническое состояние плит покрытия, выполненных из ячеистого бетона, с течением времени становится хуже, при этом основным фактором, который данное состояние усугубляет, является некачественный ремонт кровельного ковра и, как следствие, многочисленные протечки покрытия. Основным узлом, который вызывает опасения с точки зрения нормальной эксплуатации, являются ендовные участки покрытия, на которые необходимо обратить особое внимание в процессе ремонта кровли.

Литература:

1. Нежданова, К. К., Жуков А. Н. Анализ состояния и причин обрушений строительных конструкций в промышленных зданиях // Региональная архитектура и строительство. 2011. № 1. с. 80—84.
2. Жуков, А. Н. Восстановление работоспособности смешанных каркасов зданий первого класса ответственности диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.01; [Место защиты: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства] — Пенза, 2013. — 201 с.

## Перспективная технология переработки растительного сырья на примере ядра кедрового ореха

Аванесян Елена Игоревна, аспирант;

Нициевская Ксения Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Мотовилов Олег Константинович, доктор технических наук, директор

Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственного сырья (г. Новосибирск)

*В статье приведены данные по исследованию влияния гидромеханического воздействия на микробиологические, физико-химические и органолептические показатели продукта. В качестве объекта исследования использованы ядра кедрового ореха. Оценка микробиологических показателей проводилась на соответствие требованиям безопасности продукции. Органолептическая оценка заключалась в формировании 5-балльной шкалы для проведения профильного анализа. Приведены расчеты по согласованности экспертов.*

**Ключевые слова:** гидромеханическое воздействие, ядра кедрового ореха.

При оценке перспективности того или иного источника биологически активных веществ следует учитывать в первую очередь — ресурсы и возобновляемость, стоимость продукции, в которую входят затраты на производство.

Во многих странах и в России ведутся разработки технологий пищевых продуктов с использованием растительных ингредиентов, а также способы обработки сырья методами технического аппаратного оснащения.

Для получения продуктов питания, в настоящее время значительное внимание уделяется разработке прогрессивных приёмов, технологий и высокопроизводительного оборудования с целью повышения эффективности переработки пищевого сырья с максимальным сохранением его нативных свойств. Современные экстракционные способы переработки ядра кедрового ореха осуществляются

с использованием токсичных растворителей, не позволяющих получить экологически безопасные продукты. Решение этой проблемы связано с изысканием новых путей переработки ядра кедрового ореха с целью получения экологически качественных продуктов с сохранением биологической ценности нативных компонентов.

Поэтому целью исследования является технологический способ переработки сырья, обеспечивающий интенсификацию производственного процесса.

Для выполнения поставленной цели необходимо определить растительное сырье, имеющее высокие физико-химические показатели и показатели безопасности для употребления продукта как в исходном виде, так и в процессе переработки. В соответствии с выбранными ресурсами, определить оптимальные режимы обработки сырья с сохранением нативных свойств гомогенизированного продукта.

Объектами исследования являются ядра кедрового ореха (*Pinus sibiric*) и концентрат из ядра кедрового ореха.

Методы исследования разделены на теоретические, полученные с помощью анализа литературной и патентной информации, и экспериментальные.

Проанализированы отечественная информация по особенностям кавитационного воздействия при производстве продуктов питания; изучен химический состав сырья..

Экспериментальные данные основаны на принципах гидромеханического воздействия.

Показатели безопасности продукции оценивались на соответствие требованиям:

ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [1]. Микробиологические испытания проведены в лаборатории микологического и бактериологического анализа пищевых продуктов ФГБНУ СибНИТИП (лицензия №54. Нс. 11.001. Л. 000054.06.09). Исследования осуществлялись согласно по следующим показателям: КМАФАнМ

(ГОСТ 10444.15–94 [2]); *Salmonella* (30519–97/ГОСТ Р 52814–2007 [3]); Бактерии группы кишечных палочек (ГОСТ 52816–2007 [4]); Дрожжи и плесневые грибы

(ГОСТ 10444.12–88 [5]).

#### Результаты исследований.

Предложенный способ переработки растительного сырья посредством сил кавитации применялся для обработки плодово-ягодного сырья [6, с. 91], бобовых и зернобобовых культур [7, с. 9]. Полученные продукты, в сравнение с исходным сырьем, по физико-химическим показателям сохраняли свои нативные свойства.

В результате обработки данных эксперимента. По физико-химическим показателям отмечено различие между ядрами кедрового ореха и концентратом, полученным на их основе, в пересчете влажности продукта (в 17 раз увеличение в концентрате, за счет технологии производства) и массовой доли жира (снижение в 2 раза в концентрате). При переработке ядра кедрового ореха, основанной на принципах гидромеханического воздействия, получаем продукт с промежуточной влажностью, по содержанию жира 28 % (с исходным в ядре 54 % [8, с. 70]).

Физико-химические исследования образцов проводились в испытательном центре «Сибирь-тест» (Национальный исследовательский томский политехнический институт общество с ограниченной ответственностью «СИБТЕСТ» рег. РОСС RU. 0001.21AB16) приведены в таблице 1.

Из данных таблицы 4, по содержанию аминокислот пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая снижается в среднем на 0,3%, однако, пиноленовая и линоленовая в процентном выражении увеличились на 0,1%.

Повышение активной влажности, обуславливает снижение лаг-фазы и развитие микроорганизмов.

Несмотря на низкую влажность, отмечена зараженность микроорганизмами КМАФАнМ и БГКП. При обработке сырья, под воздействием гидромеханического диспергирования, микробиота концентрата, при достижении температурного режима 60°C, по оценке показателя КМАФАнМ (КОЕ/г) при сроке хранения 0 суток, снизилась с  $4,9 \times 10^3$  в ядре до 0 в концентрате, «Плесени и дрожжи» (КОЕ/г) с  $4,9 \times 10^2$  в ядре и до 0 в концентрате (рис. 1).

Таблица 1. Физико-химические показатели кедрового ореха и продуктов его переработки

| №                         | Показатель                       | Вид продукта |            |
|---------------------------|----------------------------------|--------------|------------|
|                           |                                  | ядро         | концентрат |
| 1                         | Общая влага, %                   | 2,08         | 34,50      |
| 2                         | Белок, %                         | 16,76        | 11,23      |
| 3                         | Жир, %                           | 55,0         | 28,63      |
| 4                         | Зола, %                          | 2,23         | 1,51       |
| 5                         | Кальций, мг                      | 29           | 29         |
| 6                         | Фосфор, мг                       | 490          | 330        |
| Жирно-кислотный состав, % |                                  |              |            |
| 7                         | Пальмитиновая                    | 4,4          | 4,1        |
| 8                         | Стеариновая                      | 2,8          | 2,9        |
| 9                         | Олеиновая                        | 25,3         | 24,3       |
| 10                        | Линолевая                        | 44,1         | 43,6       |
| 11                        | Пиноленовая                      | 1,7          | 2,4        |
| 12                        | Линоленовая                      | 19,3         | 20,5       |
| 13                        | Эйкозеновая                      | 1,7          | 1,2        |
| 14                        | Арахидиновая                     | 0,7          | 1,0        |
| 15                        | Сумма насыщенных жирных кислот   | 7,9          | 8,0        |
| 16                        | Сумма ненасыщенных жирных кислот | 92,1         | 92,0       |

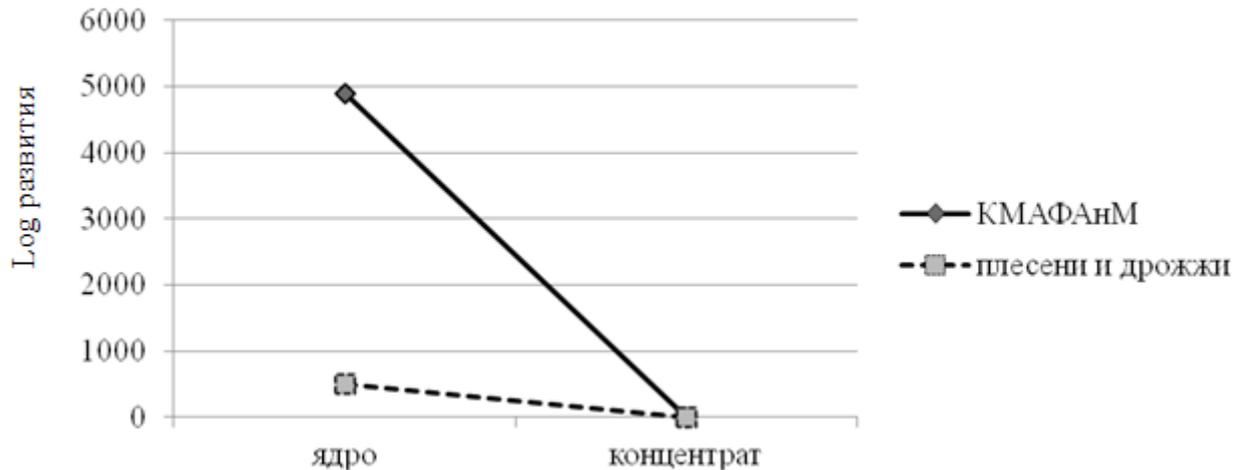


Рис. 1. Микробиологические показатели ядра кедрового ореха и пастообразного концентрата

Микробиологическая безопасность концентрата соответствует требованиям ТС ТР 021/2011 [1], что согласуется с СанПиН 2.3.2.1078–01 [9] по показателям количества МАФАнМ, БГКП, *E. coli.*, *Salmonella*, плесени и дрожжи.

Обработка сырья гидромеханическим диспергированием, с точки зрения органолептических показателей, характеризует продукт с выраженным запахом кедрового ореха, приятным ореховым вкусом, кремовым цветом и устойчивой к расслоению сметанообразной консистенцией. Органолептическая оценка продукта проводилась с помощью профильного анализа, на основе разработанной 5 — балловой шкалы. Согласованность экспертов

рассчитана квалитетрическим методом, с расчетом коэффициента конкордации. Мнения экспертов признаются окончательно согласованными, с долей вероятности 95,5% (с уровнем значимости 0,05) [10, с. 212].

При гидромеханическом способе обработки ядра кедрового ореха наблюдается одновременно с гомогенизацией продукта и его стерилизация.

#### Выводы

Таким образом, гидромеханическое воздействие на сырье, способствует получению гомогенизированных седиментационноустойчивых систем, с соответствующими требованиями нормативной документации показателями безопасности пищевого продукта.

#### Литература:

1. ТС ТР 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», 2011. — 242 с.
2. ГОСТ 10444.15–94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. — М.: Стандартинформ, 2010. — 7 с.
3. ГОСТ 30519–97/ГОСТ Р 52814–2007. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. — М.: Стандартинформ, 2010. — 20 с.
4. ГОСТ 52816–2007. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). — М.: Стандартинформ, 2010. — 16 с.
5. ГОСТ 10444.12–88. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов. — М.: Стандартинформ, 2010. — 7 с.
6. Архипова, Т.Н. Прогрессивные способы переработки плодов и овощей с помощью ультразвука/Т.Н. Архипова, С.Н. Хабаров, О.К. Мотовилов и др. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. — 2007. — №2. — С. 90–91.
7. Нициевская, К.Н. Разработки и товароведная оценка мясных зраз с использованием растительных пастообразных концентратов из семян амаранта и люпина: автореф. дис. канд. техн. наук.: 05.18.15/Нициевская Ксения Николаевна — Кемерово, 2012. — 20 с.
8. Цапалова, И. Э. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений качество и безопасность/И.Э. Цапалова, М.Д. Губина, О.В. Голуб. — Новосибирск, 2005. — 213 с.
9. СанПиН 2.3.2. 1078–01 Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М., 2002. — 216 с
10. Аванесян, Е.И. Разработка технологии пастообразного концентрата на основе ядра кедрового ореха/Е.И. Аванесян, О.К. Мотовилов, К.Н. Нициевская// Вестник КрасГАУ. — 2014. — с. 210–213

## Зависимости производительности процесса получения нихромовых порошков в водной среде от электрических параметров установки электроэрозионного диспергирования

Агеева Екатерина Владимировна, кандидат технических наук, доцент;

Зубарев Михаил Александрович, студент;

Мезенов Юрий Анатольевич, студент

Юго-Западный государственный университет (г. Курск)

*Ключевые слова:* электроэрозионное диспергирование, отходы нихрома, порошок, схема процесса

Нихромовые сплавы применяются для изготовления нагревательных элементов электрических печей и бытовых приборов; кроме того, они используются для изготовления деталей, работающих при высокой температуре в условиях малых нагрузок. Он имеет повышенную жаропрочность, крипоустойчивость, пластичность, хорошо держит форму. Нихром — дорогостоящий сплав, но, учитывая его долговечность и надёжность, цена не представляется чрезмерной. Одним из перспективных методов получения порошка, практически из любого токопроводящего материала, отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД). В случае использования нихромовых порошков, полученных методом ЭЭД, в качестве добавок при нанесении защитного слоя на другие поверхности, можно другому материалу также придать всю ту устойчивость, которой обладает сам исходный никель-хромовый сплав. [1, 2]

Для получения порошка из отходов нихрома методом электроэрозионного диспергирования использовали установку для ЭЭД токопроводящих материалов (рис. 1) [3–5], в качестве исходного сырья отработанную нихромовую проволоку из нагревательных элементов.

Отходы нихрома загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью — дистиллированной водой, процесс проводили при следующих электрических параметрах: емкость разрядных конденсаторов 4,5–23,5 мкФ, напряжение 100 ... 200 В, частота следования импульсов 105 Гц. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение материала отходов с образованием дисперсных частиц порошка. Процесс электроэрозионного диспергирования проводили в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.

На рисунках 3–4 представлены зависимости производительности процесса от электрических параметров установки ЭЭД.

Экспериментально установлены практически прямо пропорциональные зависимости производительности процесса от емкости разрядных конденсаторов и напряжения на электродах реактора. Установлено, что для получения порошков заданных размеров наиболее целесообразно изменять емкость разрядных конденсаторов и (или) напряжение на электродах реактора, которое напрямую зависит от напряжения питания установки ЭЭД (генератора импульсов), а остальные параметры оставлять постоянными.

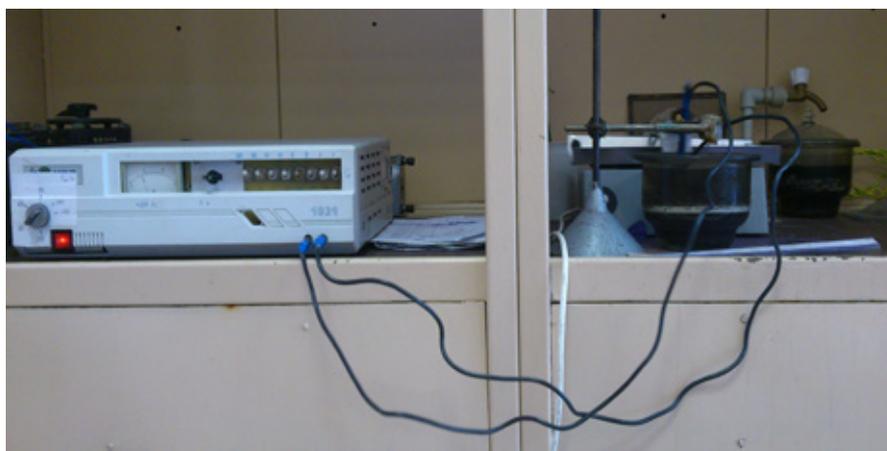


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки ЭЭД

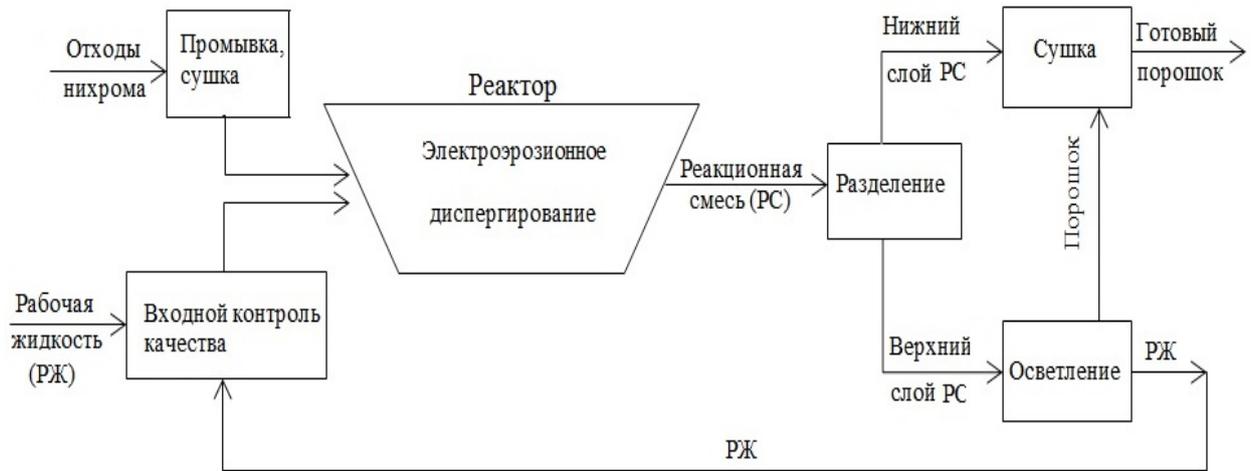


Рис. 2. Схема проведения процесса ЭЭД отходов никрома

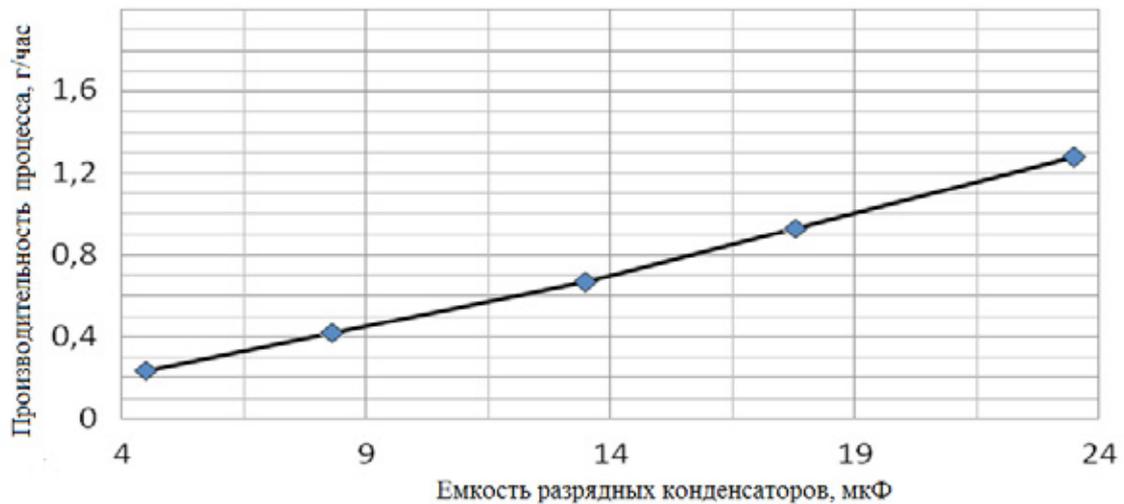


Рис. 3. Тенденция роста производительности процесса ЭЭД отходов никрома при увеличении емкости разрядных конденсаторов (напряжение 150 В, частота 105 Гц)

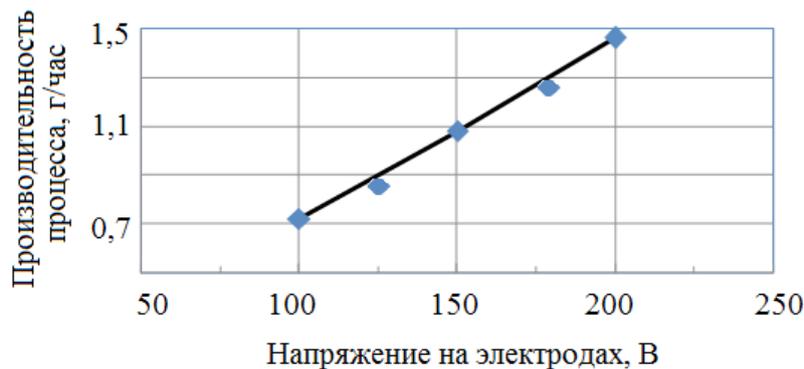


Рис. 4. Тенденция роста производительности процесса ЭЭД отходов никрома в воде при увеличении напряжения (емкость конденсаторов 23,5 мкФ, частота 105 Гц)

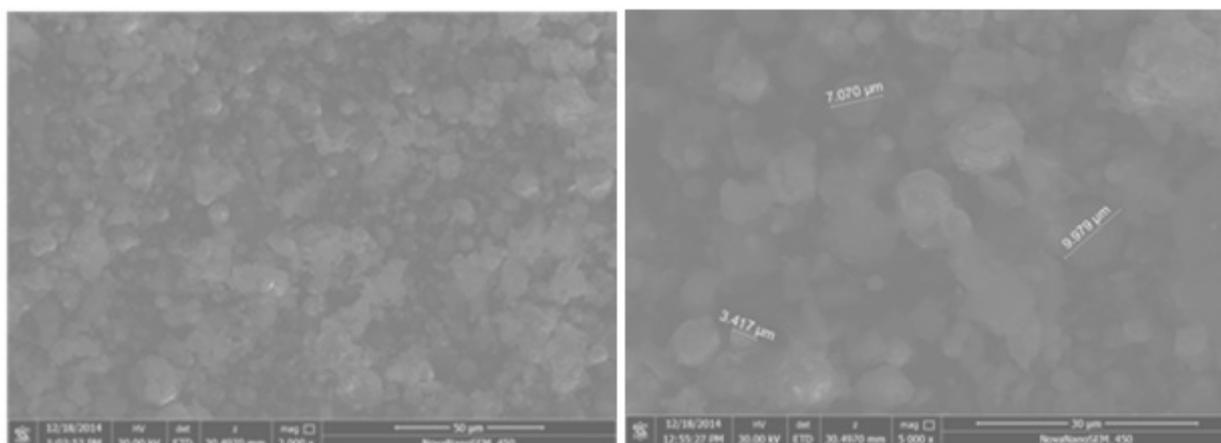


Рис. 5. Снимки с растрового электронного микроскопа частиц электроэрозионного порошка, полученного из отходов нихрома

Порошки, полученные в соответствии с приведенной схемой, подвергаются аттестации, из данных представленных на рисунке 5 видно, что частицы порошка являются мелкодисперсными и имеют в основном сферическую форму.

Гранулометрическим анализом образцов порошка, полученного из отходов нихрома, установлено, что средний размер частиц составляет 23,86 мкм.

Рентгеноспектральный микроанализ позволил определить элементный состав микрообъектов частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов нихрома по возбуждаемому в них характеристиче-

скому рентгеновскому излучению. Установлено, что основными элементами в порошке, полученном методом электроэрозионного диспергирования никель-хромового сплава в дистиллированной воде, являются кислород, железо, никель и хром.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что порошки из нихромового сплава, полученные методом электроэрозионного диспергирования, могут применяться в качестве электродного материала для упрочнения инструмента электроискровым легированием, а также в композиционных гальванических покрытиях.

#### Литература:

1. Агеева, Е.В. Конструкционные материалы, используемые в машиностроении/Е.В. Агеева, А.А. Горохов — Курск: Университетская книга. — 2014. — 130 с.
2. Агеева, Е.В. Повышение качества ремонта и восстановления деталей современных транспортных систем/Е.В. Агеева, Е.В. Агеев // Известия ТулГУ. Серия: Технические науки. — 2011. — Вып. №3. — с. 503–509.
3. Патент 2449859, Российская Федерация, С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов/Агеев Е. В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. — №2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. — 4 с.
4. Агеев, Е.В. Разработка оборудования и технологии для получения порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов, пригодных к промышленному использованию/Е.В. Агеев, Е.В. Агеева // Вестник машиностроения. — 2013. — №11. — с. 51–57.
5. Агеев, Е.В. Определение основных закономерностей процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования/Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, А.С. Чернов, Г.С. Маслов, Е.И. Паршина // Известия ЮЗГУ. — 2013. — №2. — Ч. 1 — с. 85–90.

## Солнечная энергия и ее использование

Аль-Ани омар Абед Альнасер, магистратура

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

### Введение

Солнце играет исключительную роль в жизни Земли. Весь органический мир нашей планеты обязан Солнцу своим существованием. Солнце — это не только источник света и тепла, но и первоначальный источник многих других видов энергии (энергии нефти, угля, воды, ветра).

С момента появления на земле человек начал использовать энергию солнца. По археологическим данным известно, что для жилья предпочтение отдавали тихим, закрытым от холодных ветров и открытым солнечным лучам местам.

Пожалуй, первой известной гелиосистемой можно считать статую Аменхотепа III, относящуюся к XV веку до н. э. Внутри статуи располагалась система воздушных и водяных камер, которые под солнечными лучами приводили в движение спрятанный музыкальный инструмент. В Древней Греции поклонялись Гелиосу. Имя этого бога сегодня легло в основу многих терминов, связанных с солнечной энергетикой.

Проблема обеспечения электрической энергией многих отраслей мирового хозяйства, постоянно растущих потребностей населения Земли становится сейчас все более насущной [1].

### Использование солнечной энергии

Солнечная радиация может быть преобразована в полезную энергию, используя так называемые активные и пассивные солнечные системы. Пассивные системы получают с помощью проектирования зданий и подбора строительных материалов таким образом, чтобы максимально использовать энергию Солнца. К активным солнечным системам относятся солнечные коллекторы. Также в настоящее время ведутся разработки фотоэлектрических систем — это системы, которые преобразовывают солнечную радиацию непосредственно в электричество.

Энергия — это движущая сила любого производства. Тот факт, что в распоряжении человека оказалось большое количество относительно дешевой энергии, в значительной степени способствовало индустриализации и развитию общества.

### Пассивное использование солнечной энергии

Пассивные солнечные здания — это те, проект которых разработан с максимальным учетом местных климатических условий, и где применяются соответствующие технологии и материалы для обогрева, охлаждения и ос-

вещения здания за счет энергии Солнца. К ним относятся традиционные строительные технологии и материалы, такие как изоляция, массивные полы, обращенные к югу окна. Такие жилые помещения могут быть построены в некоторых случаях без дополнительных затрат. В других случаях возникшие при строительстве дополнительные расходы могут быть скомпенсированы снижением энергозатрат. Пассивные солнечные здания являются экологически чистыми, они способствуют созданию энергетически независимости и энергетически сбалансированному будущему [2].

### 1 Активное использование солнечной энергии

Активное использование солнечной энергии осуществляется с помощью солнечных коллекторов и солнечных систем.

#### 1.1 Солнечные коллекторы и их виды

В основе многих солнечных энергетических систем лежит применение солнечных коллекторов. Коллектор поглощает световую энергию Солнца и преобразует ее в тепло, которое передается теплоносителю (жидкости или воздуху) и затем используется для обогрева зданий, нагрева воды, производства электричества, сушки сельскохозяйственной продукции или приготовления пищи. Солнечные коллекторы могут применяться практически во всех процессах, использующих тепло.

Технология изготовления солнечных коллекторов достигла практически современного уровня в 1908 году, когда Вильям Бейли из американской «Carnegie Steel Company» изобрел коллектор с теплоизолированным корпусом и медными трубками. Этот коллектор весьма походил на современную термосифонную систему. К концу первой мировой войны Бейли продал 4000 таких коллекторов, а бизнесмен из Флориды, купивший у него патент, к 1941 году продал почти 60000 коллекторов.

Типичный солнечный коллектор накапливает солнечную энергию в установленных на крыше здания модулях трубок и металлических пластин, окрашенных в черный цвет для максимального поглощения радиации. Они заключены в стеклянный или пластмассовый корпус и наклонены к югу, чтобы улавливать максимум солнечного света. Таким образом, коллектор представляет собой миниатюрную теплицу, накапливающую тепло под стеклянной панелью. Поскольку солнечная радиация распределена по поверхности, коллектор должен иметь большую площадь.

Существуют солнечные коллекторы различных размеров и конструкций в зависимости от их применения. Они могут обеспечивать хозяйство горячей водой

для стирки, мытья и приготовления пищи, либо использоваться для предварительного нагрева воды для существующих водонагревателей. В настоящее время рынок предлагает множество различных моделей коллекторов.

#### Интегрированный коллектор

Простейший вид солнечного коллектора — это «емкостной» или «термосифонный коллектор», получивший это название потому, что коллектор одновременно является и теплоаккумулирующим баком, в котором нагревается и хранится «одноразовая» порция воды. Такие коллекторы используются для предварительного нагрева воды, которая затем нагревается до нужной температуры в традиционных установках, например, в газовых колонках. В условиях домашнего хозяйства предварительно подогретая вода поступает в бак-накопитель. Благодаря этому снижается потребление энергии на последующий ее нагрев. Такой коллектор — недорогая альтернатива активной солнечной водонагревательной системе, не использующая движущихся частей (насосов), требующая минимального техобслуживания, с нулевыми эксплуатационными расходами.

#### Плоские коллекторы

Плоские коллекторы — самый распространенный вид солнечных коллекторов, используемых в бытовых водонагревательных и отопительных системах. Обычно этот коллектор представляет собой теплоизолированный металлический ящик со стеклянной либо пластмассовой крышкой, в который помещена окрашенная в черный цвет пластина абсорбера (поглотителя). Остекление может быть прозрачным либо матовым. В плоских коллекторах обычно используется матовое, пропускающее только свет, стекло с низким содержанием железа (оно пропускает значительную часть поступающего на коллектор солнечного света). Солнечный свет попадает на тепловоспринимающую пластину, а благодаря остеклению снижаются потери тепла. Дно и боковые стенки коллектора покрывают теплоизолирующим материалом, что еще больше сокращает тепловые потери [3].

#### 1.2 Солнечные системы

Солнечные системы горячего водоснабжения

Горячее водоснабжение — наиболее распространенный вид прямого применения солнечной энергии. Типичная установка состоит из одного или более коллекторов, в которых жидкость нагревается на солнце, а также бака для хранения горячей воды, нагретой посредством жидкости-теплоносителя. Даже в регионах с относительно небольшим количеством солнечной радиации, например в Северной Европе, солнечная система может обеспечить 50–70% потребности в горячей воде. Больше получить невозможно, разве что с помощью сезонного регулирования. В Южной Европе солнечный коллектор может обеспечить 70–90% потребляемой горячей воды. Нагрев воды с помощью энергии Солнца — очень практичный и экономный способ. В то время, как фотоэлектрические системы достигают эффективности 10–15%, тепловые солнечные системы показывают КПД 50–90%. В соче-

тании с деревосжигающими печами бытовую потребность в горячей воде можно удовлетворять практически круглый год без применения ископаемых видов топлива.

#### Термосифонные солнечные системы

Термосифонными называются солнечные водонагревательные системы с естественной циркуляцией (конвекцией) теплоносителя, которые используются в условиях теплой зимы (при отсутствии морозов). В целом это не самые эффективные из солнечных энергосистем, но они имеют много преимуществ с точки зрения строительства жилья. Термосифонная циркуляция теплоносителя происходит благодаря изменению плотности воды с изменением ее температуры. Термосифонная система делится на три основные части:

- плоский коллектор (абсорбер);
- трубопроводы;
- Бак-накопитель для горячей воды (бойлер).

Когда вода в коллекторе (обычно в плоском) нагревается, она поднимается по стояку и поступает в бак-накопитель; на ее место в коллектор со дна бака-накопителя поступает холодная вода. Поэтому необходимо располагать коллектор ниже бака-накопителя и утеплять соединительные трубы [4].

#### 1.3 Солнечные тепловые электростанции

В дополнение к прямому использованию солнечного тепла, в регионах с высоким уровнем солнечной радиации ее можно использовать для получения пара, который вращает турбину и вырабатывает электроэнергию. Производство солнечной тепловой электроэнергии в крупных масштабах достаточно конкурентоспособно. Промышленное применение этой технологии берет свое начало в 1980-х; с тех пор эта отрасль быстро развивалась. В настоящее время энергокомпаниями США уже установлено более 400 мегаватт солнечных тепловых электростанций, которые обеспечивают электричеством 350000 человек и замещают эквивалент 2,3 млн. баррелей нефти в год. Девять электростанций, расположенных в пустыне Мохаве (в американском штате Калифорния) имеют 354 МВт установленной мощности и накопили 100 лет опыта промышленной эксплуатации. Эта технология является настолько развитой, что, по официальным сведениям, может соперничать с традиционными электрогенерирующими технологиями во многих районах США. В других регионах мира также скоро должны быть начаты проекты по использованию солнечного тепла для выработки электроэнергии. Индия, Египет, Марокко и Мексика разрабатывают соответствующие программы, гранты для их финансирования предоставляет Глобальная программа защиты окружающей среды (GEF). В Греции, Испании и США новые проекты разрабатываются независимыми производителями электроэнергии.

Большие зеркала — с точечным либо линейным фокусом — концентрируют солнечные лучи до такой степени, что вода превращается в пар, выделяя при этом достаточно энергии для того, чтобы вращать турбину. Фирма «Luz Corp». установила огромные поля таких зеркал в ка-

лифорнийской пустыне. Они производят 354 МВт электроэнергии. Эти системы могут превращать солнечную энергию в электричество с КПД около 15%.

Существуют следующие виды солнечных концентраторов:

1. Солнечные параболические концентраторы
2. Солнечная установка тарельчатого типа
3. Солнечные электростанции башенного типа с центральным приемником [5].

### Заключение

В настоящее время используется лишь ничтожная часть солнечной энергии из-за того, что существующие солнечные батареи имеют сравнительно низкий коэффициент полезного действия и очень дороги в производстве. Однако не следует сразу отказываться от практически не-

истощимого источника чистой энергии: по утверждениям специалистов, гелиоэнергетика могла бы одна покрыть все мыслимые потребности человечества в энергии на тысячи лет вперед. Возможно, также повысить КПД гелиоустановок в несколько раз, а разместив их на крышах домов и рядом с ними, мы обеспечим обогрев жилья, подогрев воды и работу бытовых электроприборов даже в умеренных широтах, не говоря уже о тропиках. Для нужд промышленности, требующих больших затрат энергии, можно использовать километровые пустыри и пустыни, сплошь уставленные мощными гелиоустановками. Но перед гелиоэнергетикой встает множество трудностей с сооружением, размещением и эксплуатацией гелиоэнергетических установок на тысячах квадратных километров земной поверхности. Поэтому общий удельный вес гелиоэнергетики был и останется довольно скромным, по крайней мере, в обозримом будущем.

### Литература:

1. Поиски жизни в Солнечной системе: Перевод с английского. М.: Мир, 1998 г.
2. Жуков, Г. Ф. Общая теория энергии. // М: 1995., с. 11–25
3. Видяпин, В. И., Журавлева Г. П. Физика. Общая теория. // М: 2005, с. 166–174
4. Дагаев, М. М. Астрофизика. // М: 2007.
5. Тимошкин, С. Е. Солнечная энергетика и солнечные батареи. М., 2009.

## Атомные электростанции

Аль Бермани Али Гашним, магистрант

Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

**А**томная электростанция (АЭС) — электростанция, в которой атомная (ядерная) энергия преобразуется в электрическую. Генератором энергии на АЭС является атомный реактор. Тепло, которое выделяется в реакторе в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжёлых элементов, затем так же, как и на обычных тепловых электростанциях (ТЭС), преобразуется в электроэнергию. В отличие от ТЭС, работающих на органическом топливе, АЭС работает на ядерном горючем (в основе  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ). Установлено, что мировые энергетические ресурсы ядерного горючего (уран, плутоний и др.) существенно превышают энергоресурсы природных запасов органического топлива (нефть, уголь, природный газ и др.). Это открывает широкие перспективы для удовлетворения быстро растущих потребностей в топливе. Кроме того, необходимо учитывать всё увеличивающийся объём потребления угля и нефти для технологических целей мировой химической промышленности, которая становится серьёзным конкурентом тепловых электростанций. Несмотря на открытие новых месторождений органического топлива и совершенствование способов его добычи, в мире наблюдается тенденция к относительному, увели-

чению его стоимости. Это создаёт наиболее тяжёлые условия для стран, имеющих ограниченные запасы топлива органического происхождения. Очевидна необходимость быстрее развития атомной энергетике, которая уже занимает заметное место в энергетическом балансе ряда промышленных стран мира [1].

### I. Атомные электростанции

#### 1.1. Типы атомных электростанций

На атомных электростанциях, так же как и на электростанциях, работающих на органическом топливе (ТЭС), осуществляется процесс превращения энергии, содержащейся в рабочей среде (паре), в электрическую. Различие между процессами, происходящими на АЭС и ТЭС, состоит лишь в том, что в одном случае используется энергия, выделяющаяся при распаде тяжелых элементов (применяемых в качестве топлива), а другом — при горении органического топлива.

Атомные станции могут быть конденсационными электростанциями (АКЭС) и теплоэлектроцентралями (АТЭЦ). Они составляют основу подавляющего большин-

ства ныне действующих АЭС в странах бывшего СССР. Атомная энергия может использоваться также и только для целей теплоснабжения: атомные станции промышленного теплоснабжения (АСТП). Такие станции уже имеются в ряде стран дальнего зарубежья. Разработка АСТП в период существования СССР явилось весьма специфическим этапом в развитии ядерной энергетики, поскольку был осуществлен принципиально новый подход в обеспечении безопасности АЭС.

Топливом для АЭС является ядерное топливо, содержащееся в твэлах, представляющих из себя тепловыделяющие сборки (ТВС). Для современных мощных реакторов загрузка составляет от 40 до 190 тонн. Особенность процесса в том, что масса выгружаемых после отработки определенного срока ТВС такая же, как и масса свежезагружаемых. Происходит лишь частичная замена ядерного горючего на продукты деления. Выгружаемое из реактора топливо имеет все еще значительную ценность. Поэтому для АЭС расход ядерного горючего не является характерной величиной, а степень использования внутриядерной энергии характеризуется глубиной выгорания [2].

Принципиально возможны многочисленные типы ядерных реакторов. Однако практически целесообразных конструкций не так много. В таблице 1 показаны целесообразные (+) и нецелесообразные (-) сочетания замедлителя и теплоносителя.

Все реакторы можно классифицировать по назначению:

- энергетические (основное требование к экономичности термодинамического цикла);
- исследовательские (пучки нейтронов с определенной энергией);
- транспортные (компактность, маневренность);
- промышленные (для наработки плутония, низкотемпературные, работают в форсированном режиме);
- многоцелевые (например, для выработки электроэнергии и опреснения морской воды);
- виду замедлителя
  - легководные (наиболее компактны);
  - графитовые (в расчете на единицу мощности имеют наибольшие размеры);
  - тяжеловодные (несколько меньших размеров по сравнению с графитовыми);
  - виду теплоносителя
    - легководные (наиболее распространенные);
    - газоохлаждаемые (также широко распространены);

- тяжеловодные (редко применяемые и только там, где замедлитель тоже тяжелая вода);

- жидкометаллические (в реакторах на быстрых нейтронах);

- энергетическому спектру нейтронов

- на тепловых нейтронах (наиболее освоенные, требуют наименьшей удельной загрузки ядерного топлива по делящемуся изотопу);

- на быстрых нейтронах (так называемые «быстрые реакторы» предназначены также и для воспроизводства ядерного топлива);

- на промежуточных нейтронах (только в специальных исследовательских установках);

- структуре активной зоны

- гетерогенные (все работающие в настоящее время реакторы);

- гомогенные (пока находятся в стадии исследования и отдельных опытных образцов).

Особенность современной ядерной энергетики — использование реакторов на тепловых нейтронах, то есть применение урана, обогащенного по  $^{235}\text{U}$ . В природном уране его всего 0,7%. В ядерных реакторах на тепловых нейтронах обогащение по  $^{235}\text{U}$  составляет 2,0–4,4%, при этом соответствующие предприятия выдают наряду с обогащенным ураном также и отвалный уран, содержащий  $^{235}\text{U}$  в существенно меньшем количестве, чем природный. Отвалный, так же как и природный уран, может быть использован в реакторах на быстрых нейтронах. Глубокое (более полное) использование уранового топлива, включая отвалный может быть достигнуто в реакторах на быстрых нейтронах [5].

### 1.2 Тепловые схемы АЭС

В любой АЭС различают теплоноситель и рабочее тело. Рабочее тело — это среда, совершающая работу, преобразуя тепловую энергию в механическую. Рабочим телом обычно является водяной пар. Контур рабочего тела всегда замкнут и добавочная вода в него поступает лишь в небольших количествах.

Назначение теплоносителя на АЭС — отводить тепло, выделяющееся на реакторе. Для предотвращения отложений на тепловыделяющих элементах необходима высокая чистота теплоносителя. Поэтому для него также необходим замкнутый контур, тем более, что теплоноситель реактора всегда радиоактивен.

АЭС называется одноконтурной, если контуры теплоносителя и рабочего тела не разделены. Преимущества

Таблица 1

| Замедлитель | Теплоноситель |     |     |               |
|-------------|---------------|-----|-----|---------------|
|             | H2O           | Газ | D2O | Жидкий металл |
| H2O         | +             | -   | -   | -             |
| Графит      | +             | +   | -   | -             |
| D2O         | +             | +   | +   | -             |
| Отсутствует | -             | +   | -   | +             |

этой схемы: простота и большая экономичность по сравнению с 2-х и 3-х контурными. Недостаток — все оборудование работает в радиационно-активных условиях.

АЭС называется двухконтурной, если контуры теплоносителя и рабочее тело разделены. Контур теплоносителя — первый контур, контур рабочего тела — второй. Преимущества: оборудование не работает в радиационно-активных условиях. Недостаток: более низкая экономичность и более высокая сложность по сравнению с одноконтурной.

АЭС называется трехконтурной, если помимо раздельных контуров теплоносителя и рабочего тела присутствует также и промежуточный контур. Промежуточный контур призван предотвратить опасность выброса радиоактивных веществ в случае, если давление в первом контуре выше, чем во втором и возможно перетекание теплоносителя, вызывающая радиоактивность второго контура в случае, если теплоносители (например, металлический натрий) интенсивно взаимодействует с паром и водой.

При двухконтурной схеме вода является теплоносителем и замедлителем нейтронов. Реакторы, созданные для работы в таких условиях, принято называть водно-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР).

Реакторы канального типа, в которых теплоносителем является вода, а замедлителем графит, применяются на крупных блоках с турбинами насыщенного пара. Эти реакторы принято называть реакторами большой мощности канального типа (РБМК).

Основные технико-экономические характеристики блоков АЭС с реакторами типа ВВЭР и РБМК.

Основные технические характеристики АЭС с реакторами типов ВВЭР и РБМК в табл. 2 [4]. Стоимость 1 кВт установленной мощности на АЭС с блоками 440 и 1000 Мвт в 1,5–1,6 раза выше, чем на электростанциях, работающих на органическом топливе, равной мощности, построенных в те же годы [5]. Можно полагать, что в ближайшие годы соотношение в стоимости 1 кВт установленной мощности ТЭС и АЭС будет иметь тенденцию к увеличению, так как для обеспечения большей надежности электростанции и уменьшения влияния на окружающую среду строительство АЭС потребует больших дополнительных капиталовложений, чем строительство ТЭС. Однако себестоимость электроэнергии на таких АЭС ниже, чем на ТЭС (тепловых конденсационных электрических станциях), предназначенных только для производства электроэнергии, кроме того спорной

можно считать саму методику определения капитальных вложений в АЭС [3].

### 1.3 Перспективы развития ядерной и термоядерной энергетики

Как было показано выше, тип реактора является определяющим для любой ядерной энергетической установки. Исходя из перспектив глобального преобразования мировой энергетики, наиболее перспективными можно считать [6], пожалуй, пять основных известных в настоящее время науке типов реакторов:

Высокотемпературный энергетический ядерный реактор на газообразном топливе (ГФЯР), являющийся реактором на тепловых нейтронах, в котором делящееся вещество ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{233}\text{U}$ ) в составе газообразного гексафторида урана или в виде испаренного металлического урана расположено в центральной зоне полости (цилиндрической или сферической), образованной твердым замедлителем-отражателем нейтронов (Be, BeO, C или их комбинацией). Перспективность ГФЯР связана со следующим:

- возможность получения большой мощности;
- коэффициент воспроизводства, превышающий единицу;
- высокая температура нагрева рабочей среды (более 10000 К);
- малая критическая масса (десятки килограмм делящегося вещества);
- возможность циркуляции делящегося вещества и его очистка в системе циркуляции.

Из этого следует:

- высокая эффективность использования горючего;
- минимальные затраты на топливный цикл;
- повышенная безопасность;
- высокая экономичность;
- широкий диапазон использования.

Вихревые ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах [4].

### Заключение

Несмотря на трагические события, связанные с чернобыльской аварией 1986 г., и получившее в связи с этим широкий размах движение против развития ядерной энергетики и строительства АЭС, результаты исследований последних лет в различных областях инженерных дисциплин и физики высоких энергий, а также заключения ав-

Таблица 2

| Показатель                        | ВВЭР — 440 | ВВЭР — 1000 | РБМК — 1000 |
|-----------------------------------|------------|-------------|-------------|
| Мощность блока, МВт               | 440        | 1000        | 1000        |
| Мощность турбогенератора, МВт     | 220        | 500         | 500         |
| Число турбин в блоке, шт          | 2          | 2           | 2           |
| Давление пара перед турбиной, Мпа | 4,32       | 5,88        | 6,46        |
| КПД (нетто), %                    | 29,7       | 31,7        | 31,3        |

торитетных международных комиссий, убедительно свидетельствуют в пользу дальнейшего развития ядерной энергетики в самых широких масштабах. Уже сегодня существуют и одобрены экспертами из ведущих ядерных

стран проекты по созданию ядерных энергетических установок на качественно новом уровне безопасности для различных географических зон с отличающимися климатическими условиями.

Литература:

1. Маргулова, Т.Х., Порушко Л.А. Атомные электрические станции. — Учебник для техникумов. — М.: Энергоиздат, 1982. — 264 с., ил.
2. Выступление Президента РФ В.В. Путина на саммите тысячелетия. Нью-Йорк, ООН, сентябрь 2000.
3. Terms of Reference for the International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles. Vienna: IAEA, Oct. 2000
4. Baradei, M.El. Statement to the Forty-Fourth Regular Session of the IAEA General Conference,. Vienna: IAEA, 18 Sept. 2000.
5. Казачковский, О.Д. Основы рациональной теории стоимости. М.: Энергоиздат, 2000.

### Анализ НДС в деревянных конструкциях

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Дмитриева Наталья Евгеньевна, студент;  
 Гарькин Игорь Николаевич, кандидат исторических наук, ассистент  
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В ряде работ авторами были произведены исследования в области НДС деревянных строительных конструкций [1..4], настоящая работа является логическим продолжением прошлых работ.

Анализируя эпюры, построенные по наиболее характерным сечениям можно заметить, что характер распре-

ления напряжений имеет однотипный характер, а вот максимальные значения напряжений в зависимости от угла действия нагрузки по отношению к волокнам древесины изменяются. Для того, чтобы посмотреть изменение напряжений был построен график распределения показанный на рис. 1.

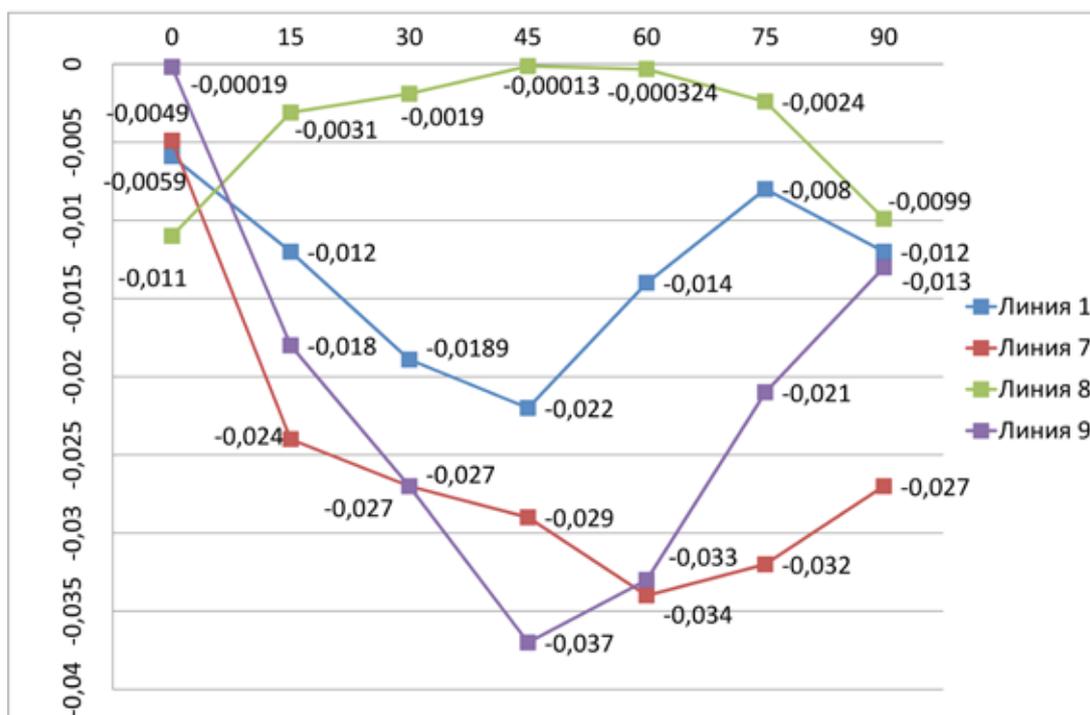


Рис. 1 Напряжения  $\sigma_x$  (сжатие)

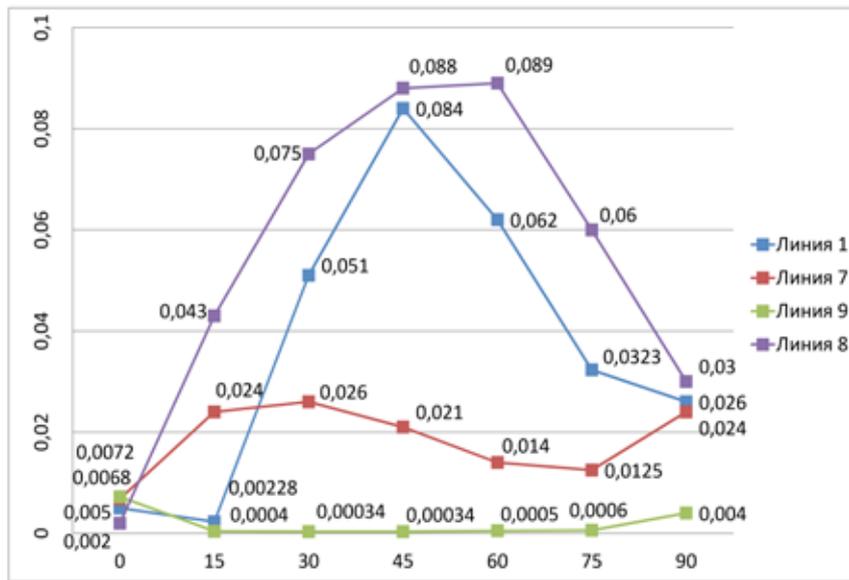


Рис. 2. Напряжение  $\sigma_x$  (растяжение)

Как видно из графика (рис. 1), напряжения сжатия по линии 1 до 45 градусов возрастают, а затем постепенно падают. Такая тенденция прослеживается по всем линиям, а также напряжения достигают своих максимумов при 45° и 60°.

Напряжения растяжения, аналогично напряжениям сжатия, сначала нарастают, а затем после 45° и 60° начинают свое снижение. Как можно заметить напряжения  $\sigma_x$  для различных углов от 15° до 90° выше на 80% и более чем для угла 0.

По графикам, показанным на рис. 3, можно проследить заметный всплеск напряжений от 15° до 60°, а затем не менее стремительное затухание, которое можно объяснить тем, что от смятия вдоль волокон древесина переходит к смятию поперёк волокон, вследствие чего значения нормальных напряжений начинают падать.

Очевидно, что для анализа недостаточно только напряжений  $\sigma_x$ , необходимы еще и напряжения  $\sigma_y$  по тем же сечениям, что представлены на рис. 1, 2.

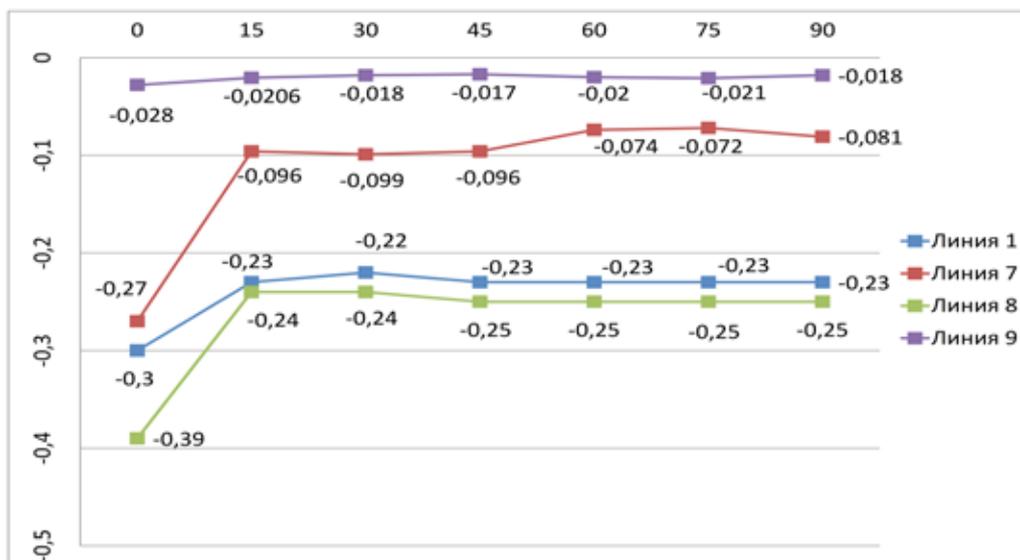


Рис. 3. Напряжения  $\sigma_y$  (смятие)

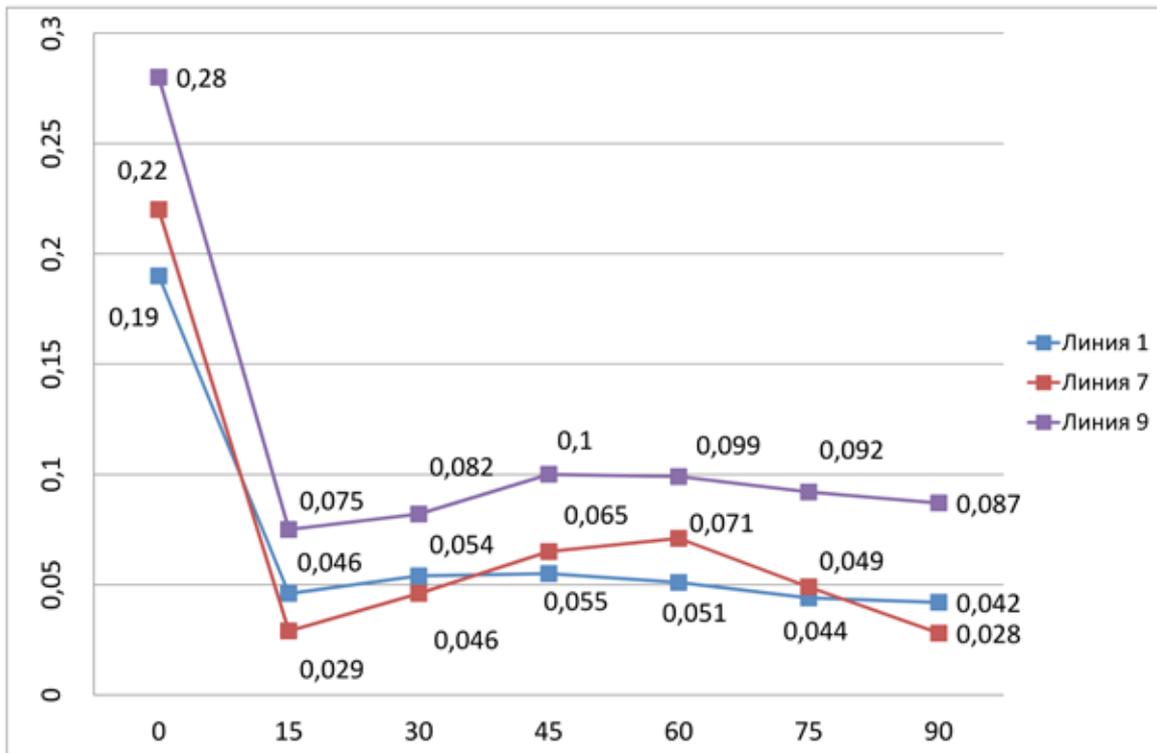


Рис. 4. Напряжения  $\sigma_y$  (растяжение)

Как видно из графиков, представленных на рис. 3–4, нормальные напряжения  $\sigma_y$  при угле в 0° имеют свои максимальные значения, которые на 64,3% падают с изменением угла до 15°, а затем значения данных напряжений колеблются в пределах не более 5%.

Как видно из изополей напряжений, свои экстремальные значения нормальные напряжения показывают в непосредственной близости к шайбе, именно там где в первую очередь происходит взаимодействие шайбы, клеевой композиции и древесины. Так для того, чтобы

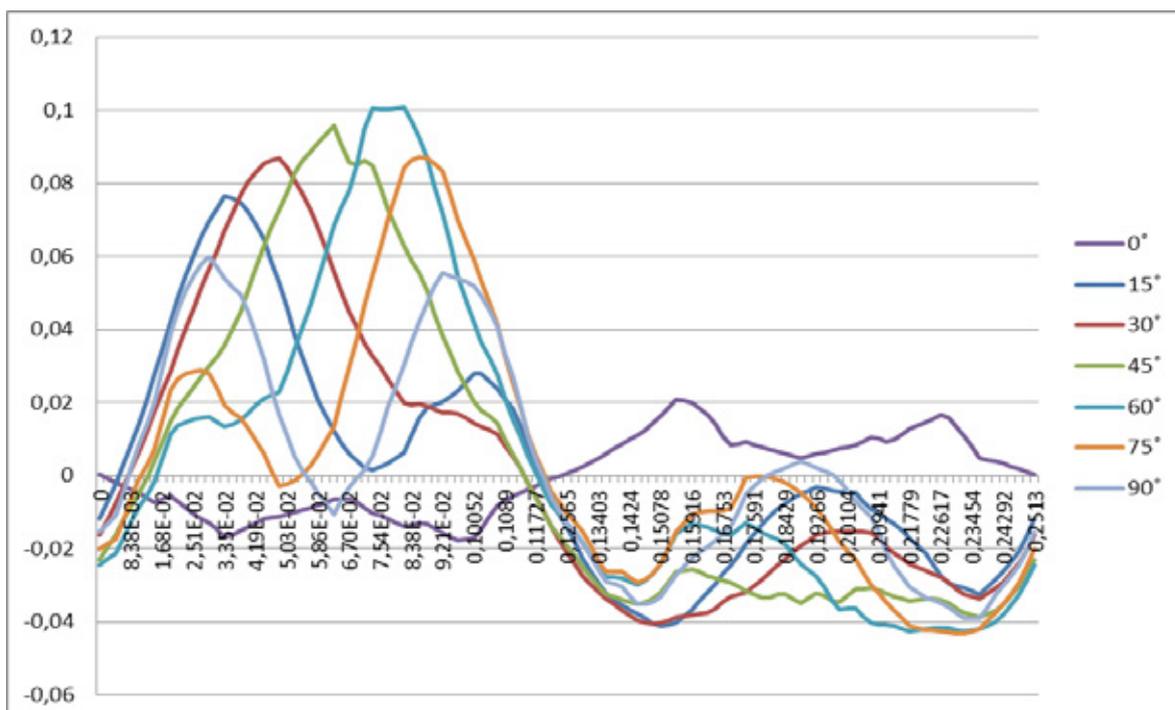


Рис. 5. Напряжения  $\sigma_x$

произвести анализ, напряжений были построены эпюры распределения напряжений вдоль шайбы, показанные на рис. 5

Как видно из эпюр, показанных на рис. 6, напряжения  $\sigma_x$  для  $0^\circ$  имеет практически равномерный характер и на 80–85% меньше напряжений возникающих при приложении нагрузки под углом к волокнам древесины. Также можно увидеть, что свои максимальные значения напряжения набирают при угле в  $60^\circ$ , затем при уве-

личении угла до  $75^\circ$ , и наконец до  $90^\circ$ , напряжения падают сначала на 15%, а затем на 42,5% по отношению к максимальным значениям.

Теоретические исследования позволяют существенно снизить время проведения, и повысить точность экспериментальной части исследования. Хотя, стоит отметить, что использования более современных программных комплексов дали бы ещё больший эффект [5..7]. Данная проблема будет рассмотрена в следующих статьях.

#### Литература:

1. Арискин, М. В. Совершенствование клеиметаллических соединений деревянных конструкций с применением стальных шайб // диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза 2011
2. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Агеева И. Ю., Гарькин И. Н. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — с. 27–31.
3. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Агеева И. Ю. Изготовление соединений на клеенных стальных шайбах / Альманах современной науки и образования. 2013. №6 (73). с. 13–15.
4. Арискин, М. В., Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева, Гарькин И. Н. Применение многорядных соединений в деревянных конструкциях в практике строительства [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 5. — с. 35–38.
5. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Гарькин И. Н., Родина Е. В. Экономическая эффективность проектирования в комплексе Allplan по сравнению с существующими САД-системами [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 5. — с. 32–35.
6. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Гарькин И. Н., Агеева И. Ю. Современные тенденции развития проектирования в строительстве [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2012. — № 10. — с. 31–33.
7. Арискин, М. В., Гарькин И. Н. Теоретические исследования напряженно-деформируемого состояния в составной балке // Молодой ученый. — 2014. — № 11. — с. 37–40.

## Влияние технического диагностирования на повышение точности прогнозирования остаточного срока службы горнотранспортного оборудования

Балакин Юрий Алексеевич, эксперт, специалист неразрушающего контроля;  
Вылцан Станислав Сергеевич, эксперт, специалист неразрушающего контроля;  
Должко Денис Михайлович, эксперт, специалист неразрушающего контроля  
АНО «Региональный центр промышленной безопасности» (г. Кемерово)

*Рассмотрены вопросы прогнозирования остаточного ресурса горнотранспортного оборудования, повышения точности его оценки за счет внедрения стратегии технического обслуживания по фактическому состоянию объекта повышенной опасности.*

**Ключевые слова:** надёжность, предельное состояние, остаточный ресурс, срок службы, техническое диагностирование.

В настоящее время в силу ряда причин, прежде всего экономических, срок эксплуатации карьерной техники на большинстве угольных разрезов региона приближается к предельному. В соответствии с ГОСТ 27.002–89 суммарная наработка карьерного автосамосвала до перехода в предельное состояние определяется как ресурс. При этом календарная продолжительность эксплуатации транспортных средств может варьироваться, поскольку

зависит от ряда факторов: климатических, горнотехнических и дорожных условий, эксплуатационных нагрузок, конструктивных особенностей. В свою очередь экономическая эффективность работы предприятия, безопасность труда обслуживающего персонала напрямую зависят от надёжности работы транспортных средств. Надёжность как показатель является свойством объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех па-

раметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания [1], а проявляется этот показатель при реальной эксплуатации машин у определённого потребителя и в определённых условиях. Фактом надёжности машин в реальных условиях эксплуатации является сохранение работоспособности в течение определённого промежутка времени. Наиболее удобной и универсальной единицей, характеризующей длительность эксплуатации, является единица времени. Но, поскольку ресурс тесно связан со сроком службы, вполне логично измерение ресурса как в единицах времени, так и в единицах наработки. Для находящихся в эксплуатации карьерных автосамосвалов важным показателем является индивидуальный остаточный ресурс. В соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», вступивших в силу с 01 января 2014 г., определение остаточного ресурса с указанием условий дальнейшей безопасной эксплуатации является обязательным при проведении экспертизы технических устройств.

Проблема состоит в том, что любая методика расчёта остаточного ресурса имеет свои преимущества и недостатки, влияющие на величину фактического ресурса. Определение предельно допустимых остаточных сроков эксплуатации содержит элементы вероятностного характера и представляет собой математическую формализацию представлений специалистов-экспертов при решении вопроса о продолжении эксплуатации конкретных объектов [2].

Довольно часто на практике остаточный ресурс определяется разностью между расчетным сроком службы и временем эксплуатации. Несмотря на то, что на первый взгляд здесь всё кажется логичным, у такого способа имеется ряд недостатков:

- при расчете ресурса используется отношение объема дефектоскопического контроля, выполняемого при диагностировании, к объему дефектоскопического контроля, выполненному при изготовлении, однако невозможно учесть идентичность методов контроля при изготовлении и диагностировании, так как некоторые методы в период изготовления еще не применялись;

- при расчете ресурса не учтено влияние запасов прочности на моменты изготовления, диагностирования и достижения предельного состояния;

- не учтена степень ответственности (класс опасности объекта), характеризующей вероятную степень риска в случае отказа или разрушения;

- не учтены эксплуатационная скорость снижения запаса прочности, показатели коррозии и коррозионной стойкости материалов.

Таким образом, данный метод является некорректным, не обеспечивает достаточной точности оценки ресурса объекта повышенной опасности. Остаточный ресурс обо-

рудование может иметь не только до истечения расчетного срока службы, но и после него.

Предельное состояние — это состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, при этом достичь предельного состояния карьерные автосамосвалы могут по разным причинам: дальнейшее применение становится недопустимым по требованиям безопасности, неэкономичным, неэффективным и т.д. Поэтому срок службы, как и ресурс горнотранспортного оборудования, следует считать случайной величиной, подверженной воздействию многих факторов, для его описания необходимо использовать вероятностные модели.

В [3] предложена достаточно удобная для расчёта остаточного ресурса модель, в основе которой лежат предположения:

- предельное состояние у механических систем наступает в основном из-за физического изнашивания и усталостного накопления повреждения, поэтому, опираясь на многочисленные исследования в теории надежности в качестве коэффициента вариации может быть принята величина, равная 0,3–0,4;

- нормативный срок (назначенный), указанный в конструкторской или эксплуатационной документации, представляет собой минимально допускаемый срок эксплуатации объекта, в течение которого он не должен достигать своего предельного состояния.

В качестве такой модели используется логнормальное распределение, которое в наибольшей степени адекватно процессам физического изнашивания, усталостного накопления повреждений и другим видам потери работоспособности машин и механизмов.

Результатом приведённых в [3] расчётов стал график, по которому можно определить среднее значение остаточного срока службы (в относительных единицах) при условии, что объект уже эксплуатировался некоторое время.

Преимуществом данной модели является то, что полученные результаты отражают вероятностную природу долговечности машин и более соответствуют реалиям, чем детерминированные модели, а также учитывают, что достижение объектом нормативного срока не означает, что ресурс полностью исчерпан. Это обусловлено действующими нормами и правилами расчета сроков службы оборудования, предусматривающими обеспечение прочности и износостойкости при наиболее неблагоприятных режимах нагружения в заданных условиях эксплуатации, а также при минимальных уровнях механических характеристик конструкционных материалов, обеспечиваемых по государственным стандартам. Фактические режимы нагружения при соблюдении правил эксплуатации оказываются, как правило, менее напряженными, чем расчетные, что снижает интенсивность расходования заложенных запасов (по прочности, износо- и коррозионной стойкости), обеспечивает резерв по остаточному ресурсу оборудования. Данный метод позволяет дать прогноз остаточного срока службы при минимуме информации.

Недостатком же является то, что прогнозирование надёжности осуществляется на основе случайных процессов наработки металлоконструкции до отказа, при этом особенности протекания режимов эксплуатации во времени и их статические характеристики не учитываются. Реальные же условия эксплуатации горнотранспортного средства не остаются неизменными. Изложенный метод достаточно прост и удобен, но он не предполагает индивидуальный анализ технического состояния, который, безусловно, способствовал бы повышению точности прогноза остаточного срока службы (остаточного ресурса) конкретного объекта.

При наличии выявленных дефектов, возникших при эксплуатации, фактических данных по коррозионному износу, механическим напряжениям, выполненном объеме диагностирования применение вышеперечисленных методов не обеспечивает необходимую точность оценки ресурса.

При длительной эксплуатации горнотранспортного оборудования угольных разрезов неизбежно возникают повреждения или нарушения работоспособности его элементов даже при отсутствии дефектов изготовления и соблюдении правил эксплуатации. Это обусловлено, прежде всего, влиянием горнотехнических и дорожных условий, эксплуатационных нагрузок на машины, перепада температур, характерного для климата нашего региона. Воздействие указанных факторов в течение длительного времени вызывает повреждение металла, развитие микродефектов. В некоторые моменты функционирования оборудования могут возникать такие сочетания параметров, которые нарушают его работоспособность, т.е. вызывают отказы. Отказы карьерных автосамосвалов можно разделить на два основных вида: механические и обусловленные ошибками (нарушениями) при эксплуатации, изготовлении или разработке оборудования.

К первому виду относятся отказы, вызванные нарушением механической работоспособности оборудования вследствие изнашивания, коррозии, поломки деталей, нарушения формы элементов оборудования, возникновения недопустимых сопутствующих процессов — вибрации, стука, перегрева подшипников и др.

Доля отказов второго вида определяется в основном уровнем технологической дисциплины, культуры эксплуатации и мастерством вождения на конкретном предприятии. В данной работе этот вид отказов не анализируется.

Возможность прогнозирования величины остаточного ресурса обеспечивается при одновременном наличии следующих условий:

- известны параметры, определяющие техническое состояние оборудования;
- известны критерии предельного состояния оборудования;
- имеется возможность периодического контроля значений технического состояния.

Технический сервис карьерных автосамосвалов построен по схеме периодического проведения ТО с целью поддержания техники в работоспособном состоянии. В частности, прогнозирование надёжности оборудования обычно осуществляется по схеме 1 (рис. 2). Через определенные периоды эксплуатации  $t_1, t_2$  (совпадающие по времени с проведением технического обслуживания) измеряют максимальные величины возникших повреждений (износа, коррозии, деформаций)  $h_1, h_2$  и т.д. и экстраполируют зависимость до предельно допустимой величины повреждений  $h_n$ . Такой метод позволяет получить достаточно точные оценки показателей надёжности, если известен вид зависимости  $h(t)$  и при измерениях значений  $h$  определяются действительно максимальные значения повреждений, т.е. осуществляется сплошной контроль поверхностей оборудования.

В настоящий момент используется две основных стратегии обслуживания и ремонта горнотранспортного оборудования: планово-профилактический ремонт (ППР) и обслуживание по фактическому состоянию (ОФС). Наиболее перспективным является ОФС, поскольку предельные состояния машин и конструкций являются результатом постепенного накопления повреждений в деталях, узлах и элементах. Внедрение в производство стратегии обслуживания по фактическому состоянию позволяет устранять дефекты на начальной стадии развития, обеспечивая минимизацию ремонтных работ. Своевременное устранение зарождающихся повреждений приведёт к уменьшению зна-

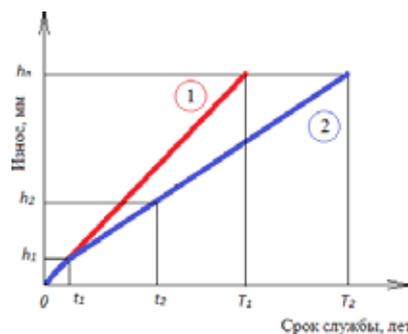


Рис. 1. Типовая схема прогнозирования долговечности оборудования.  
 $t$  — продолжительность эксплуатации,  $h$  — величина повреждений

чений  $h$  (рис. 1), результатом экстраполяции будет более пологий график 2, что, соответственно, приведёт к увеличению срока службы ( $T_2 > T_1$ ). Система организации технического обслуживания, включающая применение в рамках технического диагностирования методов неразрушающего контроля состояния металла, позволяет снизить до минимума вероятность возникновения отказов в процессе эксплуатации. Техническое диагностирование карьерных автосамосвалов должно решать несколько задач [4].

Первой задачей является контроль технического состояния, т. е. проверка соответствия значений параметров механического узла требованиям технической документации.

Второй задачей технического диагностирования является поиск дефектов, т. е. определение мест и, при необходимости, причин и видов неисправностей механического узла. Данные о локализации зон наиболее вероятного расположения возможных дефектов (зон концентрации наибольших напряжений) карьерных автосамосвалов были рассмотрены в [5]. Именно в рамках проведения технического обслуживания по фактическому состоянию целесо-

образно обратить особое внимание на выявленные зоны повышенного трещинообразования, поскольку своевременное и качественное устранение зарождающихся дефектов значительно сокращает затраты на ремонт и продлевает полезный срок службы.

Третья задача диагностирования — прогнозирование технического состояния механического узла на предстоящий интервал времени. Наиболее надёжный прогноз остаточного ресурса может быть осуществлён, если выполнить полномасштабное техническое диагностирование машины с использованием соответствующих средств диагностики.

Таким образом, система технического обслуживания, включающая комплекс диагностических мероприятий по своевременному обследованию проблемных зон металло-конструкций горнотранспортного оборудования позволит не только значительно повысить надёжность автосамосвалов, но и будет способствовать повышению точности прогноза остаточного срока службы (остаточного ресурса) каждого конкретного объекта.

#### Литература:

1. ГОСТ 27.002–89. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
2. Кычкин, В. И., Рыбинская Л. А. Расчёт остаточного ресурса металлоконструкции с учётом риска, Пермский государственный технический университет.
3. Лейфер, Л. А., Кашникова П. М. Определение остаточного срока службы машин и оборудования на основе вероятностных моделей.
4. Ершов, Д. Ю. Техническое диагностирование и методы контроля механических узлов в машиностроении.
5. Балакин, Ю. А., Алексеев А. В., Пальцев С. А. Анализ локализации дефектов карьерных автосамосвалов с целью обеспечения безопасной эксплуатации и повышения эффективности использования нормативного ресурса.

## Формализация процесса удаленного взлома информационной системы как фактор проектирования политики ее безопасности

Бодрова Анна Александровна, студент;  
 Кокорева Яна Валерьевна, студент;  
 Логвин Василий Игоревич, студент;  
 Макаров Александр Александрович, студент;  
 Хрулев Павел Алексеевич, студент  
 Национальный исследовательский университет «МИЭТ» (г. Москва)

Большой проблемой современного мира являются хакерские атаки. Соответственно, ищутся способы защиты от них, а для этого необходимо представление о способах их проведения.

Возникает вопрос, какие факторы дают нарушителю возможность проникновения в чужие системы. К ним можно отнести:

1. Открытость системы, свободный доступ к информации по организации сетевого взаимодействия, протоколам и механизмам защиты;

2. Наличие ошибок в программном обеспечении, операционных системах и утилитах, которые открыто публикуются в сетях;

3. Разнородность используемых версий программного обеспечения и операционных систем;

4. Сложность организации межсетевое взаимодействия;

5. Ошибки конфигурирования систем и средств защиты;

6. Неправильное администрирование систем;

7. Несвоевременное отслеживание и выполнение рекомендаций специалистов по защите и анализу случаев вторжения для ликвидации лазеек и ошибок в программном обеспечении;

8. «Экономия» на средствах и системах обеспечения безопасности или игнорирование этих систем;

9. Умолчание о случаях нарушения безопасности своего хоста или сети [1].

Если формализовать процесс взлома, то он будет состоять из следующих этапов:

1. Сбор информации;
2. Подбор инструментов;
3. Доставка;
4. Эксплойт;
5. Установка дополнительного программного обеспечения;
6. Управление и контроль;
7. Действия.

#### **Сбор информации**

Атаки должны планироваться на основе актуальной и достоверной информации о целях; так же нужно иметь информацию о своих собственных имеющихся ресурсах. Сбор может быть пассивным, когда информация находит из открытых источников, и активным, когда недостающую информацию достают своими силами.

Активный сбор всегда начинается со сканирования портов. Это можно осуществить с помощью различных сканеров: сканеры портов, сканеры безопасности, сканеры открытых ресурсов [1].

После того, как было определено, что закреплено за каждым портом, можно воссоздать информацию о системе. Следующим шагом определяется конфигурация системы. Можно узнать какая операционная система стоит, программное обеспечение и его версии.

Необходимо постоянно обновлять полученную информацию, т.к. владельцы могут применять дополнительные меры по защите своих систем.

#### **Подбор инструментов**

Далее необходимо выбрать эффективные способы воздействия на цель. Под этим подразумевается аппаратное и программное обеспечение, например вирусные программы.

Есть три категории целей:

1. Незащищенные;
2. Стандартно защищенные — используются антивирусы и межсетевой экран;
3. Особо защищенные цели — к стандартным механизмам добавляются IPS (система предотвращения вторжений) и IDS (система обнаружения вторжений).

Для взлома незащищенных целей можно обойтись простыми инструментами из Интернета. Что касается стандартно защищенных целей, то, нужен код, который ломает защиту, и полезная нагрузка, которая будет воздействовать на цель. Полезная нагрузка включает данные, которые нужны для манипуляций с атакуемой системой. Но для этого сначала нужно выяснить, какие уязвимости

в системе есть. В базах данных CVE (Common Vulnerability and Exposure) есть сведения об уязвимостях, выявленных аналитиками безопасности и исследователями.

Подбор инструментов — это повторяющийся процесс, т.к. информация о системе постоянно обновляется, и возможно придется выбирать новые инструменты.

#### **Доставка**

Фаза доставки описывает перенос инструмента к системе, выбор способа доставки зависит от выбранных инструментов.

Если есть пользовательские ошибки, то доставка очень проста. Зачастую в системе контроля есть брешь, или она отключена, тогда полезная нагрузка может быть просто загружена и установлена. Но такое бывает крайне редко. Для выбора способа пользуются информацией, полученной на этапе сбора. Простейший способ — воспользоваться учетными данными пользователя на уровне администратора, тогда у взломщика есть неограниченные возможности по эксплуатации системы, включая установку и удаление программного обеспечения.

Если есть учетные данные без администраторских прав, то, воспользовавшись ими, можно доставить полезную нагрузку, а затем с помощью инструментов поднять привилегии. Есть два способа доставить полезную нагрузку без прав доступа к атакуемой системе: создать пользователя с достаточными правами доступа или взломать систему и установить данные без входа в нее.

Также можно воспользоваться методами социальной инженерии и вывести у пользователей необходимую информацию.

Если пользователь системы никак не может помочь хакеру в доставке, то ему остается использовать уязвимые службы в системе. Уязвимая служба может позволить загрузить вредоносный код без учетных данных пользователя и проверок безопасности.

Доставку можно автоматизировать. Самая известная форма автоматизированной доставки — компьютерные вирусы.

Главным инструментом становятся ботнеты, которые автоматизируют процесс и могут делать это целенаправленно. Они позволяют автоматизировать значительную часть операции, т.к. можно автоматизировать команды, контроль и все действия, совершаемые в атакуемой системе, которые в случае ботнета заключаются в заражении большего числа машин или модификаций системы.

После того как доставка была осуществлена, необходимо активировать полезную нагрузку. Этот этап называется эксплойт.

#### **Эксплойт**

Когда данные пользователей не позволяют получить администраторский доступ к системе, нужно искать способы управления системой для исполнения системной нагрузки.

Большинство программных эксплойтов основаны на искажении данных в памяти. К ним относятся такие стандартные приемы, как эксплойт переполнения бу-

фера и менее распространенный эксплойт форматной строки. Во всех случаях конечной целью является получение контроля над выполнением атакуемой программы, с тем, чтобы заставить ее выполнить вредоносный фрагмент кода, который теми или иными средствами удалось поместить в память. Это называется выполнением произвольного кода, поскольку хакер может заставить программу делать практически что угодно [2].

Успешный эксплойт обеспечивает привилегированный доступ к целевой системе без учетных данных пользователя. Проведенные изменения не являются постоянными, полезная нагрузка только хранится в оперативной памяти и выполняется в ней. Чтобы создать постоянный черный ход в систему или подготовить и выполнить намеченные мероприятия требуется другое вредоносное ПО.

Единственный способ контролировать такие модификации — это создание копий содержимого памяти, которые должны анализироваться на отдельной машине. Это очень продвинутая технология, требующая экспертных знаний и много ресурсов, и поэтому будет использоваться только в самых исключительных случаях.

#### **Установка дополнительного программного обеспечения**

После успешного эксплойта или получения доступа к системе из-за неправильной конфигурации или пользовательских ошибок для исполнения задуманных действий может потребоваться установка дополнительного ПО, если нельзя воспользоваться функциональностью предоставляемой ОС целевой системы или установленным ПО. Если взлом проводится для уничтожения системы, установка не требуется.

В большинстве случаев нужно установить средство удаленного управления, которое должно быть постоянно доступно и открывало бы злоумышленнику черный ход для контроля над системой. Такое средство должно удовлетворять требованиям:

1. Пользователи и администраторы системы не должны знать, что у них установлено средство удаленного доступа, поэтому оно должно быть невидимым для них;
2. Средство удаленного доступа должно быть постоянно установлено и должно выдерживать перезагрузку системы;
3. Средство удаленного доступа должно быть устойчиво к патчам и установке и удалению ПО.

Скрытие средства удаленного доступа является наиболее важной задачей. После того как оно будет обнаружено, администраторы целевой системы узнают, что их система была взломана и примут меры для его удаления. Было разработано множество стратегий скрытия средств удаленного доступа, включая:

1. Установка в системных папках;
2. Установка во временные папки;
3. Установка в папках данных.

Чтобы повысить устойчивость средства удаленного доступа, используются так называемые руткиты. Они харак-

теризуются по их способности скрывать или удалять пути их размещения, деятельности или существования. Вместо того чтобы выполняться как постороннее приложение, традиционные руткиты заменяют особо важные исполняемые программы операционной системы, чтобы позволить атакующему иметь доступ через черный ход и скрываться в системе [2]

Если руткит был успешно установлен, его не обнаружили и не удалили, то целевая система контролируется злоумышленником, и могут быть проведены любые вредоносные действия. Руткиты и средства удаленного доступа часто сочетаются злоумышленником для поддержания доступа. Установив такое сочетание на целевой системе, злоумышленник может контролировать ее и исполнять любую команду.

#### **Управление и контроль**

Если все ПО, требуемое для взлома, было установлено на целевую систему, нужно начинать запланированные действия. Для этого должны быть предусмотрены средства управления и контроля, с помощью которых злоумышленник может производить изменения в системе. Они состоят из средства удаленного доступа, блока контроля, и средств связи.

Управление и контроль обычно осуществляются посредством сети связи. В то время как защищенные системы следят за своим сетевым трафиком и проверяют его на подозрительную активность, командование и контроль обычно скрыты в скрытых каналах, где связь разрушителя с целевой системой встроена в другую сетевую связь. Если на целевую систему были установлены руткиты, их тоже можно использовать для скрытия связи. Нахождение скрытых каналов очень сложно и требует много опыта и специальных инструментов для статистического анализа.

Чтобы избежать отслеживания операторами целевой системы, каналы контроля и управления должны устанавливаться динамически и только при необходимости.

#### **Действие**

Если злоумышленники могут успешно выполнить любую команду на целевой системе, список возможных действий неограничен. Уничтожение системы — самое известное воздействие от атак, но не трагичное для операторов целевой системы, т.к. вторжение мгновенно замечается и можно восстановить систему из резервных копий или провести переустановку системы. Тем не менее, система простаивает.

Этого нельзя сказать о раскрытии информации. Потеря бизнес-данных или даже конфиденциальной информации может нанести вред бизнесу, государственным структурам или пользователям. Такой эффект может быть более разрушительным, чем уничтожение системы.

Самое изощренное — это провести изменения, которые нарушают работу системы и заставляют ее операторов выяснять какие изменения в данных или ПО были сделаны.

**Заключение**

Очевидно, что взлом скорее искусство, чем наука: это инстинкт талантливого хакера. Хакерство — это не миф, это случается и случается каждый день. Невозможно найти решение, которое бы полностью обезопасило ИТ системы, поэтому, чтобы не стать уязвимыми,

нужно постоянно быть в курсе новых методов проведения атак и существующих инструментов. Гонка между теми, кто занимается взломом и тем, кто защищает системы, не прекратится, единственная возможность максимально обезопасить себя это идти в ногу с быстро развивающимися технологиями.

## Литература:

1. Глушаков, С. В. Секреты хакера: защита и атака / С. В. Глушаков, М. И. Бабенко, Н. С. Тесленко. — изд. 2-е, доп. И перераб. — М.: АСТ: АСТ МОСКВА: Хранитель, 2008. — 544 с. — (Учебный курс);
2. Эд Скудис. Противостояние хакерам. Пошаговое руководство по компьютерным атакам и эффективной защите: Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс. — 512 с.: ил. (Серия «защита и администрирование»). 2003;
3. Козиол Дж., Личфилд Д., Эйтел Д., Энли К. Искусство взлома и защиты систем. — СПб. Питер, 2006. — 416 с.: ил.;
4. Katharina Ziolkowski (ed.), Peacetime Regime for State Activities in Cyberspace. International Law, International Relations and Diplomacy, NATO CCD COE publication, Tallinn 2013.

## Учет влияния скорости передачи сигналов на среднее превышение сигнал/помеха в точке приема

Боровлев Игорь Иванович, кандидат технических наук, доцент  
Ставропольский государственный аграрный университет

*Увеличение скорости передачи сигналов в декаметровых радиополосах позволяет повысить своевременность связи, но в тоже время является основной причиной снижения ее достоверности и надежности. Поэтому вопрос количественной оценки надежности связи при выборе скорости передачи сигналов представляется весьма актуальным для практики. Предложен способ учета влияния скорости на среднее превышение сигнал/помеха в точке приема, позволяющий существенно уточнить известные методики оценки надежности связи в однолучевых декаметровых радиополосах.*

**Ключевые слова:** декаметровая радиополоса, надежность связи, скорость передачи сигналов, полоса частотной когерентности, полоса пропускания приемника.

Известны работы [1, с. 28–32; 2, с. 25–31; 3, с. 37–39], в которых рассмотрена методика оценки надежности (или вероятности) связи  $D_{св}$  в однолучевой декаметровой (ДКМ) радиополосе (РЛ) в зависимости от выбора технической скорости передачи сигналов  $c_T$  относительно ограниченной вследствие диффузной многолучевости полосы частотной когерентности  $F_k$  радиоканала. При этом методика оценки самой полосы частотной когерентности ДКМ радиоканала для РЛ произвольной протяженности рассмотрена в работе [4, с. 59–62].

В соответствии с основными результатами вышеуказанных методик выбор скорости передачи сигналов  $c_T$  существенно влияет на величину допустимого превышения сигнал/помеха (С/П)  $Z_{доп}$  на входе приемника и на надежность связи  $D_{св}$  в ДКМ радиополосе. В работе [1, с. 30–32] установлены функциональные зависимости допустимого превышения С/П и надежности связи от относительной скорости передачи сигналов в аналитическом виде, т. е. зависимости  $Z_{доп} = \Psi(c_T/F_k)$  и  $D_{св} = \Psi(c_T/F_k)$ .

Однако, увеличение скорости передачи сигналов обуславливает не только рост допустимого превышения С/П  $Z_{доп}$ , но и уменьшение среднего превышения С/П  $\bar{Z}$  на входе приемника, т. к. с увеличением  $c_T = 1/T_c$  уменьшается длительность сигнала  $T_c$  и, как следствие, снижается его средняя энергия, определяемая произведением средней мощности на длительность, т. е.  $\bar{E}_c = P_c T_c$ .

Это приведет к уменьшению среднего превышения С/П в точке приема, представляемого для типового случая использования простых сигналов выражением вида

$$\bar{Z} = 10 \lg \left( \frac{\bar{P}_c}{\bar{P}_n} \right) = 10 \lg \left( \frac{\bar{E}_c}{N_0} \right), \quad (1)$$

где  $\overline{P}_\Pi$  — средняя мощность помех в точке приема, Вт;

$N_0$  — спектральная плотность мощности помех, Вт/Гц.

Следовательно, надежность связи в ДКМ радиолинии будет дополнительно снижаться по мере увеличения скорости передачи сигналов, и ее функциональная зависимость от относительной скорости  $D_{св} = \Psi(c_T/F_k)$  имеет более сложный характер, чем установлено в работах [1, с. 28–32; 3, с. 37–39; 5, с. 59–63].

Целью статьи является уточнение известных методик оценки надежности связи в однолучевой декаметровый радиолинии при выборе скорости передачи сигналов относительно ограниченной полосы частотной когерентности радиоканала.

Для достижения поставленной цели необходимо установить функциональную зависимость среднего превышения С/П на входе приемника от абсолютного значения скорости передачи сигналов, т. е. зависимость  $\overline{Z} = \Psi(c_T)$ .

С увеличением скорости  $c_T$  растет ширина спектра передаваемых сигналов, что определяет расширение необходимой полосы пропускания приемника (радиоприемного устройства)  $\Delta F$ . Это, в свою очередь, приводит к увеличению средней мощности помех на входе приемника  $\overline{P}_\Pi = N_0 \Delta F$  и уменьшению среднего превышения С/П  $\overline{Z}$  (1), которое в соответствие с известной [6, с. 34] методикой расчета надежности связи в ДКМ РЛ определяется выражением вида

$$\overline{Z} = \overline{y} - \overline{x}, \tag{2}$$

где  $\overline{y}$  — средний уровень сигнала на входе приемника, дБ;

$\overline{x}$  — средний уровень помех на входе приемника, дБ.

Полагая, что снижение величины среднего превышения С/П  $\overline{Z}$  с увеличением скорости передачи сигналов  $c_T$  обусловлено ростом уровня помех  $\overline{x}$  на входе приемника, установим функциональную зависимость  $\overline{x} = \Psi(c_T)$ .

Средний уровень помех в полосе пропускания приемника  $\Delta F$  определяется известным [6, с. 38] соотношением

$$\overline{x} = \overline{x}_1 + 20 \lg \sqrt{\Delta F / \Delta F_1}, \tag{3}$$

где  $\overline{x}_1$  — статистически известное значение среднего уровня помех на входе приемника с полосой пропускания  $\Delta F_1 = 1$  кГц, дБ.

Из анализа выражения (3) следует, что для определения зависимости  $\overline{x} = \Psi(c_T)$  необходимо установить функциональную взаимосвязь полосы пропускания и скорости передачи сигналов, т. е.  $\Delta F = \Psi(c_T)$ , которая определяется конкретными конструктивными особенностями радиоприемного устройства.

Проанализируем виды работы блока Б5–72 базового радиоприемного устройства ДКМ диапазона Р-160П на примере сигналов частотной телеграфии.

Виды работы блока Б5–72 представлены в таблице 1, где приведены значения скорости передачи сигналов  $c_T$  и полосы фильтров селекции, определяющих полосу пропускания приемника  $\Delta F$ . В последнем столбце таблицы 1 указано отношение  $\Delta F / c_T$ .

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что для большинства из рассматриваемых видов работы справедливо приближенное равенство

$$\Delta F \approx 4 \cdot c_T. \tag{4}$$

Таблица 1. Виды работы блока Б5–72 радиоприемного устройства Р-160П

| Виды работы | Скорость передачи сигналов $c_T$ , бод | Полоса фильтра селекции $\Delta F$ , Гц | $\Delta F / c_T$ |
|-------------|--|---|------------------|
| F1–125      | до 100                                 | 300                                     | 3                |
| F1–200      | до 150                                 | 600                                     | 4                |
| F1–250      | до 150                                 | 600                                     | 4                |
| F1–400      | до 300                                 | 1200                                    | 4                |
| F1–500      | до 300                                 | 1200                                    | 4                |
| F1–1000     | до 500                                 | 2200                                    | 4,4              |

Известно [6, с. 32], что максимальная скорость  $c_T$  передачи сигналов частотной телеграфии в ДКМ радиоканале с многолучевостью ограничена межсимвольной интерференцией величиной 300 бод. Примем это значение за исходное, т. е.  $c_{T\text{исх}} = 300$  бод.

Тогда исходное значение полосы пропускания приемника можно определить в соответствии с равенством (4) как  $\Delta F_{\text{исх}} \approx 4 \cdot c_{T\text{исх}} = 4 \cdot 300 = 1200$  бод. (5)

Данное значение соответствует данным, представленным в таблице 1, в частности — для видов работы F1–400 и F1–500.

Если полагать, что скорость передачи есть величина переменная ( $c_T = \text{var}$ ), то выражение для полосы пропускания приемника можно записать в виде

$$\Delta F = \Delta F_{\text{исх}} \cdot c_T / c_{T\text{исх}} = \Delta F_{\text{исх}} \cdot c_T / 300. \quad (6)$$

Второй сомножитель в выражении (6) характеризует во сколько раз реальная скорость передачи сигналов больше ее исходного значения  $c_{T\text{исх}} = 300$  бод.

Произведя подстановку соотношения (6) в выражение (3) для среднего уровня помех на входе приемника, получим

$$\bar{x} = \bar{x}_1 + 20 \lg \sqrt{\frac{\Delta F}{1000}} = \bar{x}_1 + 10 \lg \left( \frac{\Delta F_{\text{исх}}}{1000} \cdot \frac{c_T}{300} \right) = \bar{x}_1 + 10 \lg \left( \frac{\Delta F_{\text{исх}}}{1000} \right) + 10 \lg \left( \frac{c_T}{300} \right). \quad (7)$$

Введя в выражении (7) обозначение  $\bar{x}_1 + 10 \lg (\Delta F_{\text{исх}} / 1000) = \bar{x}_{\text{исх}}$ , можно записать его в более компактном виде

$$\bar{x} = \bar{x}_{\text{исх}} + 10 \lg (c_T / 300). \quad (8)$$

Полученные выражения (7) и (8) представляют собой функциональную зависимость среднего уровня помех от скорости, т. е.  $\bar{x} = \Psi(c_T)$ .

Подстановка (8) в выражение (2) позволяет получить искомую функциональную зависимость среднего превышения С/П на входе приемника от скорости передачи сигналов в аналитическом виде

$$\bar{Z}(c_T) = \bar{y} - \bar{x}_{\text{исх}} - 10 \lg (c_T / 300) = \bar{Z}_{\text{исх}} - 10 \lg (c_T / c_{T\text{исх}}), \quad (9)$$

где  $\bar{Z}_{\text{исх}}$  — среднее превышение С/П, обеспечиваемое при скорости  $c_{T\text{исх}} = 300$  бод.

Выражение (9) позволяет уточнить результаты известных методик оценки надежности связи в однолучевых ДКМ радиоприемах [1, с. 28–32; 3, с. 37–39; 5, с. 59–63].

На рисунке 1 представлены графики зависимостей надежности связи от относительной скорости, построенные в соответствии с методикой [1, с. 30–32] без учета ( $D_{\text{св}} = \Psi(c_T / F_K)$ ) и с учетом ( $D'_{\text{св}} = \Psi(c_T / F_K)$ ) полученного выражения (9).

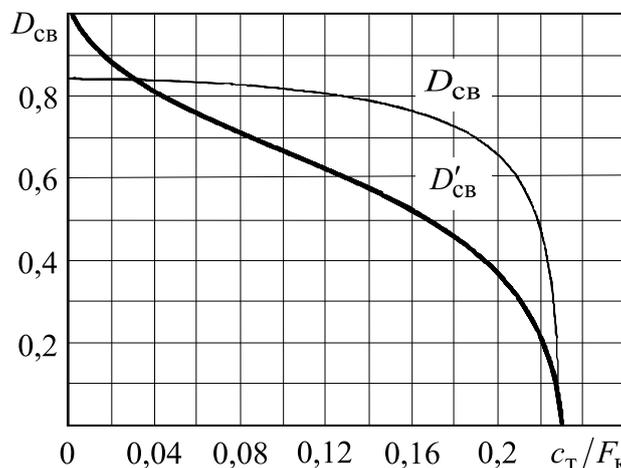


Рис. 1. Графики зависимостей  $D_{\text{св}} = \Psi(c_T / F_K)$  и  $D'_{\text{св}} = \Psi(c_T / F_K)$

Из анализа графиков, представленных на рисунке 1, следует, что уточненная зависимость надежности связи  $D'_{CB} = \Psi(c_T/F_K)$ , построенная с учетом полученных результатов, убывает значительно быстрее с ростом своего аргумента. Это обуславливает необходимость учета влияния скорости на среднее превышение С/П в точке приема для оценки надежности связи в ДКМ РЛ при выборе (увеличении) скорости передачи сигналов.

Таким образом, на основе установленной аналитической зависимости (9) среднего превышения С/П на входе приемника от скорости передачи сигналов  $\bar{Z} = \Psi(c_T)$  уточнены результаты известных методик [1, с. 28–32; 3, с. 37–39; 5, с. 59–63] оценки надежности связи  $D_{CB}$  в однолучевых декаметровых радиоприемах.

#### Литература:

1. Пашинцев, В.П., Боровлев И.И. Повышение своевременности передачи сообщений в однолучевой декаметровой радиоприеме за счет выбора оптимальной скорости передачи сигналов // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2003. Т. 46. № 11. с. 26–33.
2. Пашинцев, В.П., Стрекалов А.В., Солчатов М.Э., Боровлев И.И. Анализ помехоустойчивости приема сигналов с произвольными базами в каналах космической связи с ограниченной полосой когерентности // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2002. Т. 45. № 1. с. 23–32.
3. Боровлев, И.И., Воронников И.Н., Шаталов А.Ф. Оценка своевременности коротковолновой связи при выборе скорости передачи сигналов // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. по материалам 77-й науч.-практ. конф. СтГАУ (г. Ставрополь, март — апрель 2013 г.)/СтГАУ. Ставрополь: АГРУС, 2013. с. 36–40.
4. Пашинцев, В.П., Боровлев И.И., Иванников А.И., Несмеянов А.М. Методика оценки полосы частотной когерентности декаметрового радиоканала с учетом сферичности неоднородного отражающего слоя ионосферы // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2003. Т. 6. № 5. с. 59–62.
5. Пашинцев, В.П., Тишкин С.А., Иванников А.И., Боровлев И.И. Расчет параметра глубины замираний в однолучевой декаметровой радиоприеме // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2001. Т. 44. № 11–12. с. 57–65.
6. Военные системы радиосвязи. Часть 1. Теоретические основы построения средств и комплексов военной радиосвязи/под ред. В.В. Игнатова. Л.: ВАС, 1989. 386 с.

## Сельский дом с гелиотеплицами и водонагревательной установкой коммунально-бытового назначения

Вардияшвили Афтандил Аскарлович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой;

Файзиев Тулкин Амирович, кандидат технических наук, доцент;

Муродов Исмоил, кандидат технических наук, доцент;

Вардияшвили Асфандияр Аскарлович, преподаватель;

Абдиназаров Сарвар Бурхонович, магистрант

Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Научно-технический прогресс, характеризующийся резким ростом потребления энергии, привлек острое внимание к проблеме использования возобновляемых источников энергии, и в первую очередь солнечной. Важность этой проблемы неоднократно подчеркивалась на международных и всесоюзных конференциях совещаниях по использованию солнечной радиации. Это объясняется, с одной стороны, намечающимся практическим истощением мировых запасов ископаемого топлива и возникновением энергетического кризиса, с другой катастрофическим загрязнением окружающей среды вредными продуктами сгорания.

Растущие с каждым годом потребности мировой экономики в энергии. Кроме того, озабоченность международного сообщества вызывается, наряду с возрастающими трудностями в освоении новых источников традиционного углеводородного сырья-нефти и газа, также быстрым истощением их запасов.

Но самый важный фактор, с которым мы не имеем права не считаться, — достигшие колоссальных размеров использование и сжигание ископаемого топлива наносят ощутимый вред окружающей среде, отражаются на здоровье и качестве жизни населения и ставят под угрозу устойчивость будущего развития на глобальном уровне.

Выход из складывающейся ситуации, прежде всего, видится в дальнейшем обеспечении роста инвестиций в проекты по развитию солнечной энергетики как наиболее эффективного и перспективного источника возобновляемых видов энергии.

Таким образом, **солнечная энергетика может и должна стать одним из локомотивов выхода из кризиса. (И.А. Каримов. 6-го заседание азиатского форума солнечной энергии. Ташкент. 2013 год 22 ноября).** [1].

Говоря о потенциале и перспективах развития солнечной энергетики в Узбекистане, хотел бы подчеркнуть следующее.

В первую очередь, по географическому положению и климатическим условиям Узбекистан располагает для этого исключительно благоприятными возможностями.

По количеству солнечных дней в году, а это более 320 дней, наша страна превосходит многие регионы мира

В связи с этим, за последние годы во многих странах мира, в том числе у нас в Узбекистане ведутся интенсивные исследовательские работы по практическому применению гелиотехнических установок. Одной из проблем использования солнечной энергии заключается в том, что наибольшее количество поступает летом, а наибольшее количество потребления энергии происходит зимой.

Плотность солнечного излучения на внешней границе атмосферы составляет 1,39 кВт/м<sup>2</sup>. На поверхность круга диаметром, равным диаметру земного шара, приходится мощностью 178 тыс. ТВт, что в 20 раз превышает суммарную мощность энергетических установок мира (8–9 ТВт). Однако до земной поверхности доходит только часть этой мощности вследствие поглощения и отражения ее атмосферой. В наиболее благоприятных районах пиковая удельная мощность солнечного излучения на поверхность Земли равна 1 кВт/м<sup>2</sup>, в то время как средняя удельная мощность составляет 0,25 кВт/м<sup>2</sup>.

Использование солнечной энергии для целей горячего водоснабжения является одной из технически осуществляемых и экономически рентабельных отраслей практической гелиотехники. На основе многолетних испытаний в натуральных условиях с целью определения технических и эксплуатационных характеристик установлены: годовая теплопроизводительность установки, зависимость теплопроизводительности и эффективности от времени года, надежность установки в зависимости от механических повреждений, и метеорологических факторов, а также установлен оптимальный объем теплового аккумулятора.

Обычно высота аккумулятора-резервуара изготавливают из расчета  $H = 2d$ ;  $d$  - диаметр,  $H$  — высота. Толщина теплоизоляции аккумулятора  $\delta = 10 \div 15$  см.

Одним из основных, наиболее существенных элементов солнечной водонагревательной установки является поглотитель солнечного излучения — зачерненный тепло приемник-котел. В качестве материала котлов рассматривались: полиэтилен низкого давления, стальные профилированные листы, алюминиевые сплавы АД-1 (листовой прокат). Водонагреватель в летний период солнечной радиации 700–800 Вт/м<sup>2</sup> и наружной температуры атмосферы 30–32°C, позволяет получить с каждого квадратного метра поверхности 1200–1400 кДж тепла с температурой горячей воды 50–55°C, в условия г. Карши.

Результаты испытания показывают, что с каждого квадратного метра можно получить горячей воды 90–95 л/м<sup>2</sup> в день с температурой 50–60°C. Непрерывные эксплуатационные испытания солнечной водонагревательной установки площадью 6 м<sup>2</sup> показали, что производительность установки составляет 450–500 л горячей воды в день, при температуре 50–60°C.

На основе результатов непрерывных круглогодичных испытаний в натуральных условиях была установлена зависимость производительности от времени года, а также определена надежность работы установки составляет 2260–2300 кДж/м<sup>2</sup>, в том числе 1720–1760 кДж/м<sup>2</sup> в летние и переходные времена года и 500–508 кДж/м<sup>2</sup> в зимние времена.

С учетом графика неравномерности выработки и потребления горячей воды в жилых домах установлен оптимальный объем теплового аккумулятора (летом 70 л/чел, зимой 100 л/чел); при этом удельная рабочая площадь солнечной водонагревательной установки для летнего периода — 2 м<sup>2</sup>/чел.

Результаты расчета показывают, что возможная экономия топлива составляет 0,17–0,2 т. у. т. с. 1 м<sup>2</sup> установки в год. Тепловая мощность коллектора солнечной энергии (КСЭ) определяется по формуле:

$$Q_k = F [k \eta'_k - \kappa'_k (T_{T_1} - T_e)] = G C_p (T_2 - T_{T_1}) \quad (1)$$

Удельная теплопроизводительность КСЭ, вычисляем по соотношению:

$$q_k = E_k \eta'_o (1 - a\Pi + v\Pi^2), \quad \frac{\text{мДж}}{\text{м}^2 \text{день}} \quad (2)$$

где  $\Pi = \frac{T_{T_1}}{K_y}$ ;  $\hat{E}_y = \frac{A}{A_i}$ ;  $a = 10,7 \cdot 10^{-4}$ ;  $v = 29,3 \cdot 10^{-8}$

$$C_p = \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}; G = кг/с; K'_k = 5,8 \frac{Вт}{м^2 K}; \eta'_k = 0,78$$

В условиях г.Карши интенсивность падающей солнечной радиации для летнего периода (май-август) составляет  $I_{над} = 700 - 800 \frac{Вт}{м^2}$ ; среднесуточная температура  $t_{cp} = 24 - 30,5 \text{ } ^\circ C$ . При нагреве воды на  $\Delta t = 40 \text{ } ^\circ C$ , часовая

производительность  $G = 8 - 9 \text{ л/м}^2 \text{ ч}$ , гелиоводонагревателя определяем по формуле:

$$Q_{nom}^{TP} = K_{nom}^{TP} F_{TP} (T_T - T_{oc}) \quad (3)$$

эффективность гелиоколлектора в зависимости от метеорологических условий определяется соотношением:

$$\eta_{эф} = \frac{Q_n}{I_{над} S} 100\% = 46 - 60\%;$$

где;  $S$  — площадь коллектора,  $м^2$ ;  $Q_g$  — полезное использование тепла (энергии),  $кДж$ . Годовая теплопроизводительность КСЭ в условиях города Карши составляет:

$$q_k^{год} = 1340 \div 1560 \frac{кВт \cdot ч}{м^2};$$

т. е. экономия органического топлива с 1 кв.метра полезной площади гелионагревателя будет, соответственно  $0,15 \div 0,18 \text{ т.у.т./год}$ . Средний расход топлива (Дж) на горячее водоснабжение здания за расчетный период (год) определяется по формуле:

$$Q_{г.в.} = 1,2 A C_p \rho (t_{г.в.} - t_{х.в.}) m \cdot n \quad (4)$$

где,  $A = G$  — норма расхода ( $60 \text{ л/ч}$  день);  $n$  — число дней в расчетный период,  $m$  — число жителей. Определим тепловую производительность солнечной установки за январь месяц. Значение

$$I_1 = 253,6 \text{ МДж/(м}^2 \text{ мес)}; B = 1,7.$$

На основании расчетных формул в соответствии с площадью гелиоколлектора  $S_1 = 2,7 \text{ м}^2$ ,  $S_2 = 4,5 \text{ м}^2$  месячная теплопроизводительность солнечной установки на январь месяц  $Q_{г1} = 1676 \text{ МДж/мес}$ ;  $Q_{г2} = 2793 \text{ МДж/мес}$ . Определяем степень замещения тепловой нагрузки горячего водоснабжения солнечной энергией. Используя вышеприведенный метод, определяем теплопроизводительность солнечной установки и степень замещения  $f$  для других месяцев. Для солнечно — коллекторной установки за июль месяц можно принять наиболее оптимальное значение степени замещения  $f = 1$ .

При  $G_{c1} = 60 \text{ л/(чел сут)}$ : площадь коллектора  $F_{c1} = 5 \text{ м}^2$ ;

Годовая степень замещения  $f_{c1} = 75,7 \%$

При  $G_{c2} = 100 \text{ л/(чел сут)}$ : площадь коллектора  $F_{c1} = 9 \text{ м}^2$ ;

Годовая степень замещения  $f_{c2} = 81,4 \%$

Объем аккумулятора горячей воды определяем по условию

$$V_a = V_a F_c = 0,05 F_c;$$

При  $G_{c1} = 60 \text{ л/(чел сут)}$ ,  $m = 5$ :  $V_a = 0,25 \text{ м}^3 = 250 \text{ л}$ ;

$G_{c2} = 100 \text{ л/(чел сут)}$ ,  $m = 5$ :  $V_a = 0,45 \text{ м}^3 = 450 \text{ л}$ . (5)

Годовая нагрузка на горячее водоснабжение:

$$Q_{г1} = 19,133 \cdot 10^6 \text{ кДж/год}; Q_{г2} = 31,888 \cdot 10^6 \text{ кДж/год}$$

Годовой расход природного газа

$$Q_{г1} = 898 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{г1} = 1485 \text{ м}^3/\text{год}$$

условного топлива

$$Q_{y1} = 1185 \text{ кг у. т./год}$$

$$Q_{y1} = 1185 \text{ кг у. т./год}$$

В большинстве существующих установок средний годовой эксплуатационный КПД коллектора оказывается на уровне  $40 - 50 \%$ . Это означает, что для широт около  $35 - 40^\circ$ , с  $1 \text{ м}^2$  коллектора можно получить в год  $3 - 5 \text{ ГДж}$  тепла с температурой  $60 - 70^\circ C$ . Экономия органического топлива с 1 кв. метра полезней площади гелиоводонагревателя в условиях г. Карши, составляет соответственно  $0,18 - 0,2 \text{ т. у. т./год}$ ;  $0,16 - 0,18 \text{ т. у. т./год}$ ;  $0,15 - 0,16 \text{ т. у. т./год}$  [4].

В солнечных теплицах в режиме работы с использованием теплоты дымовых газов от котельной экономия энергия затрат составляет  $45 - 55 \%$ , т. е.  $25 - 30 \text{ кг. у. т./м}^2$  инвентарной площади теплицы.

При сушке сельхозпродуктов в солнечных сушильных установках с  $1 \text{ кг. метра}$  экономия топлива составляет  $10 - 13 \text{ м}^3/\text{день}$  природного газа.

Приведенного достаточно, чтобы понять: резервы энергетики по части низкопотенциального солнечного тепла еще огромны. Как их назвать — первичными или вторичными — это неважно. Важно другое: на сегодняшний день это потерянные ресурсы для нашей экономики.

Таким образом, если мы хотим работать в режиме энергосбережения, экономии и улучшения структуры потребляемых топливно-энергетических ресурсов, переходить на более экологически чистые, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, то без систем аккумулирования теплоты и других прогрессивных способов складирования энергии эти задачи, очевидно, нерешаемы.

Литература:

1. И. А. Каримов. «Тенденции и перспективы технологий солнечной энергетики». Материалы 6-го заседание азиатского форума солнечной энергии. г. Ташкент. 2013 год 20–23 ноября.
2. Захидов, Р.А. Энергетика стран мира и Узбекистана в XXI веке //Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики» Ташкент. изд. «Фан» — 2002 у. стр. 27–42.
3. Берковский, Б. Солнечный путь к экономическому развитию и охране окружающей среды. //Теплоэнергетика. М., 1996 г. №5.
4. Жамалов Аж. Основы расчета и использования плоских солнечных коллекторов в АПК Республики Казахстан. Автореф. дисс. доктора техн. наук. г. Алматы — 1999 г. — 48 с.

## Определение максимального прогиба прямоугольных пластинок

Володин Сергей Сергеевич, аспирант  
Орловский государственный аграрный университет

*В статье на нескольких примерах показано, что с помощью метода интерполяции по коэффициенту формы можно достаточно просто определять величину максимального прогиба прямоугольных пластинок со сложными граничными условиями, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой. В основе метода интерполяции по коэффициенту формы лежит изопериметрический метод. Основным аргументом в получаемых аналитических зависимостях является отношение коэффициента формы к площади области. Все определенное ограниченное подмножество областей имеют граничные (опорные) решения.*

*The article in propose a new geometry method for definite maximum bend plate in form different and complicated limit condition with equality distribution load. At the heart of an interpolation method on a form factor the isoperimetric method lays. The basic argument in received analytical dependences is the relation of a form factor to the area. All decisions for a certain restrained subset of areas have boundary (basic) decisions.*

Метод интерполяции по коэффициенту формы предложен А. В. Коробко [1], его основу положены изопериметрические свойства и закономерности интегральной характеристики формы плоской области — коэффициента формы  $K_f$ . Впервые коэффициент формы был применен Д. Пойа [2] при построении изопериметрических односторонних и двусторонних неравенств для оценки интегральных физических характеристик в некоторых задачах математической физики.

Коэффициент формы плоской области и является количественной характеристикой формы области и выражается через контурный интеграл:

$$K_f = \oint_L \frac{ds}{h}, \quad (1)$$

где  $ds$  — линейный элемент контура области (рис. 1,а);  $h$  — высота, опущенная из полюса, взятого в нутрии области, на касательную к переменной точке контура;  $L$  — периметр области.

Для областей с полигональным контуром (Рис.1) выражение (1) имеет вид:

$$K_{fa} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{h_i} = \sum_{i=1}^n (\text{ctg}\alpha_i + \text{ctg}\beta_i) = \sum_{i=1}^n (\text{ctg}\alpha_i + \text{ctg}\beta_{i-1}), \quad (2)$$

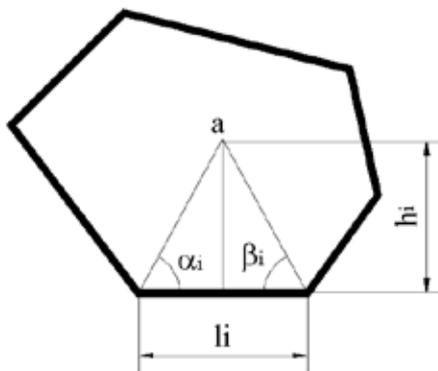


Рис. 1.

где  $l_i$ ,  $h_i$  длина  $i$ -той стороны многоугольника и высота, опущенная из полюса на  $i$ -ю сторону (рис.1);  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  — углы прилежащие к  $i$ -той стороне и ограниченные отрезками прямых, проведенными из полюса в углы полигона;  $n$  — количество сторон многоугольника.

Для прямоугольников коэффициент формы определяется по формуле:

$$K_f = 4(a/b + b/a). \tag{3}$$

Более подробные сведения об этой характеристике приведены в работе [1].

Сущность метода интерполяции по коэффициенту формы заключается в следующем. Выбирается геометрическое преобразование заданной пластинки с таким расчетом, чтобы в полученное множество форм пластинок входили хотя бы две, для которых известны решения, либо их можно получить каким-либо точным или приближенным методом. Имея опорные решения, приводим их к изопериметрическому виду:

$$w = KQ \left( \frac{K_f}{A} \right)^n, \tag{4}$$

где  $n$  и  $K$  — неизвестные параметры.

Эти параметры определяются из известных решений  $(w_0)_1$  и  $(w_0)_2$ , которые называются опорными решениями, а соответствующие им формы пластинок — опорными фигурами. Используя опорные решения и структуру формул, полученных при преобразовании интегро-дифференциальных соотношений технической теории пластинок:

$$n = \frac{\ln(w_{01}/w_{02})}{\ln(K_{f2}/K_{f1} \cdot A_1/A_2)}, \tag{5}$$

$$w_0 = (w_0)_1 \left( \frac{K_{f1} A}{K_f A_1} \right)^n. \tag{6}$$

где индексы 1 и 2 относятся к параметрам двух опорных пластинок. В этих выражениях первые формулы соответствуют опорным пластинкам с различной площадью, а вторые — с равной площадью.

Графически рассмотренная аппроксимация изображена на рисунке 2, где кривая I соответствует действительным значениям  $w_0$ , а кривая II — приближенным решениям, полученным по формуле (6). Приведенные выше рассуждения основывались на непрерывных геометрических преобразованиях, когда изменение формы фигур рассматриваемого множества происходит непрерывно и монотонно.

Таким образом, МИКФ по своей математической сущности является методом интерполяции по коэффициенту формы решений, расположенных между опорными. Применение МИКФ даёт возможность получать простые аналитические зависимости для определения интегральных характеристик в задачах строительной механики, связанных с выпуклой плоской областью. МИКФ также даёт возможность проводить контрольные проверки результатов решений для конкретных фигур, полученных другими приближенными способами, путём построения этих фигур с помощью различных геометрических преобразований.

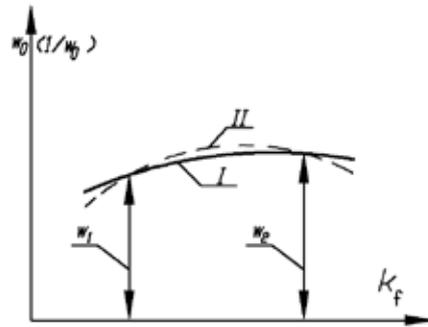


Рис. 2

Рассмотрим прямоугольные пластинки, нагруженные равномерно распределенной нагрузкой, имеющие комбинированные граничные условия.

**Пример 1.** Рассмотрим пластинку постоянной толщины, комбинированно опертую рис. 3, нагруженную равномерно распределенной по всей поверхности нагрузкой. Требуется найти решение и оценить погрешность для прогиба пластинок в виде прямоугольников с соотношением сторон 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,4; 2,6; 2,8.

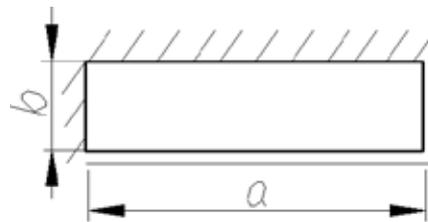


Рис. 3. Условия оперения пластинки

Приняв в качестве опорных фигур пластинки в виде прямоугольников с  $a/b=1$  ( $K_f = 8$ ;  $1000W_0 = 2,2138$ ) и  $a/b=3$  ( $K_f = 13,333$ ;  $1000W_0 = 0,5999$ ) по формулам МИКФ находим максимальный прогиб для заданных пластин, найденные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Значения максимального прогиба прямоугольных пластинок с комбинированными граничными условиями

| Характеристики пластинок | a/b    |        |        |       |        |       |         |        |        |        |        |
|--------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|
|                          | 1      | 1,2    | 1,4    | 1,6   | 1,8    | 2     | 2,2     | 2,4    | 2,6    | 2,8    | 3      |
| $1000W_0$ (МКЭ)          | 2,2138 | 2,1227 | 1,909  | 1,672 | 1,4358 | 1,23  | 1,055   | 0,907  | 0,7856 | 0,684  | 0,5999 |
| $1000W_0$ (МИКФ)         |        | 2,1184 | 1,914  | 1,669 | 1,4389 | 1,231 | 1,055   | 0,9087 | 0,786  | 0,6849 |        |
| $K_f$                    | 8      | 8,1333 | 8,4571 | 8,9   | 9,422  | 10    | 10,6182 | 11,267 | 11,938 | 12,628 | 13,333 |
| Разница, %               |        | 0,2    | 0,27   | 0,2   | 0,22   | 0,12  | 0       | 0,19   | 0,06   | 0,14   |        |

**Пример 2.** Рассмотрим пластинку постоянной толщины, комбинированно опертую рис. 4, нагруженную равномерно распределенной по всей поверхности нагрузкой. Требуется найти решение и оценить погрешность для прогиба пластинок в виде прямоугольников с соотношением сторон 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,4; 2,6; 2,8.

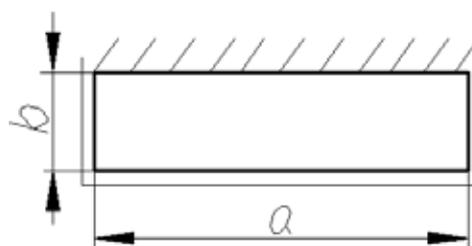


Рис. 4. Условия опирания пластинки

Приняв в качестве опорных фигур пластинки в виде прямоугольников с  $a/b=1$  ( $K_f = 8$ ;  $1000W_0 = 2,886$ ) и  $a/b=3$  ( $K_f = 13,333$ ;  $1000W_0 = 0,603$ ) по формулам МИКФ находим максимальный прогиб для заданных пластин, найденные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Значения максимального прогиба прямоугольных пластинок с комбинированными граничными условиями

| Характеристики пластинок | a/b   |        |        |        |        |        |         |        |        |        |        |
|--------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
|                          | 1     | 1,2    | 1,4    | 1,6    | 1,8    | 2      | 2,2     | 2,4    | 2,6    | 2,8    | 3      |
| $1000W_0$ (МКЭ)          | 2,886 | 2,528  | 2,145  | 1,803  | 1,513  | 1,274  | 1,079   | 0,922  | 0,793  | 0,689  | 0,603  |
| $1000W_0$ (МИКФ)         |       | 2,642  | 2,1836 | 1,8189 | 1,5213 | 1,2785 | 1,0828  | 0,9232 | 0,7953 | 0,689  |        |
| $K_f$                    | 8     | 8,1333 | 8,4571 | 8,9    | 9,422  | 10     | 10,6182 | 11,267 | 11,938 | 12,628 | 13,333 |
| Разница, %               |       | 4,52   | 1,798  | 0,88   | 0,55   | 0,35   | 0,35    | 0,13   | 0,3    | 0      |        |

Анализируя результаты, представленные в таблицах 1 и 2 можно сделать вывод о том, погрешность решения, полученного с помощью метода интерполяции по коэффициенту формы (строка 2 табл. 1 и 2) и метода конечных элементов (строка 1 табл. 1 и 2) мала и не превышает 5%.

Таким образом, МИКФ дает возможность достаточно просто и с высокой степенью точности находить значения изгиба в задачах строительной механики пластинок, связанных с прямоугольными областями с комбинированными граничными условиями.

Литература:

1. Коробко, А.В. Геометрическое моделирование формы области в двумерных задачах теории упругости. [Текст]/В.И. Коробко — М.: Изд-во АВС, 1999. — 320 с.
2. Поля, Г., Сега Г. Изопериметрические неравенства в математической физике. — М.: Госматиздат, 1962. — 336 с.
3. Фетисова, М. А., Калашникова Н.Г. Определение максимального прогиба трапециевидных пластинок с комбинированными граничными условиями с помощью МИКФ/Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». — Орел: изд-во ОрелГТУ, 2009. — №1. — с. 65–67.
4. Коробко, А.В., Фетисова М.А. Определение поперечного изгиба методом интерполяции по коэффициенту формы при аффинном преобразовании пластинок в виде ромбов и параллелограммов с комбинированными граничными условиями/Промышленное и гражданское строительство. Москва, 2010. — №1. — с. 23–24.
5. Коробко, А.В., Фетисова М.А. Способы решения задач поперечного изгиба трапециевидных пластинок/«Строительство. Реконструкция». — Орел: изд-во ОрелГТУ, 2010. — №1. — с. 36–39.

### A few words about space tourism

Вяткин Максим Федорович, студент;  
 Куимова Марина Валерьевна, кандидат педагогических наук, доцент  
 Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Vyatkin Maksim Fedorovich, student  
 Kuimova Marina Valeryevna, PhD in Methods of TFL  
 National research Tomsk polytechnic university

*Space travel is life-enhancing, and anything that's life-enhancing is worth doing.  
 It makes you want to live forever.  
 Ray Bradbury*

Some years ago it would have been impossible to think about space travel. Nowadays, with the development of industry able to send humans safely into space and return

them back, it's an expensive endeavor, but it is quite real for those who can afford it, want to experience weightlessness and watch the Earth.

In general, space tourism is a journey for leisure or business purposes. Currently there are two major companies that organize tourist flights in space: Virgin Galactic and Space Adventures, the latter of which works together with ROS-COSMOS. By 2020 Space Adventures plans to organize tourist flights around the Moon [1].

Space tourism has many benefits: it:

- gains a great deal of public attention which leads to significant investments into space industry;
- promotes the development of cutting-edge and safer technology;
- contributes to the development of innovations and research;
- leads to discovery from space research;
- provides new jobs;
- helps to gain priceless knowledge and experience about outer space;
- raises the environmental consciousness;
- promotes global communication and cooperation.

Space tourism has promoted the search for the medication for space sickness. In space, these symptoms begin as early as 7 minutes in orbit and may last 1 to 5 days [7].

Space tourism favors the decrease of launch costs and makes space open for business. The development of space technology and methods contribute to the better understanding of our universe and planet.

Space exploration may bring about the discovery of new minerals and materials. We may encounter with living beings that are better developed [5].

However, space industry goes through a certain tension as some countries are very concerned about the safety of sending its citizens into space. The growth of space tourism has its drawbacks. These include:

- astronomically high price for the technology;
- huge amounts of energy to load space shuttles;
- waste of natural resources;
- high set-up costs;
- negative environmental impact on outer space (pollution with space rubbish);
- human's being in the hostile environment which involves harsh and challenging conditions to the health of space tourists;
- space radiation;

References:

1. Горбунова Т.Г., Савельева В.В., Федорова Н.В. Космический туризм // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2013. Т. 2. №9. с. 78–79.
2. Кутепова Г.Н. Перспективные направления космического туризма: формирование потребительского спроса // Научный вестник МГИИТ. 2013. №4 (24). с. 10–17.
3. Пурхало А.Н., Козловская В.А. Космический туризм. Угроза или надежда наших дней? // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. Т. 2. №7. с. 396–397.
4. Румянцева Е.В. Космический туризм — правил нет! // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. Т. 2. №7. с. 284–285.
5. Oak M. Pros and cons of space exploration. <http://www.buzzle.com/articles/pros-and-cons-of-space-exploration.html> (accessed March 27, 2015).

— tourists' medical limitations to space flights of various durations [3, 6].

In addition, space tourists may unconsciously/unwillingly introduce harmful microorganisms from space into the atmosphere of Earth.

There are many «blank pages» in the law regarding the distribution of responsibility among tourist, tour operator and service provider, unresolved issues about the role of state, guaranteeing the safety of space tourists, selection criteria and peculiarities of preflight preparation [4].

To advance people's interest in this rather new and exotic kind of travelling, the following requirements should be addressed:

- support of space industry by the government;
- creation of laws and regulations;
- funding of the space tourism industry;
- attraction of private funds [2].

At present, Russia has technical means and scientific resources for sub-orbital and orbital space flights. According to the forecasts, by 2040–2050 we will have enough space tour operators who will deal with flights at heights of up to 100 km., as now companies carry out the transportation of citizens from one place to another. Moderate prices will accommodate most everyone who wishes to go to space. Moreover, suborbital flights will take passengers who want to travel to various corners of our planet, to reduce the time spent on reaching the destination. Eventually there will be commercial companies that will take passengers to both the International Space Station and private space stations. It will promote the psychological necessity of space tourism and satisfy people's yearning after adventure. There should be special tourist centers for preparing space tourists [2].

Space tourism is not just fun for the rich. It is a noble endeavor and a step towards space settlement [8]. We live in an epoch where space tourism is rapidly becoming a profitable commercial activity. It is undeniable that the development of space tourism is an inevitability which has a number of drawbacks. Despite all of them, space tourism is an exciting, glorious adventure allowing travellers to gain unusual, precious experience and knowledge. Moreover, if we launch vehicles on regular trips, they will be much safer and quicker. Space tourism is a force for progress, science, research, medicine and industry.

6. Space tourism: Is it safe? [http://www.oecdobserver.org/news/archivestory.php/aid/1242/Space\\_tourism:\\_Is\\_it\\_safe\\_.html](http://www.oecdobserver.org/news/archivestory.php/aid/1242/Space_tourism:_Is_it_safe_.html) (accessed March 27, 2015).
7. Stone B.A. Space tourism: exploring a new industry. [http://www.spacefuture.com/archive/space\\_tourism\\_exploring\\_a\\_new\\_industry.shtml](http://www.spacefuture.com/archive/space_tourism_exploring_a_new_industry.shtml) (accessed March 17, 2015).
8. The space movement. <http://www.nss.org/spacemovement/tourism.html> (accessed March 20, 2015).

## Метод расчёта производительности вертикально-вибрационных смесителей

Гарькин Игорь Николаевич, ассистент;  
 Артюхина Оксана Викторовна, студент;  
 Еркин Дмитрий Валерьевич, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Рассматриваются методы расчёта вертикально-вибрационных смесителей и бункеров, что позволяет эксплуатировать смеситель более эффективно, по сравнению с заложенными в паспорте значениями.*

**Ключевые слова:** метод расчёта, увеличение производительности, смеситель, бункер со шнековым дозатором, экспертиза промышленной безопасности.

В настоящее время в реальном секторе экономики зачастую требуется увеличить производительность различного оборудования. Увеличение производительности оборудования можно достигнуть несколькими способами:

1. Провести модернизацию имеющегося оборудования;
2. Провести замену оборудование на более мощное;
3. Провести проверочные расчёты на возможность эксплуатации с повышенной производительности (превышающие показатели, заложенные в техническом паспорте на устройство).

Рассмотрим последний вариант на примере смесителя И7-СНД-1,5.00.000 и бункера со шнековым дозатором А1-ИЖР/6-02 метод расчёта с целью увеличения производительности оборудования.

Проверочные расчёты необходимо проводить с целью занесения нового показателя производительности в паспорт в технического устройства. Соответственно такой расчёт должна выполнять организация, имеющая соответствующую лицензию и выполнять такой расчёта в рамках проекта технического перевооружения с дальнейшей про-

ведение экспертизы промышленной безопасности проекта [1...3].

Определение производительности смесителя И7-СНД-1,5.00.000 по техническим характеристикам. На рисунке 1 изображены размеры необходимые для смесителя, на рис. 2 фото бункера со шнековым дозатором, на рис. 3 схема шнекового дозатора.

### Исходные данные:

Размер лопатки (АхВ) — 80х65,8 см х6,5 см (по замерам)

Диаметр вала  $d$ - $\phi 70$  мм- $\phi 7$  см (по замерам)

Шаг витков  $t$ -100 мм-10 см (паспорт)

Частота вращения шнека  $w$ -150 об/мин (по замерам)

Удельный вес продукта  $\rho$ -1,01 г/см<sup>3</sup> (справочный)

КПД — 80% (справочный)

### Расчёт:

Площадь захватываемого материала при наклоне лопаток к нормали 30°:

$$S = ABn \quad S = 8 \times 6,5 \times 4 = 182 \text{ (см}^2\text{)}$$

При  $t = 10$  см объем материала за 1 оборот  $V = 1820 \text{ см}^3$

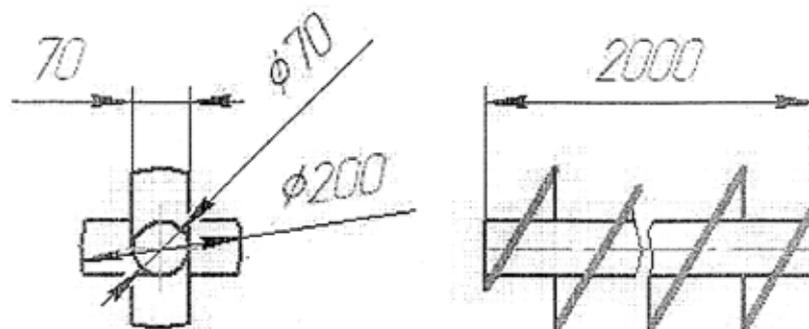


Рис. 1. Размеры смесителя

Масса  $M$  за 1 оборот шнека  $M = V\rho M = 1820 \times 1,01 = 1840$  (г) = 1,84 (кг)

Производительность при  $w = 150$  об/мин за 1 час

$P = 1,84 \times 150 \times 60 = 16560$  (кг/час) = 16,56 (т/час)

Учитывая КПД = 0,8

Реальная производительность  $Pr = 16,56 \times 0,8 = 13,3$  (т/час)

Определение производительности бункера со шнековым дозатором А1-ИЖР/6-02 по техническим характеристикам

**Исходные данные:**

Диаметр шнека  $D$  — ф320 мм — ф 32 см (паспорт)

Диаметр вала  $d$  — ф 60 мм — ф 6 см (по замерам)

Шаг витков  $t$  — 200 мм — 20 см (паспорт)

Частота вращения шнека  $w$  — 0–13 об/мин (по замерам)

Удельный вес продукта  $\rho$  — 1,06 г/см<sup>3</sup> (справочный)

КПД — 80% (справочный)

**Расчёт:**

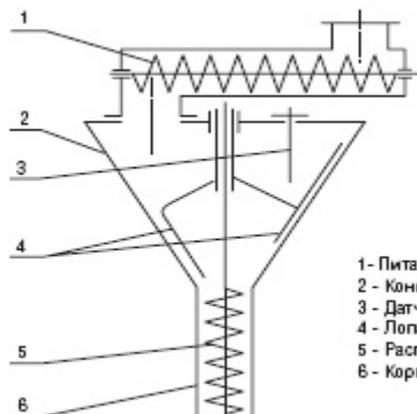
Объем  $V$  за 1 оборот шнека  $V = (D^2 - d^2) t / 4$   $V = 3,14 (32^2 - 6^2) 20 / 4 = 15520$  (см<sup>3</sup>)

Масса  $M_1$  за 1 оборот шнека  $M_1 = V\rho$   $M_1 = 15520 \times 1,06 = 16450$  (г) = 16,45 (кг)

При оборотах  $w = 13$  мин<sup>-1</sup> (max) производительность:



Рис. 2. Бункер со шнековым дозатором



- 1 - Питающий шнек;
- 2 - Конический дункер;
- 3 - Датчик уровня продукта;
- 4 - Лопасти мешалки;
- 5 - Расположение шнеков шнека;
- 6 - Корпус дозирующего шнека.

Рис. 3. Схема шнекового дозатора

За 1 мин  $P_{13} = M_1 w_{13} P_{13} = 16,45 \times 13 = 214$  (кг)

С учетом КПД  $P_{13} = 171$  (кг)

За сутки  $PS_{13} = 171 \times 1440 = 246000$  (кг) = 246 (т)

При оборотах  $w = 6 \text{ мин}^{-1}$ :

$PS_6 = 113,5 \text{ т/сут}$

Таким образом, согласно расчётам производительность смесителя И7-СНД-1,5.00.000 и бункера со шнековым дозатором А1-ИЖР/6—02 превышает заложенную в паспорте примерно на 20%. Однако следует отметить, что эксплуатация в более интенсивном режиме способ-

ствует более быстрому износу оборудования, что влечёт за собой значительные материальные издержки при его ремонте. Авторы предлагают использовать ряд методов и технологий способствующих снизить износ оборудования и как следствие снизить материальные издержки предприятия. С разработками можно познакомиться в работах [4...6], данные методы были разработаны на кафедрах Пензенского государственного университета архитектуры и строительства.

Литература:

1. Фадеева, Г.Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений: характерные проблемы [Текст] // Молодой ученый. — 2014. — №4. — с. 285—286.
2. Фадеева, Г.Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Промышленные железобетонные дымовые трубы: методика проведения экспертизы // Современная техника и технологии. 2014. №8 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/08/4325> (дата обращения: 12.08.2014).
3. Фадеева, Г.Д. Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности промышленных дымовых металлических труб [Текст] // Молодой ученый. — 2014. — №12. — с. 117—119
4. Данилов, А. М., Гарькин И. А., Гарькин И. Н. Управление объектами на подвижном основании: оптимизация конструктивной и структурной схем // Региональная архитектура и строительство. — 2014. — №3. с. 102—108
5. Гарькин, И. А., Гарькин И. Н. Идентификация и аппроксимация колебаний конструктивных элементов [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — №3. — с. 44—48.
6. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Гарькин И. Н. Защита от удара и сопровождающей вибрации: экспоненциально-тригонометрическая аппроксимация функций // Региональная архитектура и строительство 2012. №3. с. 85—88.

### Обследование конструкций изотермического резервуара

Гарькин Игорь Николаевич, ассистент;  
 Артюхина Оксана Викторовна, студент;  
 Кормилицын Александр Николаевич, инженер  
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Статья продолжает цикл работ, посвящённый методам проведения экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) зданий, сооружений и различных технических устройств [1..5].

Рассмотрим методику проведения ЭПБ для изотермического резервуара УДХ-8,0 (установки длительного хранения жидкой двуокиси углерода), основной задачей которой является выявление дефектов влияющих на безопасную эксплуатацию резервуара и расчёт остаточного ресурса. Приведём краткие характеристики резервуара:

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| Емкость сосуда          | 8,0 м³.                        |
| Рабочее давление        | 2,4 МПа                        |
| Пробное давление        | 3,0 МПа.                       |
| Рабочая температура     | от минус 43,6 до минус 13,4°С  |
| Рабочая среда           | жидкая двуокись углерода       |
| Назначенный срок службы | 15 лет (п. 2.2 ГОСТ 19663–90). |

Согласно п. 6.1 РД 03–421–01 оценка ресурса основных несущих элементов сосуда, подвергающегося действию коррозии, выполняется по формуле:

$$T_k = \frac{S_\phi - S_p}{a}, \text{ где}$$

где  $T_k$  — остаточный ресурс, годы;  
 $S_\phi$  — фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм;  
 $S_p$  — расчетная толщина стенки оцениваемого элемента, мм;  
 $a$  — скорость коррозии, мм/год.

Величины  $S_p$  определены, исходя из результатов поверочного прочностного расчета.

Скорость коррозии определяется:

$$a = \frac{S_\phi(t_1) - S_\phi(t_2)}{(t_2 - t_1) \cdot 0,75 \cdot 1,0}, \text{ где}$$

$S_{\phi}(t_1), S_{\phi}(t_2)$  — фактическая минимальная толщина стенки, определенная при первом и втором обследовании, соответственно, мм;

$t_1, t_2$  — время от начала эксплуатации сосуда до момента первого и второго обследования соответственно

*Расчёт минимально допустимых толщин элементов сосуда*

1. Определение минимально допустимой (расчетной) толщины стенки обечайки согласно ГОСТ 14249–89:

$$s_p = \frac{pD}{2[\sigma]\phi - p},$$

где:

$D$  — внутренний диаметр обечайки;

$[\sigma]$  — допускаемое напряжение;

$p$  — МПа — рабочее давление;

$\phi = 1$  — коэффициент прочности сварных соединений;

$s_p < s_{\min}$

2. Определение минимально допустимой (расчетной) толщины стенки эллиптических днищ согласно ГОСТ 14249–89:

$$s_p = \frac{pR}{2[\sigma]\phi - 0,5p},$$

где:

$R = D$  — радиус кривизны в вершине днища;

$s_p < s_{\min}$

*Условие статической прочности выполняется.*

Расчёт допускаемого давления для элементов сосуда (статическая прочность)

1. Определение допускаемого давления для обечайки согласно ГОСТ 14249–89:

$$P_{\partial on} = \frac{2s_{\min}\phi[\sigma]}{D + s_{\min}}$$

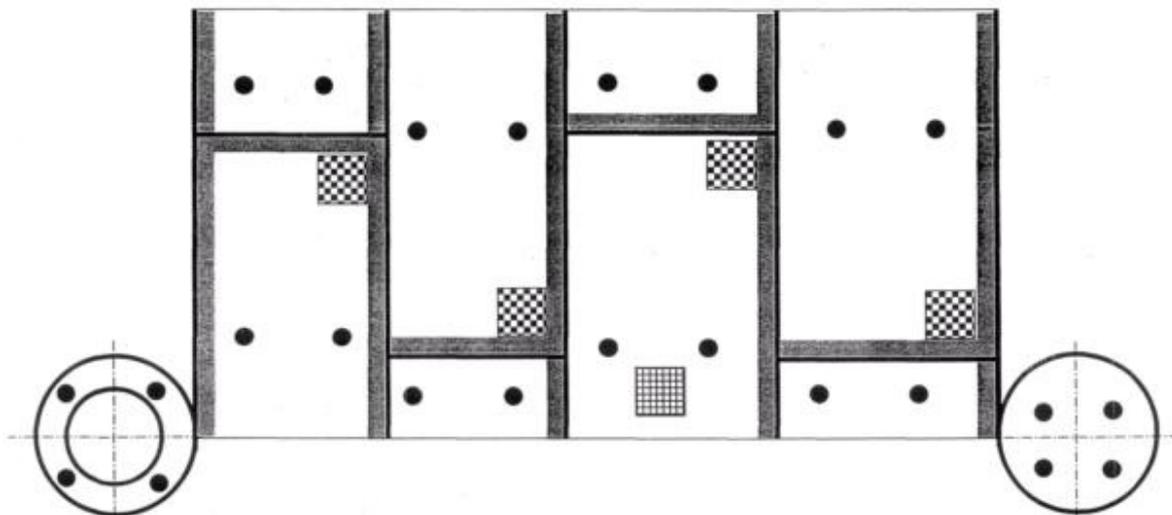


Рис. 1. Схема расположения мест, видов контроля и количества измерений: -область цветной дефектоскопии; -области изъятия проб на хим. анализ, — область проведения ультразвуковой дефектоскопии.

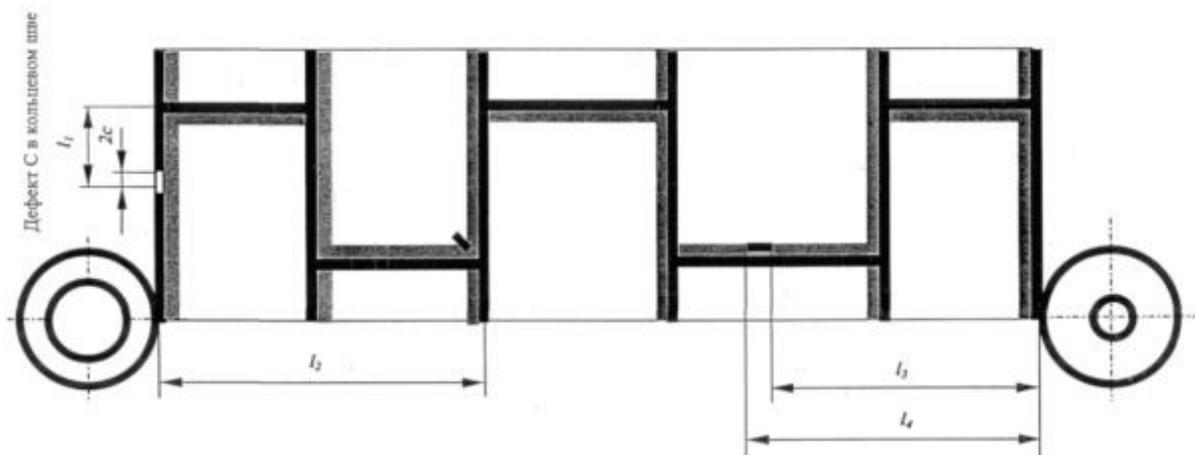
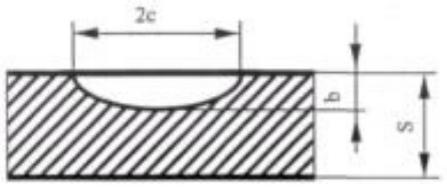
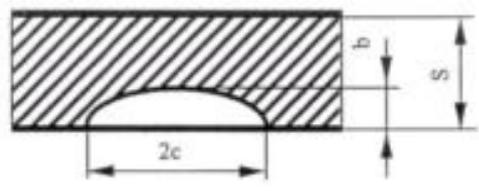


Рис. 2. Карта дефектов (дефект №1 у пересечения шва, дефект №2 в ОШЗ продольного шва)

Таблица 2

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| <p>Рис. 2а Дефект №1</p>  | <p>Рис. 2б Дефект №2</p>   |

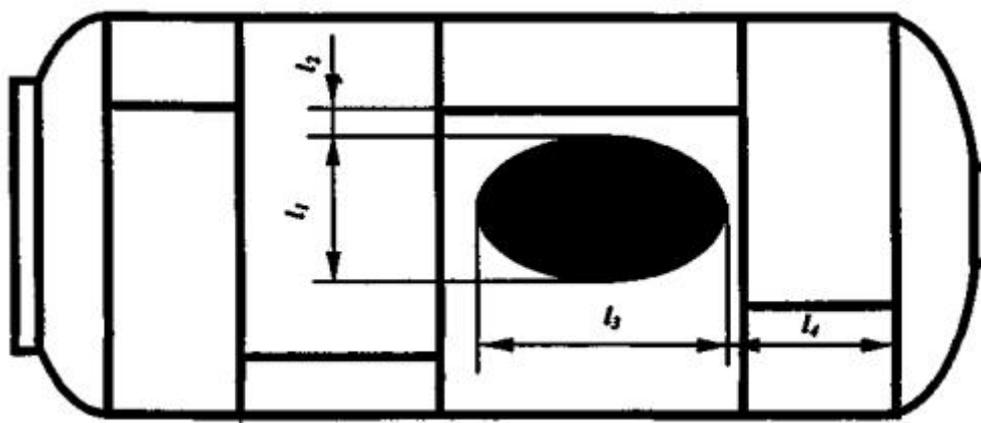


Рис. 3. Область расположения трещиноподобных дефектов

$$p_{дон} > p$$

2. Определение допускаемого давления для эллиптических днищ согласно ГОСТ 14249–89:

$$p_{дон} = \frac{2s_{\min} \phi[\sigma]}{R + 0,5s_{\min}}$$

$$p_{дон} > p$$

Литература:

1. Кузьмишкин, А. А., Гарькин И. Н., Кормилицын А. Н. К вопросу рассмотрения проектной и эксплуатационной документации при экспертизе промышленной безопасности зданий и сооружений // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 10–1 (42). с. 142–143.
2. Фадеева, Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Промышленные железобетонные дымовые трубы: методика проведения экспертизы // Современная техника и технологии. 2014. № 8 (36). с. 47–50.
3. Фадеева, Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений: характерные проблемы // Журнал «Молодой ученый», № 4 (63, апрель 2014 г.), Ч. 4 с. 285–287
4. Гарькин, И. Н., Гарькина И. А. Системные исследования при технической экспертизе строительных конструкций зданий и сооружений // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13139> (дата обращения: 19.05.2014).
5. Фадеева, Г. Д. Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности промышленных кирпичных труб [Текст] // Молодой ученый. — 2014. — № 11. — с. 122–125.

На рис 1–3 отображены места расположения вероятных дефектов, их виды и т. д. Данные приведённые ниже можно использовать при проведении обследования или экспертизы промышленной безопасности

Таким образом, грамотой и вовремя проведя обследования изотермических резервуаров можно повысить срок безопасной эксплуатации данных технических устройств.

## Innovative approach to the research of some constructive parameters of plant for dose of tanner materials in a food industry

Гасанов Сеймур Лятиф оглы, докторант, научный сотрудник  
Азербайджанский технологический университет (г. Гянджа)

Hasanov Seymur Latif oglu, PhD. postgraduate  
Azerbaijan Technology University (Ganja)

*Scientific article is dedicated to the theoretical grounding of constructive parameters of plant for dose of tanner materials in a food industry on the basis of innovative approach and methods. In scientific work also has given information on use of this plant in other technologic processes.*

**Key words:** *new technologic plant, food industry, Ganja, tanner materials*

### Introduction

The food industry sector has special importance in the economy of the country. Thus, more than half of the population living in rural areas of the country, providing employment, food production, raw materials to achieve greater economic efficiency, have high environmental and quality of food products, exporting products to the developed countries as a result of new technologies and technical means to achieve formation and reliable supply of food is of great importance [1–2]. In addition to the above-mentioned and other positive characteristics, there are problems to be solved in this field. In this regard, the technological and economic performance of the food industry in innovative technologies and the demand for infrastructure is no exception. Taking into account the above-mentioned technology and hardware complex at great economic cost of imports, currently used by technical means such as technological, operational, environmental and economic indicators are low and then the problem seems to be more and more pronounced. With the introduction of innovative technologies and technical means in the country's food production facilities can be a foundation for the reconstruction of the solution to the problem.

### Materials and methods

Our goal is to continuously bulk materials in the food industry for a couple of division into equal parts to create a dosing device is of particular importance in this respect. In order to obtain a high quality product components, which form the basis for the precise dosing of the most important technological processes in production of bakery products is one of dosing.

The main raw material for bakery flour, water, sugar, salt, butter, milk, eggs, ripples, flavored and color items. Therefore, it is important to separate components. The shape of the theoretical and practical research, design parameters and operating conditions basis, the invention of a new device has been created [3–5].

As you can see from the image device operational dosing schedule even distribution of bulk material dosing device,

which is used in several places in the right side of the pyramid is linked with the number of members. As can be seen from the number of faces in the right side of the pyramid schemes, as well as the side faces of the forms (linear or curvilinear), choosing the distribution of the quality of the material is aimed.

Now the consumption norm (for each part of the material is divided) is connected to a dosing device a scheme design parameters (picture 3) as seen in the bulk material is divided into sections, except for one live cut (the window).

### Discussion of results

The mass of the dosing material, except that the live crowd cut (taking into account that the area of the proposed dispersal device installed in the window at the bottom of the body, the inner diameter of the ring-shaped parts using a variety of, in other words, the output window at the bottom of the pyramid, the height of the body dispersal device various values installed (dispersal device by changing the state of the body along the vertical axis with respect to the pyramid), the dosing material mass can be solved easily.

The proposed solution to the issue is the fact that, at the lower part of the windows, and the dispersal of various parameters at the window frame to cover the body of the dispersal device placed symmetrically with respect to each other down the side of the ring-shaped portion and a seat in the kinematics of the fact that the pyramids were used properly, the spreading out of the office window at the bottom of the body of the pyramid-shaped units of various heights and side faces of hoop a variety of different internal diameter of the surface flatness of linear and curvilinear incision pyramids can also be used properly.

The appearance of the corresponding dispersal device. 1, the spreading out of the office window of the body and its built-in, with a variety of built-in relationship with a combination of groove diameter (which is the same as the outer diameter) ring-shaped parts with various values of the height of the pyramid ( $H_i$ ) on fig. 1 high situation, fig. 2 from AA; BB and CC images on fig. 1, material is removed from the field of live cut dependence on dispersal device to determine the other parameters are given in the schemes fig. 1 and fig. 2.

Dispersal device structure is as follows: dispersal device, which in the bulk material, item 3 out of shape at the bottom of the window, but the inner diameter of the outer diameter of the thread with a combination of different parts of the ring-shaped ring 4 of 4 could be placed symmetrically with respect to the seat is placed on the lower side, with the kinematic 2 depressed the pyramids in the pyramid formed by the side of his face in the ring live through the incision (Figure 1) from the right side of the four faces of the pyramid-shaped portion of the ring created by the bulk of the material is removed from the segment of a circle-shaped pieces of Gord live incision [Fiseq (Hi)] (fig. 1), but both are listed), except in the case of the bulk material contained in a compact 6.8–2 to fill the pyramid.

### Conclusion

1. The mass of the dosing material, except that the live crowd cut (taking into account that the area of the proposed dispersal device installed in the window at the bottom of the

body, the inner diameter of the ring-shaped parts using a variety of, in other words, the output window at the bottom of the pyramid, the height of the body dispersal device various values installed (dispersal device by changing the state of the body along the vertical axis with respect to the pyramid), the dosing material mass can be solved easily.

2. The working principle of the device is performed in the following sequence of dispersal: dispersal device before releasing the work into several equal sharing of material and to regulate the flow rate, which is the same number in the right side of the face of the pyramid, and the ring-shaped part 4 is 2. The bulk of the material chosen for the part of the body in the form of a ring-shaped cover 3 in 1 is attributed to a combination of groove, compared to the required height of the pyramid  $H_i$  installed 2.

3. Thus, theoretically justified by the performance of the proposed new processing plant for further proof of the effectiveness of the application process.

4. Application importance of this plant is high on the basis of research of innovative technologies and methods.

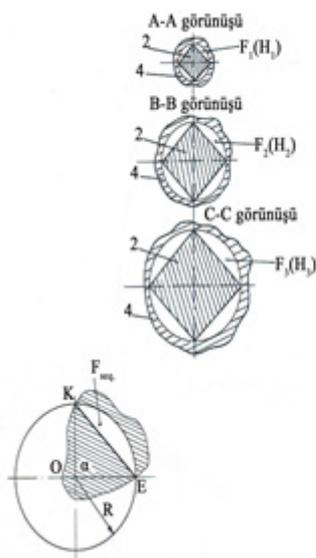


Figure 1

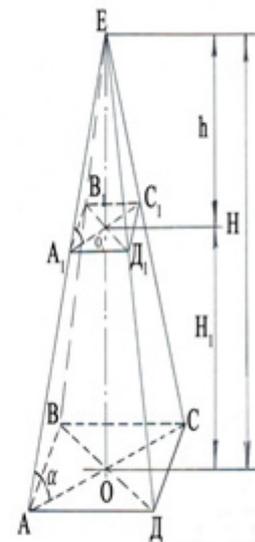


Figure 2

### References:

1. Məlikov Ə. Q., Həsənov S. L. Qənnadı məmulatları istehsalında istifadə olunan əsas ekstruder qurğularının mühüm texniki parametrlərinin tədqiqi // AMEA Gəncə Regional Elmi Mərkəzin Xəbərlər məcmuəsi, 2009, №35. — S. 88–90.
2. Азаров Б. М., Арет В. А. Инженерная реология пищевых производств. М.: МТИПП., 1978. — 112 С.
3. Məlikov Ə. Q. Şekli işçi orqanlı dozlaşdırıcının əsas parametrlərinin tədqiqi //AMEA Gəncə Regional Elmi Mərkəzin Xəbərlər məcmuəsi, 2007, №27. — S. 74–76.
4. Maşın detalları və konstruksiya etmənin əsasları. Bakı: Təhsil, 2003.
5. Məlikov Ə. Q., Həsənov S. L. Ekstruziya ilə formalayıcı maşının əsas parametrlərinin tədqiqinə dair // Gəncə Dövlət Universitetinin Elmi xəbərləri. Fundamental, humanitar və təbiət elmləri seriyası, 2011, №2. — S. 32–35.
6. Məlikov Ə. Q., Həsənov S. L. Yeyinti sənayesində səpələnən materialların dozlaşdırılması üçün qurğunun konstruktiv parametrlərinin nəzəri əsaslandırılması // AMEA Gəncə Bölməsinin Xəbərlər məcmuəsi, 2013, №52. — S. 130–143.

## Структуризация целостной эргатической системы

Давыдов Александр Станиславович, студент;

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Рассматриваются преобразования структурной схемы целостной эргатической системы для управления продольным движением транспортного самолета на стадии когнитивного моделирования.*

**Ключевые слова:** эргатические системы, структуризация, продольное движение, параметрическая идентификация, когнитивное моделирование.

Основная трудность идентификации целостной эргатической системы заключается в переходе от описательных структурных схем к формализуемым. Она связана с организмическим принципом управления в эргатической системе (объект предопределяет поведение оператора; управление организмически оптимально). Так, в соответствии с уравнениями продольного движения [1...3] транспортного самолета структурную схему эргатической системы можно привести к виду, изображенному на рис. 1. Ее можно преобразовать к виду, приведенному на рис. 2. Здесь достаточно ясными становятся трудности, возникающие при формализации эргатической системы в терминах автоматического регулирования. Они заключаются в составлении уравнения замыкания, а также в определении некоторой эквивалентной передаточной функции  $W_{oc}(p)$ , характеризующей связь мысленного образа  $Q_{вых}$  выходной координаты  $y$ .

Нетрудно видеть, что предлагаемая на рис. 2 структурная схема является лишь детализацией схемы, приведенной на рис. 1.

Действительно, в результате структурных преобразований схемы 2 легко получить схему, приведенную на рис. 1.

Из сравнения схем следует:

$$W_1(p) = \frac{W_i}{1 + W_i \dot{W}_m \left( W_{\delta} \hat{W}_c \right) p}$$

Коэффициенты  $p_1, p_2$  характеризуют  $W_{oc}(p)$ . При необходимости вместо них можно взять более сложные передаточные функции. Проведя приводимые структурные преобразования схемы 2, получим схемы, изображенные на рис. 3,4.

Литература:

1. Andreev, A. N., Danilov A. M., Klyuev B. V., Lapshin E. V., Blinov A. V., Yurkov N. K. Information models for designing conceptual broad-profile flight simulators/Measurement Techniques. August 2000. — Vol. 43. Issue 8. — P. 667–672.
2. Будылина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М. Приближенные методы декомпозиции при настройке имитаторов динамических систем/Региональная архитектура и строительство. — 2013. — №3. — с. 150–156.

Сигнал  $x(t)$  позволяет определить программное движение и сигнал по стабилизации программного движения. Это позволяет составить уравнение замыкания в терминах отклонения ручки управления, то есть программное движение задавать функцией  $m_x(t)$ , выходную координату — функцией  $x(t)$ , а ошибку — функцией  $\left( -\overset{\circ}{x}(t) \right)$ .

При этом получим верное равенство

$$x(t) = m_x(t) + \overset{\circ}{x}(t).$$

Как видим, эргатическая система оказалась формализованной.

Для идентификации передаточной функции  $W_0$  можно воспользоваться соотношением:

$$W_0(j\omega) = \frac{S_F(j\omega)}{S_k(j\omega)},$$

где

$$S_F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} (K_{lx}(t) - K_l(t)) e^{-j\omega t} dt,$$

$$S_k(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} K_{lx}(t) e^{-j\omega t} dt,$$

$K_k(t), K_l(t)$  — корреляционные функции.

Приближенные значения неизвестных параметров объекта и человека-оператора можно определить по полученной передаточной функции  $W_0(j\omega)$  (в соответствии со структурными схемами 3,4).

Приведенный подход использовался на стадии когнитивного моделирования продольного движения рассматриваемых целостных эргатических систем [4...6].

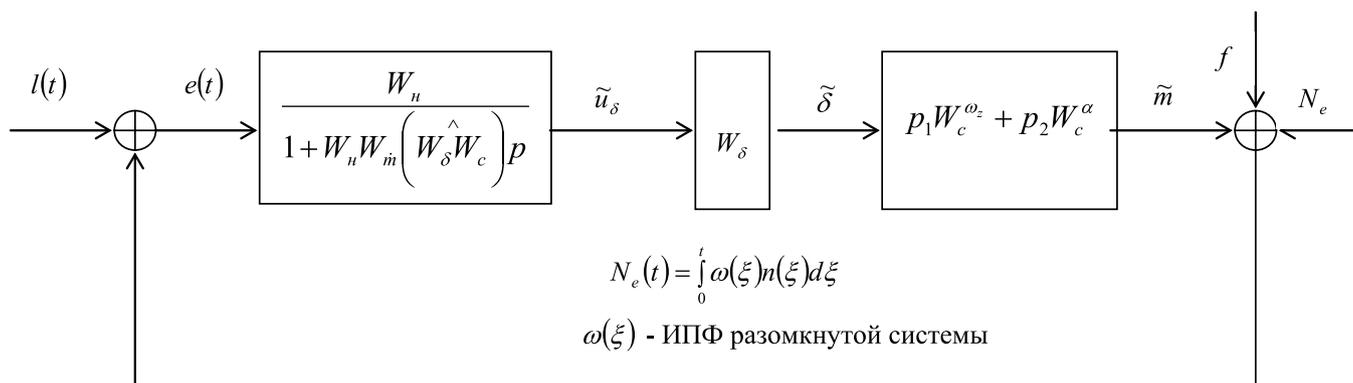


Рис. 1

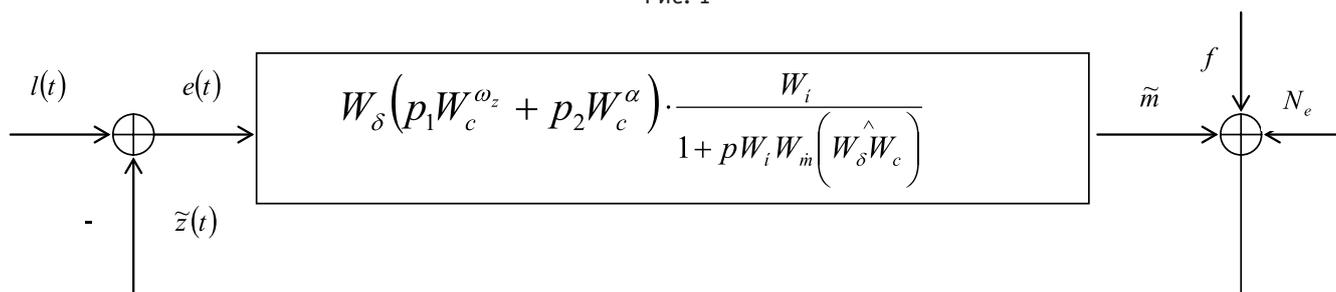


Рис. 2

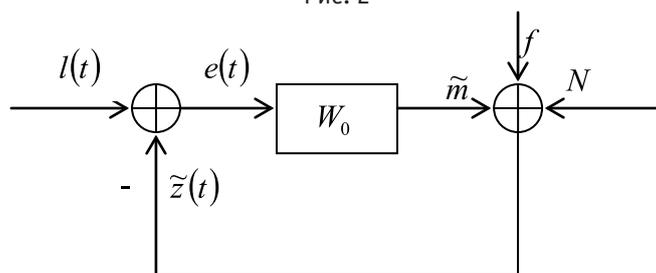
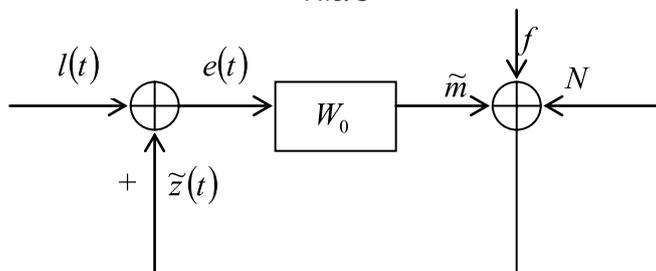


Рис. 3



$$z(t) = -\tilde{z}(t); e(t) = z(t) + l(t); -\dot{x}(t) = m_x(t) - x(t) \left( x(t) = m_x(t) + \dot{x}(t) \right)$$

Рис. 4

3. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Королев Е. В. Когнитивное моделирование при синтезе композиционных материалов как сложных систем/Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2009. — №3–4. — с. 30–37.
4. Данилов, А. М., Гарькина И. А. Теория вероятностей и математическая статистика с инженерными приложениями: учебное пособие. — Пенза: ПГУАС. — 2010. — 228 с.
5. E. Budylnina, A. Danilov. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, 2015, no. 10, 415–420 <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5256>
6. Гарькина, И. А., Сухов Я. И. Некоторые соображения о корректности и точности линейной аппроксимации уравнений движения эргатической системы/Молодой ученый. — №3 (83). — 2015. — с. 245–247.

# Молодой ученый

Научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 7 (87) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметова Г. Д.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Авдеюк О. А.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
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.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенюшкин Н. С.  
Ткаченко И. Г.  
Яхина А. С.

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

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

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: info@moluch.ru

http://www.moluch.ru/

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4