

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал



10
2013
Часть I

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 10 (57) / 2013

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Ответственный редактор: Кайнова Галина Анатольевна

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)*

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

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

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

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

Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*

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

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

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

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

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

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

Художник: Евгений Шишков

Верстка: Павел Бурьянов

На обложке изображен Вильгельм фон Гумбольдт — немецкий филолог, философ, языковед, дипломат.

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 «Конверс», г. Казань, ул. Сары Садыковой, д. 61

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Атамуратов А.Ж.

Исследование подходов к решению задач математической физики на примере уравнения колебаний прямоугольной мембраны.....1

Новиков А.С.

Поведение полой оболочки при воздействии взрыва неконтактного заряда конденсированного ВВ 6

Покорная О.Ю.

Дифференциальные игры в военных конфликтах 10

Покорная О.Ю.

Использование функции Грина в прикладной механике13

Слынько С.Ю.

Из опыта работы по введению ФГОС по математике в 5 классе15

ФИЗИКА

Григорьева Ж.В.

Применение опорных конспектов на уроках физики.....21

Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Козлов А.М., Бесклеткин В.В., Авдеев А.С., Киряков Г.А., Чернов М.В., Габзалилов Э.Ф., Иванин А.Ю.

Программирование линейного асинхронного двигателя с числом пазов в индукторе равном шесть23

Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Козлов А.М., Бесклеткин В.В., Авдеев А.С.,

Киряков Г.А., Чернов М.В., Габзалилов Э.Ф., Иванин А.Ю.

Моделирование линейного асинхронного двигателя с укладкой обмотки индуктора ($Z_1 = 6$) через спинку ярма39

Иванова О.М., Суховольская В.В., Петров В.А.

Компьютерные технологии как инструментальный обучения физике на лабораторной работе.....55

Иванова О.М.

Измерение импульсным методом коэффициента теплового расширения сплавов хром-кремний, богатых хромом 57

ХИМИЯ

Иванова Я.О.

Обзорная статья по проблемам альтернативной биохимии и химической эволюции 61

Румянцева Е.Л.

Влияние дисперсионной среды на кристаллизацию синтетического гипса.....63

Фозилов С.Ф., Рузиева К.Э., Атауллаев Ш.Н., Худойбергенов А.А.

Синтез и исследование полиметакрилатных гетероциклических высокомолекулярных соединений в качестве депрессорных присадок66

ИНФОРМАТИКА

Гостевская О.В., Авдеюк О.А., Лемешкина И.Г., Поляков В.С., Курапин А.В.

Обоснование выбора ЯВУ для преподавания основ алгоритмизации первокурсникам технического университета 70

Кабедова И.Г.

Эталонные списки и метод сопоставления с образцом для организации диалога на естественном языке при изучении декларативного языка Пролог.....72

Мальцева Т.В.

Разработка алгоритмов для построения частотных словарей.....75

Чугреев В.Л.

Моделирование многопараметрических систем на основе информационных потоков78

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Анисимов Е.Е., Друзьянова В.П.

Автотранспорт и окружающая среда82

Анохина Е.С., Ребезов М.Б., Нагибина В.В., Асенова Б.К., Максимюк Н.Н.

Исследование степени биоразлагаемости разработанных моющих композиций84

Арискин М.В., Гуляев Д.В., Родина Е.В.

К расчету несущей способности соединений на клеенных шайбах86

Арискин М.В., Родина Е.В., Гуляев Д.В.

Подготовка деревянных элементов на клеенных стальных шайбах к кратковременным испытаниям..... 90

Арискин М.В., Родина Е.В., Гуляев Д.В.

Разработка методики экспериментальных исследований соединений деревянных конструкций с применением клеенных стальных шайб.....93

Баженова О.Ю., Баженова С.И., Баженов М.И.

Исследование некоторых свойств цементов с тонкодисперсной добавкой.....96

Белокаменская А.М., Ребезов М.Б., Мазаев А.Н., Ребезов Я.М., Максимюк Н.Н., Асенова Б.К.

Исследование пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание ртути атомно-абсорбционным методом98

Боган В.И., Ребезов М.Б., Гайсина А.Р., Максимюк Н.Н., Асенова Б.К.

Совершенствование методов контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции..... 101

Будылина Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М., Сухов Я.И.

Некоторые подходы к анализу и синтезу сложных систем 105

Вардияшвили А.А., Хужакулов С.М., Вардияшвили А.А., Вардияшвили А.Б.

Сельский солнечный дом с гелиотеплицами, солнечными батареями и водонагревательной установкой..... 108

Вардияшвили А.А., Вардияшвили А.Б., Узаков Г.Н., Вардияшвили А.А., Хужакулов С.М., Рузикулов Г.

Теоретический расчет и исследование естественной освещенности комбинированных гелиоустановок с прозрачным пленочным покрытием 111

Васильев Ю.Э., Каменев В.В., Беляков А.Б., Кольников И.В.

Особенности измерения пятна контакта на круговом испытательном стенде КУИДМ-2 114

Войцеховский В.И., Токарь А.Е., Ребезов М.Б.

Динамика содержания полифенолов, аскорбиновой кислоты и качества земляничных соков при настаивании мезги 117

Гарькина И.А., Данилов А.М., Петренко В.О.

Проектирование и оптимизация свойств материалов как систем..... 120

Горбунов В.В.

Отказы в системах реального времени 124

Горячев Н.В., Юрков Н.К.

Программные средства теплофизического проектирования печатных плат электронной аппаратуры 128

Дуць А.О., Полтавская Ю.А., Губер Н.Б., Хайруллин М.Ф., Асенова Б.К.

Качество как основа конкурентоспособности мясопродуктов..... 131

Дятлов М.Н., Долгов К.О., Тодорев А.Н.

Профессиональная надежность водителя автомобильного транспорта 134

Дятлов М.Н., Федотов М.Ю., Федотова Н.В.

Оптимизация времени проектирования с использованием современных машиностроительных САПР..... 138

Желтушкин Л.С.

Расчет общей жесткости упругих элементов жидкостного автобалансирующего устройства, установленных без предварительного натяжения и сжатия 140

Ибрагимов У.Х., Шомуратова С.М., Рузикулов Г.

Обобщение опытных данных по гидравлическому сопротивлению в трубках теплообменника с локальными турбулизаторами..... 144

Кондратьева А.В., Ярмаркин Д.А., Прохасько Л.С., Асенова Б.К., Залилов Р.В. Новые технологии обработки молочной продукции (на примере молока коровьего питьевого)	146	Сиддиков И.Х., Шербобоева Г.Б. Синтез структуры мультисервисной сети на базе генетических алгоритмов	193
Кудрявцев Е.М., Ульянов Р.С., Шиколенко И.А. Применения системы освещения на базе автоматически управляемых светодиодов при производстве строительно-транспортных работ.....	149	Славинская А.Л., Вовк Ю.В. Формирование опций преобразования интерактивной конструкции прямой юбки в конструкцию классических брюк	198
Курапин А.В., Гостевская О.В., Авдеюк О.А., Лемешкина И.Г. Влияние конструктивных параметров топливоподающей аппаратуры дизеля на ее переходные процессы.....	156	Славинская А.Л., Селезнева А.В. Модифицирование силуэтных конструкций корсета методом трансформации моделирующего эффекта.....	201
Лиходумова М.А., Прохасько Л.С., Ярмаркин Д.А., Асенова Б.К., Залилов Р.В. Инновационные технологии водоподготовки для производства слабо- и безалкогольной продукции.....	159	Степанов Е.В. Импрегнирование абразивных кругов	206
Мурадова А.А. Методы оценки качества передачи речевых пакетов при исследовании надежности сети NGN	162	Тарасова И.В., Ребезов М.Б., Зинина О.В., Ребезов Я.М., Полтавская Ю.А. Влияние стартовых культур на вторичное сырье животного происхождения	209
Нгуен Дык Тхинь Методика обоснования основных элементов и характеристик пассажирских СВП	168	Фадеева Г.Д., Гарькин И.Н., Железняков Л.А. Опыт развития инновационной инфраструктуры (на примере Пензенской области)	212
Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Замена подкрановых рельсов без остановки мостовых кранов.....	172	Чалкова Н.Л. Влияние региональных и локальных факторов на формирование техногенных цинксодержащих гидроресурсов ГОКов Южного Урала.....	214
Нишанбаев Т.Н., Конеева Л.Р. The SIP Protocol Analysis in Foreign Scientist's Researches.....	174	Черных А.С., Бондаренко А.В., Абрамов В.В. Проведение вычислительного эксперимента по оптимизации технологических параметров первичной транспортировки древесины.....	217
Нуштаева А.И., Губер Н.Б. Некоторые аспекты стандартизации в мясной отрасли.....	178	Черных А.С., Бондаренко А.В., Абрамов В.В. Разработка имитационных моделей функционирования канатных установок в горной местности	221
Остроух А.В., Тянь Юань Интеграция компонентов системы мониторинга, контроля и управления производством	182	Черняев А.И., Трефилов В.А. Оценка надежности и долговечности металлоконструкций.....	225
Пеньков Е.А., Калимуллин Р.Ф. Теоретическое обоснование повышения надежности сцепления КАМАЗ модели 14 при ремонте	185	Шемякин Ю.В. Подход к численному моделированию процесса прессования цилиндрических заготовок из алюминиевого сплава в программном комплексе Ansys/ls-dyna	228
Семирненко С.Л., Семирненко Ю.И., Довжик М.Я. Усовершенствование технологии изготовления топливных брикетов из соломенной биомассы	190	Шибeko P.В., Гаркуш С.К. Система контроля охлаждения стойки РЭА.....	232
		Юсупов Ф., Шарипов М.С., Шарипов Р.С. Проектирование информационной системы оперативно-диспетчерского управления основными производственными процессами мукомольного предприятия	235

МАТЕМАТИКА

Исследование подходов к решению задач математической физики на примере уравнения колебаний прямоугольной мембраны

Атамуратов Андрей Жиенбаевич, аспирант

МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского (г. Москва)

Рассматривается задача исследования колебаний прямоугольной мембраны. Показана неэффективность использования аналитических подходов. Для решения этой задачи были разработаны и использованы специальные алгоритмы численных методов.

Ключевые слова: мембрана, колебания системы, разностная схема, эффективность.

Введение. В современном мире ежедневно появляются сотни новых технологий, о которых мы либо ничего не знаем, либо просто-напросто игнорируем в силу того, что слабо понимаем, как это может помочь нам в осуществлении ежедневных задач, будь то бытовых или научных.

Казалось бы, что может быть ещё интересного в исследовании уравнений математической физики, ведь тема исчерпала себя. Большинство открытий в этой области были сделаны десятилетия назад. Но оказывается, мы можем улучшить эффективность старой теории новыми подходами, использование которых для практики имеет неоспоримое преимущество.

Исследование колебаний и незамедлительная реакция на разрушительные воздействия от них имеет важную не только научную, но практическую значимость для общества. Сколько можно было бы предотвратить несчастных случаев, если бы удалось предотвратить разрушение механических конструкций в связи с внешним воздействием. Необходимо создавать инструменты, которые позволяли бы будучи встроены в технику предотвращать подобные явления или предупреждать о них заранее. Но для этого необходимо научиться быстро анализировать колеблющиеся процессы и оценивать дальнейшее развитие ситуации, что требует модификации в существующих подходах.

В этой работе будет показан новый подход к решению этой задачи на основе численных методов на примере колебаний прямоугольной мембраны, которые позволят не только выйти за рамки классических решений, но и увеличат скорость реагирования в десятки раз.

Постановка задачи. Колебания прямоугольной мембраны описываются гиперболическим уравнением [1]

$$u_t = a^2(u_x + u_y) + g(t, x, y), \quad t > 0, \quad 0 < x < l_1, \quad 0 < y < l_2, \quad a = const \quad (1)$$

Начальные отклонения и скорость распространения колебания мембраны

$$u(0, x, y) = H_0(x, y), \quad (2)$$

$$u_t(0, x, y) = H_1(x, y) \quad (3)$$

будем рассматривать как начальные условия. На границе прямоугольной мембраны наложим условие закрепления согласно

$$u(t, 0, y) = u(t, l_1, y) = u(t, x, 0) = u(t, x, l_2) = 0 \quad (4)$$

В данной работе мы будем исследовать колебательные процессы и возможность построения более удобного алгоритма получения решения уравнения колебаний прямоугольной мембраны, что позволит встроить этот алгоритм в специально сконструированный прибор, использующийся для гашения.

Аналитический метод. Для начала посмотрим, как получается аналитическое решение, чтобы увидеть его недостатки. Для этого рассмотрим задачу (1) — (4) и будем искать решение этой задачи в виде

$$u(t, x) = v(t, x) + q(t, x) \quad (5)$$

где $q(t, x)$ — решение задачи

$$\begin{cases} q_t = a^2(q_x + q_y) \\ q(0, x, y) = h_0(x, y) \\ q_t(0, x, y) = h_1(x, y) \\ q(t, 0, y) = q(t, l_1, y) = 0 \\ q(t, x, 0) = q(t, x, l_2) = 0 \end{cases}, \quad (6)$$

а $v(t, x)$ — решение задачи

$$\begin{cases} v_t = a^2(v_x + v_y) + g(t, x, y) \\ v(0, x, y) = 0 \\ v_t(0, x, y) = 0 \\ v(t, 0, y) = v(t, l_1, y) = 0 \\ v(t, x, 0) = v(t, x, l_2) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Для решения задачи (6) воспользуемся методом Фурье [1], т. е. будем искать (не равное тождественному нулю) частное решение уравнения задачи (6), удовлетворяющее граничным условиям этой задачи, в виде произведения двух функций $Q(x, y)$ и $T(t)$, из которых первая зависит только от x , а вторая только от t :

$$q(t, x, y) = T(t) \cdot Q(x, y) \quad (8)$$

В результате мы получим следующую функцию

$$q(t, x, y) = \sum_{n,m=1}^{\infty} [\bar{A}_{n,m} \cos(a\lambda_{n,m}t) + \bar{B}_{n,m} \sin(a\lambda_{n,m}t)] \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) \quad (9)$$

где

$$\lambda_{n,m}^2 = \nu_m^2 + \mu_n^2, \quad (10)$$

$$\text{А параметры } \mu = \frac{\pi n}{l_1}, \quad \nu = \frac{\pi m}{l_2} \quad (11)$$

Это собственные значения для собственных функций

$$X = \sin(\mu x), \quad Y = \sin(\nu y) \quad (12)$$

Подставляя (9) в начальные условия задачи (6), получаем

$$q(0, x, y) = \sum_{n,m=1}^{\infty} \bar{A}_{n,m} \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) = h_0(x, y) \quad (13)$$

$$q'_t(0, x, y) = \sum_{n,m=1}^{\infty} a\lambda_{n,m} \bar{B}_{n,m} \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) = h_1(x, y) \quad (14)$$

Тогда коэффициенты ряда Фурье принимают следующий вид

$$\bar{A}_{n,m} = \frac{4}{l_1 l_2} \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} h_0(x, y) \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) dx dy \quad (15)$$

$$\bar{B}_{n,m} = \frac{4}{a\lambda_{n,m} l_1 l_2} \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} h_1(x, y) \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) dx dy \quad (16)$$

Рассмотрим задачу (7). Разложим функцию $v(t, x, y)$ и $g(t, x, y)$ по собственным функциям (12)

$$v(t, x, y) = \sum_{n,m=1}^{\infty} v_{n,m}(t) \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) \tag{17}$$

$$g(t, x, y) = \sum_{n,m=1}^{\infty} g_{n,m}(t) \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) \tag{18}$$

Подставляя (17) и (18) в уравнение задачи (7) получим

$$\sum_{n=1}^{\infty} [v''_{n,m}(t) + a^2 \lambda_{n,m}^2 v_{n,m}(t) - g_{n,m}(t)] \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) = 0 \tag{19}$$

Из (19) получаем

$$v''_{n,m}(t) + a^2 \lambda_{n,m}^2 v_{n,m}(t) - g_{n,m}(t) = 0 \tag{20}$$

После подстановки (17) в начальные условия задачи (7) условия для (20) принимают следующий вид

$$v_{n,m}(0) = 0 \tag{21}$$

$$v'_{n,m}(0) = 0. \tag{22}$$

Решением этой задачи является следующая функция

$$v_{n,m}(t) = \frac{1}{a \lambda_{n,m}} \int_0^t g_{n,m}(\tau) \sin(a \lambda_{n,m} (t - \tau)) d\tau \tag{23}$$

Подставив (23) в (17) получим

$$v(t, x, y) = \sum_{n,m=1}^{\infty} \frac{\sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y)}{a \lambda_{n,m}} \int_0^t g_{n,m}(\tau) \sin(a \lambda_{n,m} (t - \tau)) d\tau \tag{24}$$

где $g_n(t)$ получается из (18) по формуле коэффициентов ряда Фурье [1]

$$g_{n,m}(t) = \frac{4}{l_1 l_2} \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} g(t, x, y) \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) dx \tag{25}$$

А общее аналитическое решение задачи (1) — (4) имеет вид

$$u(t, x, y) = \sum_{n,m=1}^{\infty} \left[\bar{A}_{n,m} \cos(a \lambda_{n,m} t) + \bar{B}_{n,m} \sin(a \lambda_{n,m} t) + \frac{1}{a \lambda_{n,m}} \int_0^t g_n(\tau) \sin[a \lambda_{n,m} (t - \tau)] d\tau \right] \sin(\mu_n x) \sin(\nu_m y) \tag{26}$$

Как видно, сам процесс получения аналитического решения довольно нетривиален, даже при условии, что многие этапы я исключил, дабы не нагромождать текст. Любое изменение во входных данных, будь то изменение вида начальных или краевых условий, приводит к необходимости решения задачи практически заново. Для решения задачи (6) мы применяем известный метод математической физики решения таких задач — метод Фурье [1]. Делается предположение, что функцию $q(t, x, y)$ можно представить в виде произведения двух функций $q(t, x, y) = T(t) \cdot Q(x, y)$. Но, делая такое предположение, мы теряем тот класс функций, который не может быть приведён к такому виду, т. е. не может быть представлен в терминах концептуального и инструментального аппарата, предлагаемого методом Фурье [1]. То же самое происходит и при решении задачи (7). Также стоит учитывать сложность вычисления интегралов, поскольку заранее мы не знаем исчерпывающе, каковы будут ни функции начальных условий, ни функция $g(t, x)$, то есть проще говоря, они могут не браться в квадратурах.

Указанные проблемы не являются единственными, с которыми можно столкнуться при аналитическом решении задачи (1)–(4). Рассмотрим возможность получения численного решения уравнения колебаний прямоугольной мембраны.

Численное решение. Для того чтобы численно решить систему (1) — (4), аппроксимируем её явной конечно-разностной схемой второго порядка аппроксимации [2]. Для этого зададим натуральные числа N_x, N_y, N_T и разобьём рассматриваемую область $\{0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq l_1, 0 \leq y \leq l_2\}$ на прямоугольные ячейки параллельными прямыми

$$x_i = i \cdot h_x, \quad i = 0, \dots, N_x - 1, \tag{27}$$

$$y_j = j \cdot h_y, \quad j = 0, \dots, N_y - 1 \quad \text{и} \quad (28)$$

$$t_n = n \cdot h_\tau, \quad n = 0, \dots, N_T - 1, \quad \text{где} \quad (29)$$

$$h_x = \frac{l}{N_x}, \quad h_y = \frac{l}{N_y}, \quad h_t = \frac{T}{N_T}. \quad (30)$$

Конечно-разностная схема будет иметь следующий вид

$$\frac{u_{i,j}^{n+1} - 2u_{i,j}^n + u_{i,j}^{n-1}}{h_t^2} = a^2 \left(\frac{u_{i+1,j}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i-1,j}^n}{h_x^2} + \frac{u_{i,j+1}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i,j-1}^n}{h_y^2} \right) + g(nh_t, ih_x, jh_y) \quad (31)$$

Начальное условие (2) и граничное условие (4) примут вид

$$u_{i,j}^0 = H_0(ih_x, jh_y), \quad (32)$$

$$u_{0,j}^n = u_{N_x-1,j}^n = u_{i,0}^n = u_{i,N_y-1}^n = 0. \quad (33)$$

Для того чтобы аппроксимировать начальное условие (3), введём фиктивный слой

$$t = t_{-1} = -h_t, \quad (34)$$

решение на котором обозначим $u_{i,j}^{-1}$. Аппроксимируем начальное условие (3) со вторым порядком аппроксимации

$$\frac{u_{i,j}^+ - u_{i,j}^{-1}}{2h_t} = H_1(ih_x, jh_y). \quad (35)$$

Используя это можно выразить

$$u_{i,j}^+ = \frac{a^2 h_t^2}{2} \left(\frac{u_{i+1,j}^0 - 2u_{i,j}^0 + u_{i-1,j}^0}{h_x^2} + \frac{u_{i,j+1}^0 - 2u_{i,j}^0 + u_{i,j-1}^0}{h_y^2} \right) + u_{i,j}^0 + h_t H_1(ih_x, jh_y) + \frac{h_t^2}{2} g(0, ih_x, jh_y) \quad (36)$$

В результате конечно-разностная задача и начальные условия имеют второй порядок аппроксимации. Легко показать, что схема (31) устойчива по Нейману [2], для этого рассмотрим однородный вариант уравнения (31) и пусть

$$u_{m,k}^n \sim u^0 \lambda^n e^{i(mh_x + kh_y)} \quad (37)$$

Тогда после подстановки можно прийти к следующему выражению — условию устойчивости разностной схемы (31)

$$\tau \leq \frac{h_x h_y}{a \sqrt{h_x^2 + h_y^2}} \quad (38)$$

Для реализации алгоритма очень удобно воспользоваться языком программирования C++ [3] и библиотекой параллельного программирования OpenMP [5, 6]. Построим схему того, как с помощью библиотеки параллельного программирования OpenMP можно увеличить скорость выполнения программы на многопроцессорных вычислительных машинах. Весь процесс изображён на рисунке 1.

n	2n-2	2n-1	2n	2n+1	2n+2	2n+3	2n+4	2n+5	2n+6	2n+7
...	2(n-1)-2	2(n-1)-1	2(n-1)
9	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
8	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
7	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0										
-1										

Рис. 1

В самом начале мы определяем значение функции на слое 1 с помощью схемы (36). После этого начиная со второго слоя последовательно проходя по каждому узлу сетки 2, 3, 4, ...мы определяем значения функции в этих узлах. Но, уже начиная с 4-го узла, на втором слое мы можем запустить с помощью библиотеки OpenMP параллельный вычисли-

тельный поток, который будет работать на третьем слое. Этот узел на третьем слое обозначен как 4, поскольку он запускается в момент запуска 4 узла на втором слое. По достижению на втором слое узла 11 этот вычислительный поток завершается, пока параллельный ему поток на третьем слое продолжает работать. При этом когда в процессе работы на третьем слое поток доходит до узла 6, мы запускаем параллельный вычислительный поток на четвертом слое и т.д. На рисунки узлы, которые выполняются параллельно, обозначаются одними и теми же цифрами.

Использование так построенного численного алгоритма позволяет сократить время выполнения задачи более чем в 2 раза.

Приведём примеры использования алгоритма численного построения решения уравнения колебаний прямоугольной мембраны на основе схемы (31). В приведённых ниже примерах задавались входные параметры $h_x = 0.05$, $h_y = 0.05$, $h_t = 0.03536$, $a = 1$, $l_1 = 1$, $l_2 = 1$, $x_0 = 0.5$, $y_0 = 0.5$. Графики значений функции $u(t, x, y)$ строились в сечении $y = 0.5$.

Пример 1. Рассматривается задача о свободном колебании мембраны с начальными условиями $H_0(x, y) = \sin(\pi x / l_1) \sin(\pi y / l_2)$, $H_1(x, y) = 0$, $T = 1.7678$ (Решается однородное уравнение (1)). На рис. 2 изображены в разных проекциях свободные колебания прямоугольной мембраны $u(t, x, y)$



Рис. 2

Пример 2. Рассматривается задача о свободном колебании мембраны с другими начальными условиями $H_0(x, y) = 0.5 * (1 - \cos(\pi x / l_1)) \sin(\pi x / l_1) \sin(\pi y / l_2)$, $H_1(x, y) = x(x - l_1)y(y - l_2)$, $T = 1.7678$. На рис. 3 изображены в разных проекциях свободные колебания прямоугольной мембраны $u(t, x, y)$



Рис. 3

Как можно видеть численный метод решения уравнения колебаний прямоугольной мембраны является очень удобным. Этот способ даёт возможность автоматизации процесса обнаружения и исследования деформационной картины объекта, при этом не зависит от выбранных функций в качестве начальных условий. Всё это и многие другие преимущества могут стать большим подспорьем для дальнейшего исследования и разработки новых методик.

Литература:

1. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1977.
2. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. — М.: Наука, 1989.
3. Shieldt G. C++ The complete reference. 3rd edition. — NY.: Osborne McGraw-Hill, 1989.
4. Chapman B., Jost G., Pas R. Using OpenMP. Portable Sharing Memory Parallel Programming. — С.: MIT Press, 2007.
5. Chandra R., Dagum L., Kohr D., Mayden D. Parallel Programming in OpenMP. — NY.: Morgan Kaufmann Publishers, 2008.

Поведение полой оболочки при воздействии взрыва неконтактного заряда конденсированного ВВ

Новиков Андрей Сергеевич, аспирант
Тульский государственный университет

Нахождение условий гарантированного разрушения оболочечных конструкций является актуальной научно-технической проблемой при проектировании взрывозащитных инженерных сооружений, при определении технических условий специальных складов боеприпасов и др. Важно определить форму и величину заряда взрывчатого вещества (ВВ), при взрыве которого на некотором расстоянии от оболочечной конструкции, гарантированно произойдет её разрушение. Под разрушением понимаем потерю несущей способности оболочки вследствие появления в ней трещин, сколов, разделений на фрагменты.

Целью настоящей статьи является анализ подходов, примененных для решения вышеописанной задачи о гарантированном разрушении, а именно: энергетического метода [1], предложенного академиком Т. М. Саламахиным, и метода Б. Г. Галеркина [2].

Физическая модель (основные допущения)

Рассмотрим задачу о нахождении необходимой массы C заряда ВВ для гарантированного разрушения открытой цилиндрической оболочки (рисунок 1).

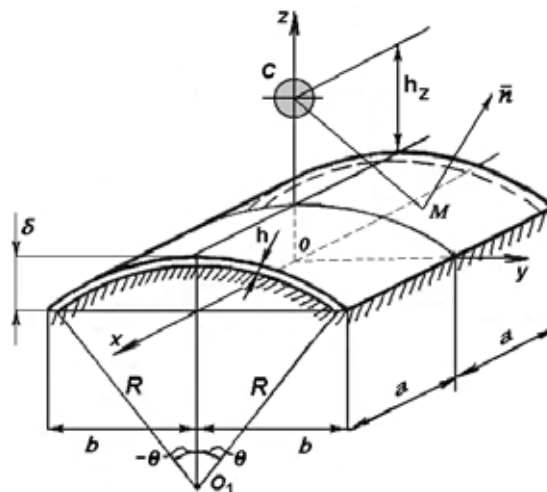


Рис. 1. Схема расположения заряда ВВ над оболочкой при взрыве

Оболочка, с размером плана $2a \times 2b$, выполнена из упругого материала (серый чугун марки СЧ 12–28), имеет постоянную толщину h , радиус кривизны R и закреплена по всему своему контуру в идеальных (недеформируемых) опорах. Оболочка принимается тонкой и полой, т. е. $h/R \leq 1/20$ [3] и $\delta/\min[a, b] \leq 2/5$ [8] соответственно. Материал оболочки предполагается однородным и изотропным. Рассматривается упругий режим деформирования вплоть до ее разрушения. Принимаются основные классические гипотезы теории тонких оболочек [3]. Прогобы оболочки предполагаются малыми, т. е. не превышающими $1/5$ ее толщины. На расстоянии h_z от срединного слоя оболочки, над центром симметрии плана, располагается сосредоточенный сферический заряд ВВ радиуса r_0 , тип и энергетические характеристики которого определяются обобщенным параметром A_0 .

В качестве ВВ рассматривается литой тротил с плотностью $\rho_0 = 1630 \text{ кг/м}^3$ и $A_0 = 400 \text{ м/с}$ [4]. Рассматривается ближняя область действия взрыва $h_z/r_0 \leq 15$ [4], для которой давлением окружающей среды можно пренебречь по сравнению с давлением продуктов взрыва. Вследствие кратковременности действия взрывной нагрузки (время её действия не превышает $2 \times 10^{-4} \text{ с}$) начальными смещениями точек оболочки, за время действия нагрузки, можно пренебречь [7].

Математическая модель и решение задачи

Введем прямоугольную декартову систему координат $Oxyz$ с началом в центре симметрии плана оболочки (рисунок 1). Обозначим δ — стрелу подъема оболочки над планом, $\delta = R - \sqrt{R^2 - b^2}$, O_1 — центр кривизны, 2θ — угол, определяющий длину дуги цилиндрической оболочки радиуса R .

Геометрические и механические параметры оболочки: $a = 1$ м, $b = 0.75$ м, $R = 2$ м, $h = 4 \cdot 10^{-2}$ м, $\delta = 0.146$ м, плотность чугуна $\rho = 7.2 \cdot 10^3$ кг/м³, коэффициент Пуассона $\mu = 0.25$, модуль Юнга $E = 1.2 \cdot 10^{11}$ Па, цилиндрическая жесткость $D = Eh^3/[12(1-\mu^2)]$, коэффициент однородности на гарантированное разрушение $K_{0*} = 1.4$, коэффициент динамичности $\mu_3 = 1.3$, предел прочности на одноосное растяжение $\sigma^p = 1.2 \cdot 10^8$ Па и на сжатие $\sigma^c = 5 \cdot 10^8$ Па.

Расстояния $h_z = \{0.2, 0.3, 0.4, 0.5\}$ м. Граничные условия соответствуют способу закрепления оболочки — отсутствию по всему контуру прогибов и углов поперечных поворотов сечений:

$$w(x, y) = 0, w'_x(x, y) = 0, \text{ при } x = \pm a, \tag{1}$$

$$w(x, y) = 0, w'_y(x, y) = 0, \text{ при } y = \pm b. \tag{2}$$

Координатные функции, удовлетворяющие граничным условиям (1) и (2), возьмем в следующем виде

$$f_1(x, y) = (a^2 - x^2)^{20} (b^2 - y^2)^{20}, f_2(x, y) = (a^2 - x^2)^{24} (b^2 - y^2)^{24}. \tag{3}$$

При относительных расстояниях $h_z/r_0 \leq 15$ удельный импульс i , действующий на оболочку, может быть вычислен, согласно исследованиям Т.М. Саламахина [4, 7], по формуле

$$i = \frac{A_0 C}{r^2} \cos^2 \varphi, \tag{4}$$

где r — расстояние от точки M до центра заряда ВВ, φ — угол падения (угол образованный скоростью потока продуктов взрыва с нормалью к поверхности преграды).

Перейдем к решению поставленной задачи энергетическим методом Т.М. Саламахина. Перемещения точек срединной поверхности оболочки с учетом (3), имеют вид [1]:

$$u(x, y) = 0, v(x, y) = 0, \omega_E(x, y) = c_1 \cdot f_1(x, y) + c_2 \cdot f_2(x, y).$$

Отметим, что константа c_1 , входящая в выражение для $\omega_E(x, y)$, предполагается неварьируемой.

Кинетическая энергия \mathcal{E} (приобретенная всей оболочкой за время действия взрывной нагрузки), исходя из (4), и работа ее деформирования Π соответственно равны [1]:

$$\mathcal{E} = \int_{-a}^a \int_{-b}^b \frac{RC^2 A_0^2 \left[(R + h_z) \sqrt{1 - (y/R)^2} - R \right]^4}{2\phi h \sqrt{R^2 - y^2} \left[x^2 + y^2 + \left(R + h_z - \sqrt{R^2 - y^2} \right)^2 \right]^4} dx dy, \tag{5}$$

$$\Pi(w_E) = \frac{Eh^3}{24(1-\mu^2)} \int_{-a}^a \int_{-b}^b \left[\begin{aligned} & \frac{R}{\sqrt{R^2 - y^2}} w''_{xx} + \frac{y^2}{R^3 \sqrt{R^2 - y^2}} w''_y + \frac{(R^2 - y^2)^{1.5}}{R^3} w''_{yy} - \\ & - \frac{2\mu y}{R \sqrt{R^2 - y^2}} w'_y w''_{xx} + \frac{2\mu \sqrt{R^2 - y^2}}{R} w''_{xx} w''_{yy} - \\ & - \frac{2y \sqrt{R^2 - y^2}}{R^3} w'_y w''_{yy} + \frac{2(1-\mu) \sqrt{R^2 - y^2}}{R} w''_{yx} \end{aligned} \right] dx dy + \tag{6}$$

$$+ \frac{Eh}{2(1-\mu^2)} \int_{-a}^a \int_{-b}^b \frac{1}{R \sqrt{R^2 - y^2}} w^2 dx dy.$$

Применив принцип минимума потенциальной энергии для (6)

$$\frac{\partial \Pi(w_E)}{\partial c_2} = 0$$

получим, что $c_2 = -9.326 \cdot c_1$. Для определения c_1 воспользуемся критерием разрушения, предложенным П.П. Баландиным [9], в котором учтем динамический характер действующей нагрузки. Согласно введенным основным гипотезам теории тонких оболочек и динамике внешнего воздействия, этот критерий приводит к соотношению

$$\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2 - K_{0*} \cdot \mu_3 \cdot (\sigma^p - \sigma^c)(\sigma_x + \sigma_y) \geq K_{0*}^2 \cdot \mu_3^2 \cdot \sigma^p \sigma^c, \tag{7}$$

где, согласно принятым допущениям, для срединной поверхности имеем [1]:

$$\sigma_x = \frac{E\mu}{1-\mu^2} \frac{w_E}{R}, \quad \sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} \frac{w_E}{R}, \quad \tau_{xy} = 0.$$

Равенство в (7) соответствует пересечению поверхности, определяемой левой частью неравенства (7), плоскостью, определяемой правой частью того же неравенства. Это достигается при $c_1 = 3220$. Линии уровня, определяемые критерием разрушения (7), для срединного слоя при найденном c_1 показаны на рисунке 2А.

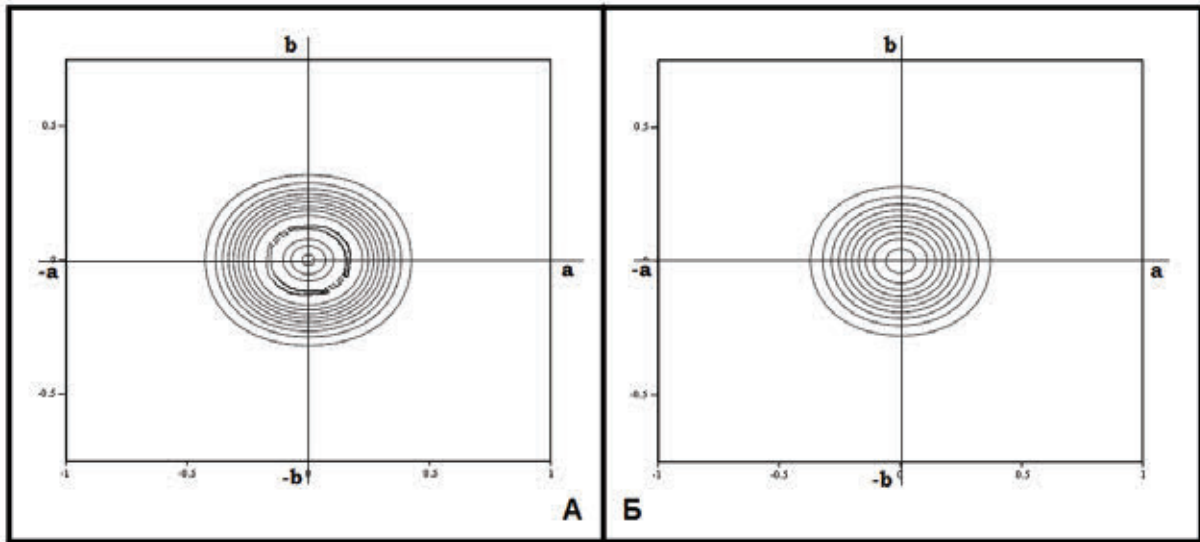


Рис. 2. Линии уровня

Для определения зависимости массы заряда ВВ C от высоты его (заряда) расположения h_z воспользуемся, согласно энергетическому методу Т. М. Саламакина [4–7], соотношением

$$\mathcal{E} = \Pi,$$

где \mathcal{E} и Π определяются выражениями (5) и (6) соответственно. Результаты вычислений проведены в конце статьи в таблице 1 (масса ВВ обозначается как C_E).

Исходя из того, что $c_1 = 3220$ найдем максимальный прогиб $w_{E\max}$ оболочки. Отношение максимального прогиба к толщине рассматриваемой оболочки будет равно $|w_{E\max}|/h = 0.076$. Данная величина не превышает $1/5$ толщины оболочки h , что соответствует введенной гипотезе малых прогибов.

Перейдем к решению задачи методом Б. Г. Галеркина. Согласно принятым допущениям, деформирование оболочки происходит уже после действия взрывной (импульсной) нагрузки, в течение свободных колебаний, которые описываются уравнением

$$\nabla^4 w_G + \frac{\rho h}{D} \frac{\partial^2 w_G}{\partial t^2} = 0, \tag{8}$$

где $w_G = w_G(x, y, t)$ — прогиб произвольной точки $M(x, y)$. Начальные условия для уравнения (8) имеют вид:

$$w_G(x, y, 0) = 0, \tag{9}$$

$$\left. \frac{\partial w_G}{\partial t} \right|_{t=0} = V. \tag{10}$$

Начальные скорости точек оболочки $V = i/\rho h$, с учетом (4), выразятся в виде

$$V(x, y) = \frac{A_0 C \left[\sqrt{R^2 - y^2} [R + h_z] - R^2 \right]^2}{\rho h R^2 \left[x^2 + y^2 + \left(R + h_z - \sqrt{R^2 - y^2} \right)^2 \right]^2}. \tag{11}$$

Функцию прогибов $w_G(x, y, t)$, удовлетворяющую граничным условиям (1) и (2), будем искать в виде

$$w_G(x, y, t) = c_1(t) \cdot f_1(x, y) + c_2(t) \cdot f_2(x, y). \tag{12}$$

Начальное условие (9) выполняется, если $c_1(0) = 0$ и $c_2(0) = 0$. Обозначим $\alpha_1 = \dot{c}_1(0)$ и $\alpha_2 = \dot{c}_2(0)$. Зафиксируем высоту $h_z = 0.2$ м. Найдем из (12) выражение $\dot{w}(0)$ и подставим его в начальное условие (10). Получим невязку F , минимизируя которую аналогично работе [2], придем к соотношениям

$$\alpha_1(C) = 7.256 \cdot 10^5 \cdot C, \quad \alpha_2(C) = 2.233 \cdot 10^7 \cdot C.$$

Таким образом, полностью находим начальные условия для уравнения (8). Подставляя (12) в (8), так же получаем невязку $N(x, y, t)$. Помножив $N(x, y, t)$ на координатные функции $f_1(x, y), f_2(x, y)$ и проинтегрировав полученные выражение по площади плана оболочки [10], придем к системе уравнений [2], разрешая которые найдем выражения для $c_1(t)$ и $c_2(t)$. Первое амплитудное колебание происходит в момент времени $t_* = 0.000613$ с.

Напряжения, используемые в критерии разрушения (7), имеют вид

$$\sigma_x = \frac{E\mu}{1-\mu^2} \frac{w_G}{R}, \quad \sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} \frac{w_G}{R}, \quad \tau_{xy} = 0.$$

Равенство в (7) соответствует пересечению поверхности, определяемой левой частью неравенства (7), плоскостью, определяемой правой частью того же неравенства. Это достигается при массе заряда ВВ $C = 0.428$ кг. Линии уровня, определяемые критерием разрушения (7), для срединного слоя при найденных C и t_* показаны на рисунке 2Б.

Сравнение скорости $V(x, y)$ из (11), при массе $C = 0.428$ кг, со скоростью $\dot{w}(0)$ приведено на рисунке 3. Отношение максимального прогиба к толщине оболочки, в момент времени t_* , будет равно $|w_{G\max}|/h = 0.079$. Данная величина не превышает $1/5$, что соответствует введенной гипотезе малых прогибов.

Массы ВВ, времена t_* , отношения $|w_{G\max}|/h$ соответствующие высотам $h_z = \{0.3, 0.4, 0.5\}$ м находим аналогичным способом. Результаты данных вычислений приведены в таблице 1.

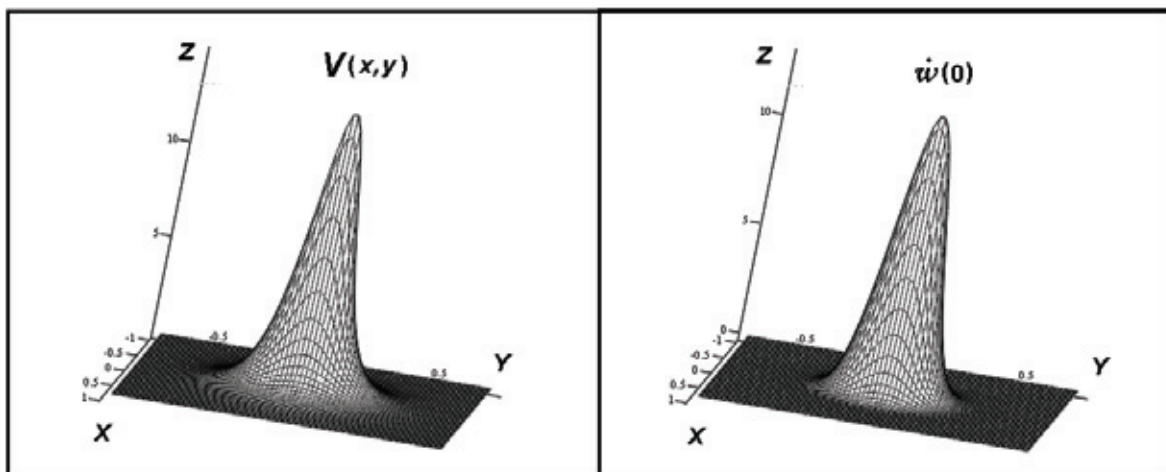


Рис. 3. Сравнение скоростей $V(x, y)$ и $\dot{w}(0)$

Введем также вспомогательную величину η , характеризующую отклонения между найденными разными способами массами зарядов ВВ

$$\eta = \frac{C_E - C_G}{C_G} \cdot 100 \%$$

Результаты вычислений для η приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение методов решения задачи

	$h_z = 0.2$ м	$h_z = 0.3$ м	$h_z = 0.4$ м	$h_z = 0.5$ м
C_{Er} , кг	0.578	0.886	1.205	1.538
C_{Gr} , кг	0.428	0.694	0.995	1.335
η , %	35.05	27.67	21.11	15.21
t_r , с	0.000613	0.0005648	0.0004716	0.0004455
$ w_{E\max} /h$	0.076	0.076	0.076	0.076
$ w_{G\max} /h$	0.079	0.078	0.078	0.079

Таким образом, на основании полученных результатов, отраженных в таблице 1, можно говорить о том, что энергетический метод академика Т. М. Саламахина дает завышенные значения по массе заряда ВВ, необходимого для гарантированного разрушения оболочечной конструкции, по сравнению с решением, основанным на методе Б. Г. Галеркина. Это, по мнению авторов, происходит из-за не учета инерционной составляющей в энергетическом методе. Также видно, что разница между массами зарядов ВВ, полученных разными методами для одной высоты h_z , уменьшается с увеличением расстояния от заряда ВВ до оболочечной конструкции.

Литература:

1. Володин Г. Т., Новиков А. С. Разрушение открытой цилиндрической оболочки взрывом неконтактных зарядов конденсированных взрывчатых веществ // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. Вып. 1. — 2013. — С. 75–84.
2. Володин Г. Т., Новиков А. С. Метод Б. Г. Галеркина в задачах гарантированного разрушения оболочечных конструкций взрывом // Materiály IX mezinárodní vědecko-praktická conference «Aplikované vědecké novinky — 2013». Díl 12. Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2013. — p. 28–35.
3. Новожилов В. В. Теория тонких оболочек. Л.: ГСИСП, 1962. — 432 с.
4. Саламахин Т. М. Физические основы механического действия взрыва и методы определения взрывных нагрузок. М.: ВИА, 1974. — 255 с.
5. Володин Г. Т. Действие взрыва зарядов конденсированных ВВ в газовой и жидкой средах. Часть 2. Взрывостойкость и гарантированное разрушение элементов конструкций. Тула: Левша, 2005. — 160 с.
6. Володин Г. Т. Прямой вариационный метод исследования взрывостойкости и гарантированного разрушения балочных конструкций взрывной нагрузкой // Вестник Тульского государственного университета. Серия Дифференциальные уравнения и прикладные задачи. Вып. 1. — 2009. — С. 49–54.
7. Саламахин Т. М. Разрушение взрывом элементов конструкций. М.: ВИА, 1961. — 275 с.
8. Колкунов Н. В. Основы расчета упругих оболочек. М.: Высшая школа, 1963. — 278 с.
9. Гольденблат И. И., Копнов В. А. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 1968. — 191 с.
10. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галеркина. М.: Мир, 1988. — 347 с.

Дифференциальные игры в военных конфликтах

Покорная Ольга Юльевна, кандидат физико-математических наук, доцент

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Для некоторых случаев в задачах военного дела дифференциальные игры, описываемые с помощью дифференциальных уравнений, играют особо важную роль. Это справедливо, например, для большинства моделей, включающих преследование, отступление и другие элементы маневра. Так, для управления автоматизиро-

ванными сетями связи в условиях сложной радиоэлектронной обстановки были предприняты попытки использовать стохастические многошаговые антагонистические игры. В данном случае целесообразнее было бы использование дифференциальных игр, т. к. их применение позволяет с большой достоверностью описать необходимые

процессы и найти оптимальное решение поставленной задачи.

История возникновения оптимизационных задач исследования операций уходит корнями, как уже говорилось, в далекое прошлое. Еще в конце XIX века известный ученый Ф.Тейлор пришел к выводу о возможности применения научного анализа в сфере производства. Проблема, рассмотренная им, кажется несложной. Как оптимальным образом организовать работу рабочих-землекопов? Казалось бы, ответ давно известен — «Бери больше, кидай дальше, отдыхай, пока летит». Однако применение математического аппарата показало несостоятельность этого принципа. Выяснилось, что при разумной экономии рабочей силы оптимальный вес груза, позволяющий увеличивать количество перебрасываемого материала, значительно меньше того, что может поднять человек при максимальной нагрузке.

В годы второй мировой войны исследование операций также применялось при планировании боевых действий. Такие специалисты работали в командовании бомбардировочной авиации США, дислоцированном в Англии. Ими изучались различные факторы, влияющие на эффективность бомбометания. В результате были выработаны определенные стратегии, приведшие к четырехкратному повышению эффективности бомбометания.

В начале войны боевое патрулирование самолетов союзников для обнаружения кораблей и подводных лодок противника носило неорганизованный характер. Привлечение к командованию специалистов по **исследованию операций** позволило установить такие маршруты патрулирования и такое расписание полетов, при которых вероятность оставить объект незамеченным была сведена до минимума. Полученные рекомендации были применены для организации патрулирования над Южной частью Атлантического океана с целью перехвата немецких кораблей с **военными** материалами. Из пяти вражеских кораблей, прорвавших блокаду, три были перехвачены на пути из Японии в Германию, один был обнаружен и уничтожен в Бискайском заливе, и лишь одному удалось скрыться благодаря тщательной маскировке. Несмотря на значительные достижения, в теории игр остается еще немало проблем.

В практической деятельности весьма часто приходится рассматривать явления и ситуации, в которых участвуют две (или более) стороны, имеющие различные интересы и обладающие возможностями применять для достижения своих целей разнообразные действия. Подобные явления и ситуации принято называть *конфликтными*, или просто *конфликтами*.

Типичный конфликт характеризуется тремя основными составляющими: заинтересованными сторонами; интересами этих сторон и их возможными действиями. Поэтому для того, чтобы анализ конфликтной ситуации оказался возможным, необходимо пренебречь второстепенными факторами, что при удачном стечении обстоятельств позволяет построить упрощенную формализованную мо-

дель конфликта (см. [2, с. 17]). Необходимость изучения и анализа конфликтов, представляемых в виде упрощенных математических моделей (игр), вызвала к жизни специальный математический аппарат — теорию игр. С помощью процедуры «Поиск решений» MS EXCEL и встроенных логических функций решение таких матричных задач можно автоматизировать, упростив их решение (см. [3, с. 97]).

Иногда в конфликтных ситуациях для достижения лучших результатов противоборствующие стороны объединяются в коалиции. Поэтому возникает необходимость изучения коалиционных дифференциальных игр. Кроме того, идеальных ситуаций (без каких-либо помех, препятствий, посторонних возмущений) в мире не существует. Следовательно, можно исследовать коалиционные дифференциальные игры и при неопределенности. Существуют различные подходы к построению решений дифференциальных игр. Многие военно-тактические задачи не рассматривались с научно-исследовательской точки зрения, хотя имеющийся математический аппарат в принципе позволяет это сделать. Линейные дифференциальные игры составляют частный случай, однако и для них результаты не являются тривиальными. Кроме того, эти результаты более эффективны, чем соответствующие обобщения для нелинейного случая. Математические модели, описываемые с использованием дифференциальных игр, как показано в [1, с. 196], возникают в результате математической идеализации технических задач. При выборе таких идеализаций необходимо стремиться к тому, чтобы она отражала наиболее существенные черты технической проблемы. В то же время она должна быть доступна для математической обработки. Таким образом, постановка задачи не должна даваться в сильном отрыве от технических проблем.

Рассмотрим конкретный пример модели преследования. Предположим, что один самолет преследует другой. Цель первого самолета догнать второй, цель второго — уйти от преследования. Каждый пилот управляет своим самолетом за своей целью и пользуясь информацией о ситуации. Информация состоит из двух частей, первая — это полное знание технических возможностей обоих самолетов, вторая — это сведения о поведении собственного самолета и самолета противника. Сведения о поведении самолетов могут включать в себя различные данные об их состоянии за период, предшествующий данному моменту, но ничего нельзя считать известным о будущем поведении самолетов, так как они управляемы и в любой момент времени летчик может изменить положение рулей, изменив тем самым поведение самолета. В действительности каждый из пилотов может получать сведения о противнике лишь с некоторым запозданием.

Перейдем к математическому описанию модели преследования. В этом процессе участвуют два управляемых объекта: преследующий объект и убегающий объект. Состояние каждого из объектов в любой момент времени определяется его фазовым вектором. Фазовый вектор

преследователя обозначим через x , а убегающего — через y . Тогда уравнения управляемых объектов можно записать в виде:

$$\dot{x} = f(x, u), \quad \dot{y} = g(y, v), \quad (1)$$

где точкой обозначили производную по времени, а u и v — управления. Каждый из параметров принадлежит своему ограничивающему множеству $u \in P$, $v \in Q$, где P и Q — множества произвольной природы. Если управление u становится заданной функцией времени t , т.е. $u = u(t)$, то первое из уравнений (1) будет обычным дифференциальным уравнением, которое можно решать при заданном начальном значении $x(0) = x_0$. Аналогичные рассуждения справедливы и для второго уравнения из (1).

Упомянутая ранее первая часть информации состоит из уравнений (2). Эти уравнения дают не сами движения объектов, а описывают лишь их возможности, так как при различных управлениях $u = u(t)$ и $v = v(t)$ мы получаем различные движения. Таким образом, в примере с самолетами уравнения (2) описывают технические возможности самолетов. Так как x и y являются фазовыми векторами, то каждый из них распадается на две части

$$x = (x_1, x_2), \quad y = (y_1, y_2), \quad (2)$$

где x_1 и y_1 определяют геометрические положения объектов, а x_2 и y_2 их скорости. Считается, что процесс преследования заканчивается в тот момент времени, когда наступает равенство $x_1 = y_1$, т.е., тогда, когда объекты геометрически совпадают.

Сам процесс преследования мы можем рассматривать с двух различных точек зрения.

1. Рассмотрим игровую ситуацию *с позиции преследующего* данный объект. В этом случае наша цель заключается в завершении процесса преследования и управление u находится в нашем распоряжении для достижения этой цели. Таким образом, в каждый момент времени t мы должны конструировать значение $u(t)$ управления u , зная уравнения (2), т.е. первую часть информации, и используя вторую ее часть в виде знания функций $x(s)$, $y(s)$, $v(s)$ на отрезке $t - \theta \leq s \leq t$, где θ — некоторым образом выбранное положительное число.

2. Можно рассмотрим игровую ситуацию *с позиции убегающего* объекта. В этом случае наша цель состоит в предотвращении конца преследования и управление v находится в нашем распоряжении для достижения этой цели. Таким образом, в каждый момент времени t мы

должны конструировать значение $v(t)$ управления v , зная уравнения (2), т.е. первую часть информации. Также используется вторая ее часть в виде знания функций $x(s)$, $y(s)$, $u(s)$ на отрезке $t - \theta \leq s \leq t$. Так проводят математическую идеализацию процесса преследования, которая расщепляет задачу на две различные задачи: задачу преследования и задачу убегания. Расщепление происходит из-за того, что при двух различных подходах мы используем различные информации.

Существует и другая идеализация, при которой, как в задаче преследования, так и в задаче убегания используется одна и та же информация, именно знание значений $x(t)$ и $y(t)$. При этом предполагается, что существует оптимальное управление $u = u(x, y)$ преследования, определяющееся как функция x и y состояний объектов, и существует оптимальное управление $v = v(x, y)$ убегания, определяющееся как функция x и y состояний объектов.

При таком моделировании задача математически становится более определенной. Она заключается в нахождении функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$, называемых оптимальными стратегиями. Но именно эта определенность чрезвычайно затрудняет ее решение. В частности, предполагая существование оптимальных стратегий, сужается класс рассматриваемых задач. Дифференциальная игра из процесса преследования возникает в результате естественного стремления упростить обозначения, а именно, вместо двух фазовых векторов x и y мы вводим один вектор: $z = (x, y)$, образуя фазовое пространство R игры как прямую сумму фазовых пространств обоих объектов. В этом случае пара уравнений (2) записывается в виде одного уравнения

$$\dot{z} = F(z, u, v). \quad (3)$$

Военный анализ является более неопределенным в смысле законов, предсказаний и логики, нежели физические науки. Поэтому моделирование с подробно и тщательно подобранными реалистическими деталями не может дать общего достоверного результата, если опыт проведения операции не будет повторен очень большое число раз. Полученные результаты являются более неопределенными в смысле законов, предсказаний и логики и могут иметь вероятностный характер (см. [4, с. 27]). С точки зрения дифференциальных игр единственное, на что можно надеяться, — на подтверждение заключений теории. Особенно важны те случаи, когда такие заключения были получены из упрощенной модели.

Литература:

1. Покорная О.Ю. О выборе оптимальных стратегий в планировании боевых операций. Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в авиационных комплексах и системах военного назначения». Воронеж, ВАИУ, Ч.10, 2009, с. 194–198.
2. Покорная О.Ю., Покорная И.Ю., Прядкин Д.В. Математическое моделирование оптимальных стратегий в условиях конфликта. Научн. журн. Молодой учёный, 2011. — № 4, Т.1., с. 16–19.

3. Покорная О.Ю. Поиск решения как средство решения задач оптимизации и теории игр. Научн. журн. Молодой ученый, 2012. — № 10, с. 96–98.
4. Покорная О.Ю., Квонг С.В. Интеграл Стильтьеса в теории игр. Научн. журн. Молодой ученый, 2012. — № 3, с. 26–28.

Использование функции Грина в прикладной механике

Покорная Ольга Юльевна, кандидат физико-математических наук, доцент

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Рассматривается вопрос об использовании функции влияния, являющейся аналогом функции Грина, в некоторых прикладных задачах механических систем типа стильтьесовской струны. Для некоторых типов таких задач приведен анализ в случае сингулярных особенностей, возникающих в виде производных от скачков, оответствующих сосредоточенным в концевых узлах усилиям и упругим опорам. Функцию Грина (или функцию влияния) применяют для различных решений неоднородных краевых задач. Также она используется в теории конденсированных сред, в электростатике, квантовой механике. Эта функция используется в различных конструкционных задачах.

В военно-технических прикладных задачах нередко возникают механические системы из струн и тросов, вдоль которых распределены сосредоточенные нагрузки. Примерами таких механических систем являются электропровода между опорами линий электропередач, тросы канатных мостов и некоторые другие. Такие системы называют стильтьесовскими струнами. Расчет и анализ формы и сил реакции этих упругих струн с распределенными вдоль них внешними нагрузками представляет сложную задачу, актуальную как с прикладной, так и с теоретической точек зрения.

Для таких расчетов изучены новые методы математического моделирования, использующие свойства функции влияния. В условиях достаточно регулярных сред, допускающих использование процедур дифференцирования и аппарата математической физики, функция влияния в канонических ситуациях совпадает с функцией Грина — важнейшим средством математического моделирования. С давних времен функция влияния, которую также называют или функцией источника, функцией отклика, стала у физиков одним из наиболее эффективных средств описания взаимосвязи различных объектов и явлений. В начале XX века в задачах математической физики функция влияния приобрела вид функции Грина, введенной сначала для задачи Штурма-Лиувилля. Далее понятие функции Грина было распространено на более общие задачи старших порядков, а теория была развита на основе аксиоматического подхода к определению самой функции Грина, который крайне затруднил анализ конкретных физических задач.

Оператор Шредингера, оказался востребован в середине XX века для анализа в случае сингулярных особенностей потенциала, возникающих в виде, например, производных от скачков, называемых по физической терминологии дельта-функциями. На чисто описательном уровне математическую постановку соответствующей задачи удалось осуществить с помощью создания для этого теории обобщенных функций распределений Шварца-Соболева. Подобный обобщенный подход не позволял провести достаточно глубокий анализ, не приближая математические выкладки к физически интерпретируемым свойствам той же функции влияния. Причиной сложившейся ситуации являлось то, что для дифференциальных уравнений с обобщенными коэффициентами отсутствовала какая-либо параллель с классическими теоремами анализа с поточечным дифференцированием.

Сравнительно недавно доступ к поточечному анализу задачи с обобщенными коэффициентами был разработан путем распространения на дифференциальные уравнения производных типа Радона-Никодима из общей теории интегралов. Для этого используется нетрадиционный для математической физики интеграл Стильтьеса, а описание напряженного состояния объекта осуществляется не привычным для математической физики дифференциальным уравнением второго порядка, а интегро-дифференциальным уравнением. При анализе спектральной функции «стильтьесовской струны» возникает уравнение вида

$$-\frac{d}{dM}u'_+ + \lambda u = 0 \tag{1}$$

как формальная запись соотношения

$$-u'_+(x) = u'_-(0) + \int_0^x u(s)dM(s) + const \tag{2}$$

Через $M(x)$ здесь обозначена неубывающая на отрезке $[0, l]$ функция, определяющая распределение масс. Интеграл в (2) понимается по Лебегу-Стилтьесу. Псевдопроизводная $\frac{d}{dM}u'_+$ вводится, например, при анализе задачи рассеяния (распространения тепла) и определяется не соотношением типа (2), а с помощью предельных переходов в конечноразностных отношениях. Через u'_+ в уравнениях (1) и (2) обозначена правая производная.

Рассмотрим более общее, чем (2), уравнение

$$-(pu')(x) + \int_0^x udQ = F(x) + const \tag{3}$$

При анализе данного уравнения возникает определенная сложность в виде неоднозначной определенности интегрального слагаемого в левой части. Если в некоторой точке $x = \xi$ функция $Q(x)$ имеет скачок, то интеграл не имеет собственного значения, а лишь предельное значение слева $\int_0^{\xi-0}$ и предельное значение справа, т. е. при $x = \xi + 0$. Поэтому равенство (3) вместе со всеми его компонентами, включая и $(pu')(x)$, распространим на множество $[0, l]_\sigma$. Данное множество получается из сегмента $[0, l]$ с помощью замены каждой точки ξ разрыва $Q(x)$ парой $\{\xi - 0, \xi + 0\}$.

Уравнение (3) основными свойствами похоже на обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка.

Справедливы следующие утверждения. Пусть $Q, F \in BV[0, l]$, т. е. пространству ограниченной вариации.

Теорема 1. Для любых $\xi \in [0, l]_\sigma$ и C_0, C_1 начальная задача

$$u(\xi) = C_0, u'(\xi) = C_1$$

однозначно разрешима. К ее решению равномерно сходится процесс итераций

$$(pu'_{n+1})(x) = \int_\xi^x u_n(s)dQ(s) - (F(x) - F(\xi)) - p(\xi)C_1$$

при $u_{n+1}(\xi) = C_0$, начатый с любой начальной функции $u_0(x)$ из $C[0, l]$. Это решение непрерывно зависит как от начальных условий, так и от $F \in BV_0[0, l]$ (пространства функций с ограниченной вариации).

В данной теореме через $BV_0[0, l]$ обозначили множество функций из $BV[0, l]$ с нулевым значением при $x = 0$. Заметим, что если ξ — точка разрыва $Q(x)$, то исходную задачу можно разложить на две разные начальные задачи — левостороннюю в точке $\xi - 0$ и правостороннюю в точке $\xi + 0$.

Теорема 2. Пусть Q не убывает. Тогда уравнение (3) при краевых условиях

$$u(0) = 0, u(l) = 0, \tag{4}$$

соответствующих глухому закреплению концов стильтьесовской струны, однозначно разрешимо для любой $F(x)$ из $BV[0, l]$. Для каждой неубывающей $F(x)$ это решение неотрицательно.

С механической точки зрения неубывание $F(x)$ означает, что к изучаемому объекту приложена неотрицательная во всех точках сила, включая также импульсы. Для данной задачи может быть построена функция влияния.

Рассмотрим общую струну с закрепленными концами (4). Эти условия исключают скачки на концах у функций $Q(x)$ и $F(x)$. Действительно, эти скачки соответствуют сосредоточенным в концах усилиям и локальным упругим опорам типа пружин, которые ввиду закрепления концов очевидно неуместны. Тогда в (3) интеграл должен браться от точки $+ 0$, т. е. по интервалу $(0, x)$. Покажем, что для данной задачи может быть построена функция влияния. Предположим всюду далее, что $q \succ 0$.

Пусть в точке $x = \xi \in [0, l]$ приложена единичная сила. Это значит, что в (4) первое слагаемое имеет вид $u(\xi)$, что соответствует функции

$$F(x) = \begin{cases} 1, & x > \xi \\ 0, & x < \xi \end{cases} \quad (= \theta(x - \xi)),$$

где $\theta(x)$ — классическая функция Хевисайда. При этой $F(x) = \theta(x - \xi)$ уравнение (3) наверняка имеет решение, удовлетворяющее условиям (4), о чем утверждает следующая теорема.

Теорема 3 При неубывающей $Q(x)$ для любой $F(x) \in BV[0, l]$ краевая задача

$$\begin{cases} -(pu')' + \int_0^x udQ = F(x) + Const \\ u(0) = u(l) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

однозначно разрешима.

При доказательстве использовались выше сформулированные теоремы, в силу которых однородная задача (5) при $F(x) = \theta(x - \xi)$ имеет только тривиальное решение, и воспользоваться стандартной альтернативой Фредгольма.

Согласно теореме 3 задача (3), (4) имеет единственное решение. Обозначим его через $K(x, \xi)$.

Теорема 4. Для любой $F(x) \in BV_0[0, l]$ решение задачи (3), (4) может быть представлено в виде

$$u(x) = \int_{(0, l)} K(x, s) dF(s).$$

Последняя формула означает, что $K(x, s)$ является функцией Грина задачи (5).

Литература:

1. Аткинсон Ф. Дискретные и непрерывные граничные задачи. М.: Мир, 1968, 750 с.
2. Владимиров В. С. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1967, 436 с.
3. Покорная О. Ю. О ядре несамосопряженных операторов. Материалы XLVI отчетной научной конференции ВГТА, Воронеж, 2008, Ч.2, с. 150.

Из опыта работы по введению ФГОС по математике в 5 классе

Слынько Светлана Юрьевна, учитель математики
МОУ Дмитровская СОШ № 1 им. В. И. Кузнецова (Московская обл.)

МОУ Дмитровская средняя общеобразовательная школа № 1 им. В. И. Кузнецова с 1 сентября 2012 года является ресурсным центром по введению федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования.

Качество образования определяется его функциональностью, способностью ученика применять свои знания при решении практических проблем.

Если выпускник имеет знания, но не может их применить, не может решать проблемы практической деятельности, то его образование некачественное.

В условиях введения новых стандартов смысловым ориентиром становится развитие личности ребенка, а не «получение знаний». Это в корне меняет целевые ориентиры деятельности. Приоритетным становятся:

— достижение и поддержание высокого уровня мотивации ребенка к образованию;

— достижение уровня знаний, необходимых и достаточных для следующей ступени образования, обеспечивающего компетентностное освоение и решение (на уровне самостоятельной деятельности) задач учебной и социальной направленности;

— достижение самостоятельности в учебной и социально направленной деятельности, рефлексивной оценке и самооценке результатов.

Основная проблема, связанная с изучением и введением нового стандарта — научить учителя строить новые взаимоотношения между детьми, партнерские отношения между учителем и ребенком.

Роль учителя — создать условия, чтобы дети добывали

знания в процессе познавательной, исследовательской деятельности, в работе над заданиями, непосредственно связанными с проблемами реальной жизни. Наряду с традиционным вопросом «ЧЕМУ УЧИТЬ?», учитель должен понимать: как учить, чтобы у детей возникали собственные вопросы «ЧЕМУ МНЕ НАДО НАУЧИТЬСЯ?» Ребенок должен стать «архитектором образовательного процесса».

Формы и методы организации учебной деятельности изменяются: от игровых — к выполнению работы под непосредственным руководством учителя — к самостоятельной работе в малых группах. Затем максимально самостоятельная учебная работа в малых группах и индивидуальная самостоятельная работа творческого характера. Конечно, надо учить, самостоятельности, но не пускать на самотёк, а помогать. Не все дети 5 класса могут быть самостоятельными, очень многие нуждаются в контроле. Самостоятельность формируется годами.

Деятельностный подход в обучении — необходимое условие овладения знанием. Для организации деятельности учащегося учитель переходит с позиции носителя знаний на позицию организатора познавательной деятельности. Современная школа требует, чтобы у ребенка была сформирована не система знаний, умений сама по себе, а ключевые компетенции в интеллектуальной, социальной, коммуникативной и информационной сферах.

Вызывает сомнение то, что в концепции внедрения стандартов представление об учителе дается как об идеальном. На самом деле учителю трудно резко перестроить свою работу и в кратчайшие сроки модернизировать ее. Это длительный процесс.

Принципиальное изменение целей приводит к появлению ориентира на достижение личностных результатов, таких как личностная и социальная зрелость, проявляемая ребёнком в индивидуальной и совместной деятельности (со сверстниками, с младшими и старшими детьми, с взрослыми), в социальном поведении.

Теперь мы можем выстроить новый образ результата, а в отличие от требований, выдвигаемых в прежней системе целевых ориентиров, мы будем действовать в логике «от успешной школы — к успехам ребёнка»:

— школа успешна, если всем ученикам создаются условия, порождающие мотивацию к образованию (учёбе и совместной социально направленной деятельности); если всем ученикам предоставлена возможность развивать свою самостоятельность в предметной и социально направленной деятельности; если всем ученикам обеспечено право развития и реализации рефлексивной самооценки результатов достигнутого;

— учитель успешен, если он совместно с педагогами и родителями познаёт «внутренний закон развития» каждого ребёнка, заключающийся в возникновении новых предметных, социальных и личностных задач на основе развившихся возможностей ребёнка, создаёт мотивирующую, деятельностную, компетентностную и рефлексивную среду совместной деятельности с каждым ребёнком;

— ученик успешен, если он развивается как личность: мотивирован к постановке и решению разноплановых задач в предметной и социальной деятельности, способен проявлять свои личностные качества в индивидуальной и совместной деятельности

Личность каждого человека наделена только ей присущим сочетанием черт и особенностей, образующих ее индивидуальность. Под влиянием возрастающих требований жизни увеличивается объем и усложняется содержание знаний подлежащих усвоению в школе. Но при традиционной системе обучения не каждый школьник способен освоить программу. По своим природным способностям, темпу работы и т.д. учащиеся сильно отличаются друг от друга. Нередко в одном классе можно наблюдать школьников как с очень высоким, так и с очень низким уровнем развития. Учитель обычно выбирает методы, формы обучения, ориентированные на среднего ученика. При этом слабым и сильным ученикам уделяется мало внимания. В этих условиях учащиеся с хорошими способностями работают без особого напряжения, а слабые испытывают возрастающие затруднения.

Как заинтересовать математикой? Дело непростое. Многое зависит от того, как поставить даже очевидный вопрос, и от того, как вовлечь всех учащихся в обсуждение сложившейся ситуации. Творческая активность учащихся, успех урока целиком зависит от методических приемов, которые выбирает учитель. Как сформировать интерес к предмету у ребенка? Через самостоятельность и активность, через поисковую деятельность на уроке и дома, создание проблемной ситуации, разнообразие методов обучения, через новизну материала, эмоциональную окраску урока.

Сообщить готовое быстрее, чем открывать его вместе с учениками. Но от «прослушанного», как известно, через две недели в памяти остается только 20%. Важно сделать учащихся 5 класса участниками научного поиска: рассуждая вслух, высказывая предположения, обсуждая их, доказывая истину. Учащиеся включаются в деятельность, которая носит исследовательский характер. В реализации проблемного обучения существенную роль играет создание на уроке учебной проблемной ситуации. Это оправдывающий себя дидактический прием, с помощью которого учитель держит в постоянном напряжении одну из внутренних пружин процесса обучения — детскую любознательность.

— Сказки, математические сочинения, диктанты, игры со словами, использование пословиц, поговорок, содержащих числительное, конкурс художников, кроссворды, кодирование ответов заданий, использование приема «умышленной ошибки», приема конкретной ситуации, приема «толстых» и «тонких» вопросов, приема «эффекта 30 секунд», использование метода «мозгового штурма», использование принципа Ходжи Насреддина: «Пусть те, которые знают, расскажут тем, которые не знают», принципа В.Н. Сорока-Росинского: «Поменьше учителя — побольше ученика», составление задач по

анalogии, составление задач на заданную тему, чтение рисунков и графиков, изготовление нитяных моделей, приема «короткой» задачи, применение метода хоровых ответов, — это те «педагогические уловки», которые активизируют мыслительные процессы учащихся, помогают им приобретать опыт в креативной и когнитивной деятельности.

— Инструментом активизации мыслительной деятельности учащихся является и рефлексия, т.е. контрольно-оценочное, критическое рассмотрение человеком особенностей своих мыслительных действий, направленных на поиск решения задач. Ее желательнее проводить на различных этапах урока. Необходимо учить обучающихся реализации рефлексивного алгоритма.

«Я» (как чувствовал себя, с каким настроением работал, доволен ли собой, какую пользу сегодня извлек).

«МЫ» (комфортно ли было работать, какие затруднения были в общении, были ли моменты радости, почему?).

«ДЕЛО» (достиг ли цели учения, какие затруднения возникли, как преодолеть свои учебные трудности, о чем хотелось бы поговорить подробнее). Умение пользоваться алгоритмом помогает школьникам приобретать личностный опыт, развивает их индивидуальность.

Проведение рефлексии (в данном случае в устной форме) помогает выявить ценностное и критическое отношение школьников к полученной информации всех познавательных стилей мышления и к занятию в целом при помощи вопросов.

— Почему я не решил задание № 20 теста или решил?

— Я был на верном пути, но растерялся? (Внимание, самообладание?)

— Обращался ли я к дополнительной литературе? (Это первые шаги к саморазвитию.)

— Обсуждал ли с кем-либо решение? (Один ум хорошо, а два лучше.)

— Что полезного, ценного я узнал сегодня на занятии? Чему научился?

— Что у меня получилось и не получилось? Какая помощь мне нужна? (Японская мудрость гласит: «Учить других всегда почетно, учиться у других никогда не зазорно».)

— Что нужно сделать, чтобы добиться успеха? (Углублять и расширять теоретические знания, учиться размышлять, овладевать способами действий.)

Анализ занятия

— Занятие достигло поставленных целей, если:

1) созданы условия для саморазвития и самореализации личности;

2) обучаемые с обоснованием выполняют исследование решения задач, самостоятельно выстраивая причинно-следственные связи;

3) применяют знания и способы действий в измененных и новых ситуациях;

4) могут найти ошибку в рассуждениях и исправить ее;

5) самостоятельно могут оценить свой путь от пред-

ставления к пониманию.

— Таким образом, решая проблему активизации мыслительной деятельности обучаемых, детей нужно учить учиться, создавать условия для «выращивания» нового знания, для саморазвития и самореализации.

Достижение результатов образования обеспечивается через методический аппарат учебников и учебно-методических пособий комплекта, школа работает в 5 классе по УМК Виленкина Н.Я., Жохова В.И. и др.

В состав УМК для 5 класса входило:

1) *Математика. 5 класс. Учебник. Виленкин Н.Я. и др. (2012)*

2) *Поурочные разработки по математике 5. К учебному комплекту Виленкина Н.Я. — Выговская В.В. (2013)*

3) *Математика. 5 класс. Рабочая тетрадь 2экз к учебнику Виленкина Н.Я. и др. — Рудницкая В.Н. (2013)*

4) *Дидактические материалы по математике. 5 класс. К учебнику Виленкина Н.Я. и др. — Попов М.А. (2013)*

5) *Контрольные и самостоятельные работы по математике. 5 класс. К учебнику Виленкина Н.Я. и др. Попов М.А. (2012)*

6) *Математика. 5 класс. Рабочие тетради для контрольных работ к учебнику Виленкина Н.Я. и др. — Рудницкая В.Н. (2013,)*

7) *Тесты по математике. 5 класс. К учебнику Виленкина Н.Я. и др. — Рудницкая В.Н. (2013, 128 с.)*

Добавилось:

1) Комплект цифровых образовательных ресурсов для обеспечения фронтальной работы учителя на уроке к учебнику «Математика, 5 класс» Виленкин Н.Я. Сайт «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов».

2) Виленкин Н.Я. и др. Математика, 5 класс. Мультимедийное приложение, диск для учителя.

3) Виленкин Н.Я. и др. Математика, 5 класс. Мультимедийное приложение, диск для ученика

4) электронные учебные пособия

— тестирование он-лайн-www.kokch.kts.ru/cdo

— энциклопедия Кирилла и Мефодия-mega.km.ru

— сайт энциклопедий-www.encyclopedia.ru

5) Интернет ресурсы

— Министерство образования и науки РФ. — [/www.mon.gov.ru/](http://www.mon.gov.ru/).

— Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций. — www.informika.ru

— При работе с классом я придерживалась рекомендаций автора, изложенных в методичке к учебнику. Правильно организованная фронтальная работа с классом, обязательная проверка диктанта или самостоятельной работы непосредственно после работы. Домашнее за-

дание предлагалось небольшого объема и комментировалось в классе. Неоднократно приходилось включать в домашнюю работу задания, которые разобрали в классе.

— Система заданий в учебнике построена так, чтобы способствовать интеллектуальному развитию школьника, учить его доказательному рассуждению, обоснованию собственных действий. В учебнике достаточное количество заданий любого типа: репродуктивного уровня, типовых задач с подробными алгоритмами решения, качественных задач, задач проблемного и творческого характера.

— Методические рекомендации представляют большой интерес для учителя и оказывают ему огромную помощь, т. к. в них представлены задания для проведения математических диктантов, самостоятельных, контрольных работ, зачетов, даны примерные разработки всех уроков, отражающие авторские взгляды на методику преподавания математики.

— Учебник применим в различных технологиях. Он обеспечивает как базовый уровень, так и повышенный уровень изучения материала, т. к. содержит обязательный и необязательный теоретический материал и большой объём разноуровневых заданий: от стандартных до за-

даний повышенной и высокой сложности

И в соответствии с этим учителю понадобились на уроке и технические средства:

1. Компьютер
2. Мультимедиапроектор
3. Экран
4. Интерактивная доска

Что было самым трудным?

1. Это осмысление большого объема информации и разработка за короткие сроки самой программы. Для того, чтобы написать рабочую программу нужно сначала выбрать учебно-методический комплекс по предмету В 2011–2012 учебном году на базе нашей школы проводились ГБОУ ВПО МО «Академия социального управления» курсы «Проектирование рабочей программы по предмету — формирование и развитие новых планируемых результатов».

Имея учебно-методический комплекс уже в июне 2012 года, я смогла составить рабочую программу по математике в соответствии с требованиями ФГОС. (пример программы)

Поурочное планирование по математике в 5 б классе.

5 часов в неделю, всего 175 часов. Учебник «Математика 5» под ред. Н. Я. Виленкина.

№ урока	Дата	Тема урока (страницы учебника, тетради)	Деятельность учащихся	Понятия	Планируемые результаты (в соответствии с ФГОС ООУ)					
					Предметные результаты	Метапредметные (познавательные, коммуникативные, регулятивные)	Личностные	ИКТ-компетентность	Основы учебно-исслед. и проект. деятельности	Осн. смысл. чтения и работа с текстом
Входной мониторинг на начало года										
Натуральные числа и шкалы (20ч)										
1.	сентябрь	Знакомство с учебником. Обозначение натуральных чисел	Рецептивная — знакомство с приложением; восприятие Репродуктивная — ответы на вопросы, чтение и запись многозначных чисел	Натуральный ряд Разряд Класс	Знакомство с учебником, его содержанием и структурой, способами предъявления теоретического материала и основными типами упражнений, общее представление о содержании курса математики в пятом классе Уметь описывать свойства натурального ряда; Читать и записывать натуральные числа	П. — основы ознакомительного, изучающего, усваивающего и поискового чтения; К. — устанавливать и сравнивать разные точки зрения, прежде чем принимать решения и делать выбор; аргументировать свою точку зрения, спорить и отстаивать свою позицию не враждебным для оппонентов образом; Р. — целеполагание, включая постановку новых целей, преобразование практической задачи в познавательную	Умение вести диалог на основе равноправных отношений и взаимного уважения и принятия; умение конструктивно разрешать конфликты;	Использовать различные приёмы поиска информации в Интернете, поисковые сервисы, строить запросы для поиска информации и анализировать результаты поиска	Ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать языковые средства, адекватные обсуждаемой проблеме	Находить в тексте требуемую информацию (пробегать текст глазами, определять его основные элементы)

— Сокращение часов на математику, приводит к необходимости структурирования учебного материала в таком виде, чтобы понятийный аппарат предмета и действия были представлены целостной системой, в которой каждое действие алгоритмизировано (весь материал представлен в виде карт-схем).

— Организованная таким образом деятельность позволяет: систематизировать материал; спрогнозировать конкретные результаты, на которые должны выйти учащиеся по окончании темы; способствует развитию творческого мышления школьников; знания усваиваются быстрее и на более длительный срок, так как они приобретаются по разным каналам восприятия (зрительные, слуховые).

— Учебно-методический комплекс, представленный картой-схемой и алгоритмами действий, может использоваться для самостоятельного обучения учащихся, не посещающих учебное заведение по каким-либо причинам, для объяснения нового материала, для обобщения, систематизации и коррекции знаний и умений школьников.

— Карты-схемы хорошо обобщают материал, приводя его в систему, придают наглядность изложению. Вместе с тем схемы экономят время изучения материала, повышает прочность запоминания, облегчает процесс усвоения знаний. Все это способствует росту качества знаний, облегчает взаимопроверку изученного.

Данная рабочая программа предусматривает следующие формы, методы и технологии обучения:

- уроки объяснения нового материала;
- комбинированные уроки;
- уроки обобщения и систематизации;
- уроки проверки знаний, умений и навыков обучающихся;

- урок — учебный практикум;
- проблемный урок;
- частично поисковый урок.

Кроме этого, данная рабочая программа содержит формы, способы и средства проверки и оценки результатов обучения, как:

- контрольная работа;
- проверочные и обучающие самостоятельные работы;
- тестовая работа;
- графические, словарные математические диктанты;
- элементы исследовательской работы.

2 трудность. Отсутствие современного оборудования. Недостаточное количество средств на приобретение учебной литературы, экранно — звуковых носителей, интерактивных досок. ХОТЯ произошло обновление материально-технического оснащения, в основной школе были установлены две интерактивные доски, проекционное оборудование. Все педагоги обеспечены компьютерами или ноутбуками с доступом в Интернет для использования в учебном процессе.

УМЦ г. Дмитрова в течении 2011–2012–2013 учебного года проводил семинары-встречи с издательствами для учителей математики, обмен опытом, где можно было ознакомиться с УМК по математике для 5 класса. Также семинар был проведён и на базе Академии социального управления г. Москвы. В этом учебном году кафедра математики при Академии социального управления 2 раза собирала учителей математики МО, которые работают по новым ФГОС в 5 классах. На первом семинаре познакомились с УМК по математике, с которыми начали работать, а на втором семинаре обменивались опытом и мнениями о работе по различным видам УМК

Сравнительная таблица результатов стартового и итогового контроля в 5 б классе

Стартовый контроль № 1 (входная диагностика: проверка остаточных знаний) 12.09.12		Итоговый контроль в конце учебного года (май)	
Количество учащихся по списку	27	Количество учащихся по списку	27
Количество учащихся, выполнявших работу	23	Количество учащихся, выполнявших работу	27
Получили отметки		Получили отметки	
«5»	3	«5»	11
«4»	10	«4»	8
«3»	8	«3»	8
«2»	2	«2»	–
Процент качества	56,52%	Процент качества	74%
Процент успеваемости	91,3%	Процент успеваемости	100%

Возраст пятиклассника благоприятен для творческого развития, они легко откликаются на необычные уроки, склонны к спорам, рассуждениям.

Детям нравится решать проблемные ситуации, участ-

вовать в дискуссиях, отстаивая свою правоту. Стандарт ориентирован на воспитание школьника-гражданина и патриота России, развитие духовно-нравственного школьника, его национального самосознания.

Литература:

1. Асмолов А. Г. Формирование универсальных учебных действий в основной школе: от действия к мысли. Система заданий: пособие для учителя/под ред. А. Г. Асмолова. — М.: Просвещение, [2010. — 159 с.]
2. Боженкова Л. И. Алгебра в схемах, таблицах, алгоритмах: Учебные материалы. Изд. 2-е испр. и доп. — М., Калуга: КГУ им. К. Э. Циолковского, [2012. — 56с].
3. Данилюк А. Я., Кондаков А. М., Тишков В. А.. Концепция духовно-нравственного развития и воспитания личности гражданина России. — М.: Просвещение, [2009. — 24 с.]
4. Федеральный государственный образовательный стандарт общего основного образования. М-во образования и науки Рос. Федерации. — М.: Просвещение, [2011. — 48 с]
5. Программа. Планирование учебного материала. Математика. 5–6 классы / авт.-сост. В. И. Жохов. М.: Мнемозина, [2009. — 31 с.]
6. Примерные программы по учебным предметам. Математика. 5–9 классы: проект. — 3-е изд., перераб. — М.: Просвещение, [2010. — 67 с.]
7. Учебник. Математика. 5 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений / Н. Я. Виленкин и др. — 21-е изд., — М.: Мнемозина, [2011.]

ФИЗИКА

Применение опорных конспектов на уроках физики

Григорьева Жаннета Васильевна, заместитель директора по воспитательной работе, учитель физики
МКОУ Бобровская средняя общеобразовательная школа № 2 (Воронежская обл.)

К поколению сегодняшних школьников общество выдвигает следующие требования: они должны знать не только основы наук, но и быть инициативными и самостоятельно мыслящими. Поэтому одной из важнейших задач школы в современных условиях является развитие интеллектуальных способностей у детей. Для решения этой задачи нужно изменить процесс обучения таким образом, чтобы ученики были вовлечены в творческую учебно-познавательную деятельность. Перед каждым учителем стоит проблема подбора таких форм и методов работы, которые приводили бы к достижению положительного результата. Одним из таких методов работы является организация учебного процесса на основе использования опорных конспектов. В настоящее время практически каждый учитель применяет в своей деятельности нетрадиционные формы обучения школьников. Это прежде всего связано со становлением нового стиля мышления учителей, ориентирующихся на более эффективное решение образовательно-воспитательных задач и усиление самостоятельной творческо-поисковой деятельности школьников.

Использование опорных конспектов позволяет учителю в наглядной и доступной форме представить изучаемый материал. При этом я использую демонстрационный эксперимент, а в последнее время и ИКТ технологии. В наше время наиболее важные и интересные открытия совершаются на стыках наук, большинство из которых имеет комплексный характер. Поэтому особенно важной становится организация межпредметной деятельности учащихся. Межпредметные связи, вызывая интерес к познанию, активизируют мыслительную деятельность ученика. Это предопределяет успех учения, укрепляет интерес к знаниям, значительно расширяет кругозор. Перед школьниками распахиваются безграничные возможности новых способов добывания знаний. Естественной в учебно-воспитательном процессе становится установка на самостоятельное получение знаний учащимися, на их самообразование. Если ученик не имеет достаточных навыков обработки получаемой им информации, он испытывает определенные трудности и теряет интерес к пред-

мету. Поэтому современный учитель должен помочь ребёнку овладеть технологиями познавательной деятельности, качественно обрабатывать получаемую им информацию и уметь применять её на практике при решении различных видов задач. Преподавание физики представляет собой благоприятную сферу для применения информационно-коммуникационных технологий.

Опорный конспект по физике — это развернутая наглядная конструкция темы, содержащая расположенные определенным образом правила, формулы, определения, графики, обозначения единиц измерения и различные термины.

Важным признаком опорного конспекта должен стать его внешний вид. Современные компьютерные технологии и различные редакторы позволяют успешно решать эту задачу.

Основные принципы составления опорного конспекта:

- Структурность;
- Последовательность;
- Лаконичность;
- Ассоциативность;
- Доступность;
- Наглядность;
- Эстетичность.

Опорные конспекты реализуют принципы последовательности и системности. Смысл опорного конспекта как средства обучения в том, что он через зрительно воспринимаемые образы, знаки и другие изобразительные средства вызывает из памяти учеников необходимые ассоциации, опорные знания, помогает достаточно компактно выстроить систему некоторого блока содержания, облегчает понимание его структуры и тем самым способствует усвоению. Следует отметить, что опорный конспект — это не исчерпывающее отображение всего учебного материала, а лишь средство выделить главное, привлечь внимание школьников к основным фактам. Как правило, опорный конспект изучаемой темы располагается перед глазами школьников с самого начала урока. По ходу изложения нового материала школьники делают записи в тетрадях, используя символы опорного конспекта.

Учитель, привлекая внимание учащихся, раскрывает содержание конспекта, последовательно продвигаясь от одного его пункта к другому. Особо следует сказать о значении опорных конспектов для «слабых» учащихся. Конспект становится для них опорой, помогая вспомнить и воспроизвести материал темы. Обучение с применением опорных конспектов развивает память, логическое мышление, способность к анализу, монологическую речь, раскрывает творческий потенциал, индивидуальные способности учащихся. И вообще помогает учащимся строить логическое выступление. Зрительное восприятие опорных конспектов, воспроизведение их в тетрадах учащимися, устный рассказ по ним развивают все виды памяти школьников.

Создание опорных конспектов — нелегкий труд для учителя. Ему необходимо не только осмыслить, затем структурировать, интегрировать, обобщить учебный материал, но и творчески подойти к оформлению самого конспекта. Также задача учителя сводится к тому, чтобы научить школьников работать с опорным конспектом. Для этого целесообразно предложить следующий алгоритм действий:

1. Вспомни объяснение учителя, используя конспект.
2. Раскрась его цветными карандашами, фломастерами.
3. Прочти материал в учебнике.
4. Перескажи материал учебника с помощью конспекта.
5. Расскажи материал без конспекта.

В своей педагогической деятельности я часто использую метод опорных конспектов. Например, при изучении таких тем, как «Сила трения» (7 класс), «Энергия» (8 класс), «Последовательное и параллельное соединение проводников» (9 класс), «Основные положения МКТ» (10 класс), «Строение атома» (11 класс) и многих других.

При применении в ответе опорных материалов, у детей отпадает необходимость в одновременном выполнении нескольких операций: удерживать в памяти план ответа, вести рассказ и мысленно обрабаты-

вать материал, спокойно вести диалог, быть уверенным в себе и т. д. Упрощается оперирование новыми терминами, возникает чувство уверенности в успехе и любознательности, появляется возможность проявить свои творческие способности и индивидуальность. Учебный успех усиливает положительную мотивацию и открывает дорогу к творчеству.

Подача информации при работе с опорным конспектом осуществляется таким образом, чтобы использовать все возможности визуального эффекта при получении знаний учащимися. Сочетание и расположение текста, формул, схем, рисунков, графиков позволяет наилучшим образом выделить и подчеркнуть главное в изучаемой теме. Опорный конспект помогает лучше разобраться в новом трудном материале урока и успешно выступить на следующем уроке. Таким образом, методика преподавания физики с использованием опорного конспекта дает возможность всем учащимся, независимо от их индивидуальных способностей, почувствовать себя самостоятельными, уверенными в себе, активными, способными людьми, испытывающими радость от успеха в учении. Я думаю, что это самое главное для учителя, когда его ученики любят его предмет и не боятся идти к нему на урок.

Использование такого методического приема дают возможность рационально распределить время на уроке, уменьшить его затраты на подготовку домашнего задания, увеличить работоспособность и результативность труда учителя и учащихся, создать условия для раскрытия творческих способностей и талантов учащихся, что способствует более глубокому изучению теоретического материала и развитию речи учащихся. При использовании этого метода очень важное значение имеет создание благоприятного психологического климата на уроке.

В заключении хочется сказать, что разработка опорного конспекта по физике — это реальная помощь в работе ученика, которая помогает не только понять физические законы и процессы, опираясь на теорию, изложенную в краткой и доступной форме, но и быть успешным, отвечая на уроке.

Литература:

1. Криволапова Н. А. Опорные конспекты по физике для учащихся 7–9 классов: Методическое пособие для учителей и учащихся.
2. Опорные сигналы. Под ред. В. Ф. Шаталова. М.: Просвещение.

Программирование линейного асинхронного двигателя с числом пазов в индукторе равном шести

Емельянов Александр Александрович, старший преподаватель;
 Медведев Алексей Владимирович, аспирант;
 Кобзев Антон Валерьевич, студент;
 Козлов Алексей Максимович, студент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, студент;
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;
 Чернов Михаил Владимирович, студент;
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;
 Иванин Александр Юрьевич, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В данной работе объектом рассмотрения является линейный асинхронный двигатель с числом пазов индуктора равным шести ($Z_1 = 6$), математическая модель которого реализована в MATLAB [5].

На рис. 1,а приведен линейный асинхронный двигатель с одной парой полюсов ($2p = 2$) и с одним числом на полюс и фазу ($q = 1$). На рис. 1,б дана его магнитная схема замещения. Расчетная модель представляет собой совокупность развернутых схем замещения магнитной и электрических цепей с частично постоянной аппроксимацией параметров в пределах зубцового деления, которое принимается за основу при разбиении магнитной цепи на участке [1].

При рассмотрении линейного асинхронного двигателя приняты следующие *основные допущения*:

- магнитная проницаемость стальных участков магнитопроводов индуктора и подвижной части (зубцов, яра) принимается равной бесконечности ($\mu = \infty$). В магнитной схеме замещения (рис. 2) учитывается только магнитные сопротивления воздушных участков в зоне индуктора и в шунтирующих зонах;
- в шунтирующих зонах как под сбегающим, так и набегающим краем индуктора (статора) учитывается по четыре зубцовых деления подвижного элемента (ротора).

Представление линейного асинхронного двигателя в виде магнитных схем замещения приводит к необходимости работать с матрицами, что представляет большую ценность для подготовки студентов младших курсов к исследовательской работе. Данная работа адресована студентам, поэтому из методических целей представлена без сокращений.

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

Баланс магнитных напряжений магнитной цепи

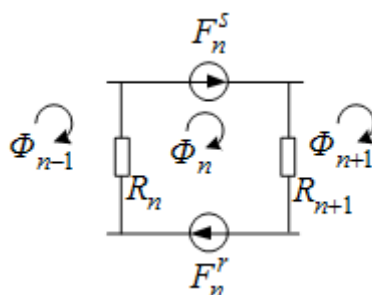


Рис. 2. Магнитная схема замещения

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

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

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

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

$F_n^s = 0$ — в шунтирующих зонах.

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

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

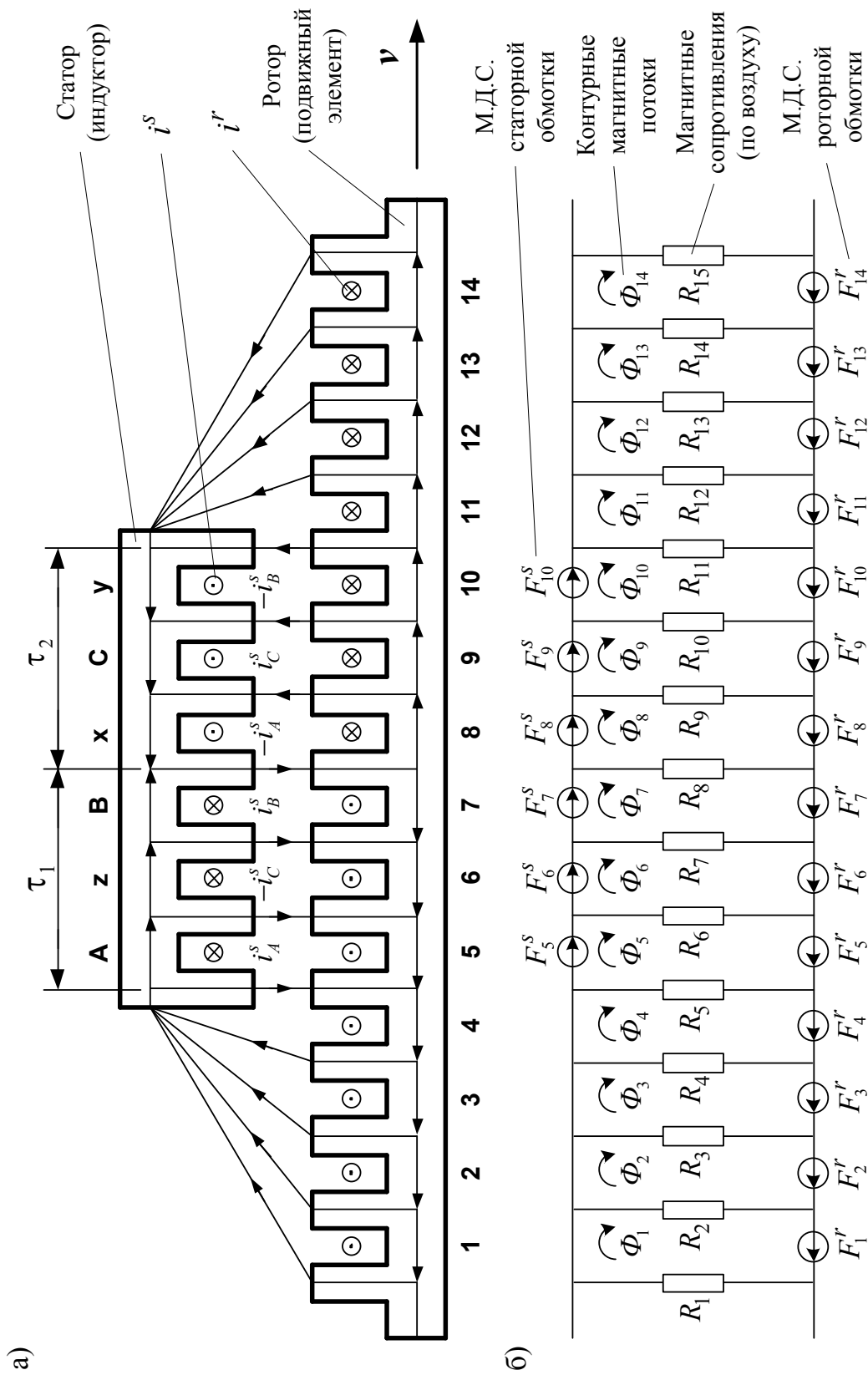


Рис. 1. а) Линейный асинхронный двигатель ($2p = 2, Z1 = 6$); б) Магнитная схема замещения

Отсюда ток в стержне ротора определится по следующему выражению:

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

Уравнение баланса напряжений электрической цепи ротора

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

Выразим производные во времени через конечные разности:

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

где n – номер зубцового деления;

k – номер шага разбиения по времени.

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

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

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

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

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

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

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

Это уравнение может быть реализовано при произведении матрицы **A**, элементы которой записаны в квадратных скобках, на матрицу-столбец **X**, состоящей из потоков (Φ) и токов статорной обмотки. Правая часть уравнения (4) формирует первые четырнадцать элементов матрицы-столбца свободных членов **S** в $(k-1)$ момент времени. Элементы 15 и 16 строк матрицы **A** и соответствующие элементы s_{15} и s_{16} будут сформированы из баланса напряжений статорной обмотки.

Наконец, последние элементы матриц **A** и **S** определяются из баланса токов в трехфазной обмотке соединенной в звезду без нулевого провода. Матрица-столбец **X** сформирована из первых четырнадцати элементов, соответствующих потокам Φ_1, \dots, Φ_{14} , а остальные – токам статорной обмотки i_A^s, i_C^s и i_B^s .

Общий вид матриц при числе полюсов $2p = 2$ и общем числе пазов индуктора (статора) $Z_1 = 6$ приведен на рис.3.

Введем следующие обозначения:

– Магнитные сопротивления в шунтирующих зонах:

$$R_1 = R_2 = R_{14} = R_{15} = 500 \cdot R_\delta;$$

$$R_3 = R_{13} = 50 \cdot R_\delta;$$

$$R_4 = R_{12} = 5 \cdot R_\delta.$$

– Магнитные сопротивления в индукторной зоне:

$$R_5 = R_6 = \dots = R_{11} = R_8.$$

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

$$B = 2R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + 1 / \Delta t;$$

$$B_1 = (5R_6 + R_6) \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (R_6 - 5R_6) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t =$$

$$= 6R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (-4R_6) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_2 = 55R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (-45R_6) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_3 = 550R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (-450R_6) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_4 = 1000R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + 1 / \Delta t;$$

$$B_5 = 550R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + 450R_6 \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_6 = 55R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + 45R_6 \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$B_7 = 6R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + 4R_6 \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

$$C = -R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (2R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_1 = -R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (6R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_2 = -5R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (55R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_3 = -50R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (550R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_4 = -500R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (1000R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_5 = -500R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (550R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_6 = -50R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (55R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$C_7 = -5R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) + (6R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E = -R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (2R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_1 = -5R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (6R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_2 = -50R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (55R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_3 = -500R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (550R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_4 = -500R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (1000R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_5 = -50R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (55R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_6 = -5R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (6R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$E_7 = -R_6 \cdot \left(r^r + L^r / \Delta t \right) - (2R_6 \cdot L^r + 1) \cdot v_{k-1} / 2t_z;$$

$$D = -R_6 \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z; \quad D_1 = 5 \cdot D; \quad D_2 = 50 \cdot D; \quad D_3 = 500 \cdot D.$$

– Элементы матрицы \mathbf{A} , перемножаемые на токи i_1, \dots, i_6 матрицы \mathbf{X} :

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

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

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

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

$$P = -R_{\phi} \cdot L^r / \Delta t;$$

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

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

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

$n = 1$.

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

Запишем элементы матрицы **A**:

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

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

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

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.

$n = 2$.

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

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

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

$n = 3$.

$$\underbrace{[-D_3]}_{a_{3,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{[E_5]}_{a_{3,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[B_6]}_{a_{3,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[C_7]}_{a_{3,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[D]}_{a_{3,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} = \underbrace{50 \cdot P \cdot \Phi_{2,k-1} + Q_2 \cdot \Phi_{3,k-1} + 5 \cdot P \cdot \Phi_{4,k-1}}_{S_3}.$$

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

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

$n = 4$.

$$\underbrace{[T]}_{a_{4,15}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^S}_{x_{15}} + \underbrace{[-D_2]}_{a_{4,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{[E_6]}_{a_{4,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[B_7]}_{a_{4,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[C]}_{a_{4,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[D]}_{a_{4,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} = \underbrace{5 \cdot P \cdot \Phi_{3,k-1} + Q_1 \cdot \Phi_{4,k-1} + P \cdot \Phi_{5,k-1}}_{S_4}.$$

$$a_{4,2} = -D_2; \quad a_{4,3} = E_6; \quad a_{4,4} = B_7; \quad a_{4,5} = C; \quad a_{4,6} = D; \quad a_{4,15} = T.$$

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

Примечание: при подстановке в уравнение (4) $n = 5$, мы увидим в соответствии с рис. 1, что войдет ток i_C^S с отрицательным знаком, в то же время в матрице-столбце **X** нет знака «-», поэтому его необходимо учесть в соответствующем элементе матрицы **A**.

Аналогично для других фаз, в концах обмоток x, y, z условно принимаем знак «-» и этот знак вводим в соответствующие элементы матрицы **A**.

$n = 5$.

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{Y}_{a_{5,15}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^S}_{x_{15}} + \underbrace{T \cdot (-1)}_{a_{5,16}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^S}_{x_{16}} + \underbrace{-D_1}_{a_{5,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{E_7}_{a_{5,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{B}_{a_{5,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{C}_{a_{5,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{D}_{a_{5,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} \right]}_{S_5} = \\ & = W1 \cdot i_{A,k-1}^S + Q \cdot \Phi_{5,k-1} + P \cdot (\Phi_{4,k-1} + \Phi_{6,k-1}). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{5,3} &= -D_1; a_{5,4} = E_7; a_{5,5} = B; a_{5,6} = C; a_{5,7} = D; a_{5,15} = Y; a_{5,16} = T \cdot (-1) = -T. \\ S_5 &= W1 \cdot x_{15,k-1} + Q \cdot x_{5,k-1} + P \cdot (x_{4,k-1} + x_{6,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 6$.

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{-T}_{a_{6,15}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^S}_{x_{15}} + \underbrace{Y \cdot (-1)}_{a_{6,16}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^S}_{x_{16}} + \underbrace{T}_{a_{6,17}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^S}_{x_{17}} + \underbrace{-D}_{a_{6,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{E}_{a_{6,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{B}_{a_{6,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \right.}_{S_6} \\ & \left. + \underbrace{C}_{a_{6,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{D}_{a_{6,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} \right] = \underbrace{W1 \cdot (-1) \cdot i_{C,k-1}^S + Q \cdot \Phi_{6,k-1} + P \cdot (\Phi_{5,k-1} + \Phi_{7,k-1})}_{S_6}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{6,4} &= -D; a_{6,5} = E; a_{6,6} = B; a_{6,7} = C; a_{6,8} = D; a_{6,15} = -T; \\ a_{6,16} &= Y \cdot (-1) = -Y; a_{6,17} = T. \\ S_6 &= W1 \cdot (-1) \cdot x_{16,k-1} + Q \cdot x_{6,k-1} + P \cdot (x_{5,k-1} + x_{7,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 7$.

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{-T \cdot (-1)}_{a_{7,16}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^S}_{x_{16}} + \underbrace{Y}_{a_{7,17}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^S}_{x_{17}} + \underbrace{T \cdot (-1)}_{a_{7,15}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^S}_{x_{15}} + \underbrace{-D}_{a_{7,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{E}_{a_{7,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{B}_{a_{7,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \right.}_{S_7} \\ & \left. + \underbrace{C}_{a_{7,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{D}_{a_{7,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} \right] = \underbrace{W1 \cdot i_{B,k-1}^S + Q \cdot \Phi_{7,k-1} + P \cdot (\Phi_{6,k-1} + \Phi_{8,k-1})}_{S_7}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{7,5} &= -D; a_{7,6} = E; a_{7,7} = B; a_{7,8} = C; a_{7,9} = D; a_{7,15} = T \cdot (-1) = -T; \\ a_{7,16} &= -T \cdot (-1) = T; a_{7,17} = Y. \\ S_7 &= W1 \cdot x_{17,k-1} + Q \cdot x_{7,k-1} + P \cdot (x_{6,k-1} + x_{8,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 8$.

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{-T}_{a_{8,17}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^S}_{x_{17}} + \underbrace{Y \cdot (-1)}_{a_{8,15}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^S}_{x_{15}} + \underbrace{T}_{a_{8,16}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^S}_{x_{16}} + \underbrace{-D}_{a_{8,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{E}_{a_{8,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{B}_{a_{8,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \right.}_{S_8} \\ & \left. + \underbrace{C}_{a_{8,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{D}_{a_{8,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} \right] = \underbrace{W1 \cdot (-1) \cdot i_{A,k-1}^S + Q \cdot \Phi_{8,k-1} + P \cdot (\Phi_{7,k-1} + \Phi_{9,k-1})}_{S_8}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{8,6} &= -D; a_{8,7} = E; a_{8,8} = B; a_{8,9} = C; a_{8,10} = D; a_{8,15} = Y \cdot (-1) = -Y; \\ a_{8,16} &= T; a_{8,17} = -T. \\ S_8 &= [W1 \cdot (-1)] \cdot x_{15,k-1} + Q \cdot x_{8,k-1} + P \cdot (x_{7,k-1} + x_{9,k-1}). \end{aligned}$$

$n = 9.$

$$\underbrace{[-T \cdot (-1)] \cdot i_{A,k}^s}_{a_{9,15} \quad x_{15}} + \underbrace{[Y] \cdot i_{C,k}^s}_{a_{9,16} \quad x_{16}} + \underbrace{[T \cdot (-1)] \cdot i_{B,k}^s}_{a_{9,17} \quad x_{17}} + \underbrace{[-D] \cdot \Phi_{7,k}}_{a_{9,7} \quad x_7} + \underbrace{[E] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{9,8} \quad x_8} + \underbrace{[B] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{9,9} \quad x_9} +$$

$$+ \underbrace{[C] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{9,10} \quad x_{10}} + \underbrace{[D] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{9,11} \quad x_{11}} = \underbrace{W1 \cdot i_{C,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{9,k-1} + P \cdot (\Phi_{8,k-1} + \Phi_{10,k-1})}_{S_9}.$$

$$a_{9,7} = -D; a_{9,8} = E; a_{9,9} = B; a_{9,10} = C; a_{9,11} = D; a_{9,15} = -T \cdot (-1) = T;$$

$$a_{9,16} = Y; a_{9,17} = T \cdot (-1) = -T.$$

$$S_9 = W1 \cdot x_{16,k-1} + Q \cdot x_{9,k-1} + P \cdot (x_{8,k-1} + x_{10,k-1}).$$

$n = 10.$

$$\underbrace{[-T] \cdot i_{C,k}^s}_{a_{10,16} \quad x_{16}} + \underbrace{[Y \cdot (-1)] \cdot i_{B,k}^s}_{a_{10,17} \quad x_{17}} + \underbrace{[-D] \cdot \Phi_{8,k}}_{a_{10,8} \quad x_8} + \underbrace{[E] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{10,9} \quad x_9} + \underbrace{[B] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{10,10} \quad x_{10}} + \underbrace{[C_1] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{10,11} \quad x_{11}} + \underbrace{[D_1] \cdot \Phi_{12,k}}_{a_{10,12} \quad x_{12}} =$$

$$= \underbrace{[W1 \cdot (-1)] \cdot i_{B,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{10,k-1} + P \cdot (\Phi_{9,k-1} + \Phi_{11,k-1})}_{S_{10}}.$$

$$a_{10,8} = -D; a_{10,9} = E; a_{10,10} = B; a_{10,11} = C_1; a_{10,12} = D_1; a_{10,16} = -T; a_{10,17} = Y \cdot (-1) = -Y.$$

$$S_{10} = [W1 \cdot (-1)] \cdot x_{17,k-1} + Q \cdot x_{10,k-1} + P \cdot (x_{9,k-1} + x_{11,k-1}).$$

$n = 11.$

$$\underbrace{[-T \cdot (-1)] \cdot i_{B,k}^s}_{a_{11,17} \quad x_{17}} + \underbrace{[-D] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{11,9} \quad x_9} + \underbrace{[E] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{11,10} \quad x_{10}} + \underbrace{[B_1] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{11,11} \quad x_{11}} + \underbrace{[C_2] \cdot \Phi_{12,k}}_{a_{11,12} \quad x_{12}} + \underbrace{[D_2] \cdot \Phi_{13,k}}_{a_{11,13} \quad x_{13}} =$$

$$= \underbrace{Q_1 \cdot \Phi_{11,k-1} + P \cdot (\Phi_{10,k-1} + 5 \cdot \Phi_{12,k-1})}_{S_{11}}.$$

$$a_{11,9} = -D; a_{11,10} = E; a_{11,11} = B_1; a_{11,12} = C_2; a_{11,13} = D_2; a_{11,17} = -T \cdot (-1) = T.$$

$$S_{11} = Q_1 \cdot x_{11,k-1} + P \cdot (x_{10,k-1} + 5 \cdot x_{12,k-1}).$$

$n = 12.$

$$\underbrace{[-D] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{12,10} \quad x_{10}} + \underbrace{[E_1] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{12,11} \quad x_{11}} + \underbrace{[B_2] \cdot \Phi_{12,k}}_{a_{12,12} \quad x_{12}} + \underbrace{[C_3] \cdot \Phi_{13,k}}_{a_{12,13} \quad x_{13}} + \underbrace{[D_3] \cdot \Phi_{14,k}}_{a_{12,14} \quad x_{14}} =$$

$$= \underbrace{Q_2 \cdot \Phi_{12,k-1} + P \cdot (5 \cdot \Phi_{11,k-1} + 50 \cdot \Phi_{13,k-1})}_{S_{12}}.$$

$$a_{12,10} = -D; a_{12,11} = E_1; a_{12,12} = B_2; a_{12,13} = C_3; a_{12,14} = D_3.$$

$$S_{12} = Q_2 \cdot x_{12,k-1} + P \cdot (5 \cdot x_{11,k-1} + 50 \cdot x_{13,k-1}).$$

$n = 13.$

$$\underbrace{[-D_1] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{13,11} \quad x_{11}} + \underbrace{[E_2] \cdot \Phi_{12,k}}_{a_{13,12} \quad x_{12}} + \underbrace{[B_3] \cdot \Phi_{13,k}}_{a_{13,13} \quad x_{13}} + \underbrace{[C_4] \cdot \Phi_{14,k}}_{a_{13,14} \quad x_{14}} = \underbrace{Q_3 \cdot \Phi_{13,k-1} + P \cdot (50 \cdot \Phi_{12,k-1} + 500 \cdot \Phi_{14,k-1})}_{S_{13}}.$$

$$a_{13,11} = -D_1; a_{13,12} = E_2; a_{13,13} = B_3; a_{13,14} = C_4.$$

$$S_{13} = Q_3 \cdot x_{13,k-1} + P \cdot (50 \cdot x_{12,k-1} + 500 \cdot x_{14,k-1}).$$

$n = 14.$

$$\underbrace{[-D_2]}_{a_{14,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[E_3]}_{a_{14,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[B_4]}_{a_{14,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} = \underbrace{Q_4 \cdot \Phi_{14,k-1} + 500 \cdot P \cdot \Phi_{13,k-1}}_{S_{14}}.$$

$$a_{14,12} = -D_2; a_{14,12} = E_3; a_{14,14} = B_4.$$

$$S_{14} = Q_4 \cdot x_{14,k-1} + 500 \cdot P \cdot x_{13,k-1}.$$

Элементы строк 15 и 16 матрицы **A** и соответствующие элементы матрицы-столбца **S** определяются из *баланса электрических напряжений обмоток статора* [2].

$$\begin{cases} U_{AB} = \omega_n^s \cdot \frac{d}{dt} \cdot (\Phi_5 - \Phi_8 - \Phi_7 + \Phi_{10}) + r^s \cdot (i_A^s - i_B^s) + L^s \cdot \left(\frac{di_A^s}{dt} - \frac{di_B^s}{dt} \right); \\ U_{BC} = \omega_n^s \cdot \frac{d}{dt} \cdot (\Phi_7 - \Phi_{10} + \Phi_6 - \Phi_9) + r^s \cdot (i_B^s - i_C^s) + L^s \cdot \left(\frac{di_B^s}{dt} - \frac{di_C^s}{dt} \right), \end{cases} \quad (5)$$

где $U_{AB} = U_M \cdot \cos(\omega t + 2\pi / 3);$

$U_{BC} = U_M \cdot \cos \omega t.$

С учетом шага по времени Δt в k -ый момент времени:

$$\begin{cases} U_{AB} = U_M \cdot \cos[\omega \cdot (k-1) \cdot \Delta t + 2\pi / 3], \\ U_{BC} = U_M \cdot \cos[\omega \cdot (k-1) \cdot \Delta t]. \end{cases}$$

Уравнения (5) при выражении производных по времени через конечные разности примут следующий вид:

$n = 15.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[U]}_{a_{15,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[-U]}_{a_{15,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[-U]}_{a_{15,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[U]}_{a_{15,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[KS]}_{a_{15,15}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^s}_{x_{15}} + \underbrace{[-KS]}_{a_{15,17}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^s}_{x_{17}} = \\ & = U \cdot (\Phi_{5,k-1} - \Phi_{8,k-1} - \Phi_{7,k-1} + \Phi_{10,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot (i_{A,k-1}^s - i_{B,k-1}^s) + U_{AB,k}. \end{aligned}$$

$n = 16.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[U]}_{a_{16,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[-U]}_{a_{16,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[U]}_{a_{16,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[-U]}_{a_{16,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[KS]}_{a_{16,17}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^s}_{x_{17}} + \underbrace{[-KS]}_{a_{16,16}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^s}_{x_{16}} = \\ & = U \cdot (\Phi_{7,k-1} - \Phi_{10,k-1} + \Phi_{6,k-1} - \Phi_{9,k-1}) + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot (i_{B,k-1}^s - i_{C,k-1}^s) + U_{BC,k}. \end{aligned}$$

Наконец, сумма токов определяет элементы семнадцатой строки матрицы **A** и элемент s_{17} матрицы-столбца **S**.

$$\underbrace{[1]}_{a_{17,15}} \cdot \underbrace{i_{A,k}^s}_{x_{15}} + \underbrace{[1]}_{a_{17,17}} \cdot \underbrace{i_{B,k}^s}_{x_{17}} + \underbrace{[1]}_{a_{17,16}} \cdot \underbrace{i_{C,k}^s}_{x_{16}} = \underbrace{0}_{s_9}.$$

Окончательно, матрица **A** примет следующий вид, удобный для программирования в MATLAB:

Окончательно, матрица **A** примет 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) $n = 1..14$, определяем токи в роторе:

$$i_1^r = \underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot \underbrace{(500 \cdot R_\delta + 500 \cdot R_\delta)}_{1000 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (500 \cdot R_\delta);$$

$$i_2^r = -\underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot (500 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (50 \cdot R_\delta + 500 \cdot R_\delta) - \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot (50 \cdot R_\delta);$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	B ₄	C ₅	D ₂															
2	E ₄	B ₅	C ₆	D ₁														
3	-D ₃	E ₅	B ₆	C ₇	D													
4		-D ₂	E ₆	B ₇	C	D									T			
5			-D ₁	E ₇	B	C	D								Y	-T		
6				-D	E	B	C	D							-T	-Y	T	
7					-D	E	B	C	D						-T	T	Y	
8						-D	E	B	C	D					-Y	T	-T	
9							-D	E	B	C	D				T	Y	-T	
10								-D	E	B	C ₁	D ₁					-T	-Y
11									-D	E	B ₁	C ₂	D ₂					T
12										-D	E ₁	B ₂	C ₃	D ₃				
13											-D ₁	E ₂	B ₃	C ₄				
14												-D ₂	E ₃	B ₄				
15					U		-U	-U		U					KS		-KS	
16						U	U		-U	-U						-KS	KS	
17															1	1	1	

Рис. 4

$$i_3^r = -\underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (50 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot \underbrace{(5 \cdot R_\delta + 50 \cdot R_\delta)}_{55 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot (5 \cdot R_\delta);$$

$$i_4^r = -\underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot (5 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot \underbrace{(R_\delta + 5 \cdot R_\delta)}_{6 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_5}_{x_5} \cdot R_\delta;$$

$$i_5^r = -\omega_n^s \cdot \underbrace{i_{15}^s}_{x_{15}} - \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot R_\delta + \underbrace{\Phi_5}_{x_5} \cdot (R_\delta + R_\delta) - \underbrace{\Phi_6}_{x_6} \cdot R_\delta = -\omega_n^s \cdot x_{15} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_5 - R_\delta \cdot (x_4 + x_6);$$

$$i_6^r = -\omega_n^s \cdot (-1) \cdot x_{16} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_6 - R_\delta \cdot (x_5 + x_7);$$

$$i_7^r = -\omega_n^s \cdot x_{17} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_7 - R_\delta \cdot (x_6 + x_8);$$

$$i_8^r = -\omega_n^s \cdot (-1) \cdot x_{18} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_8 - R_\delta \cdot (x_7 + x_9);$$

$$i_9^r = -\omega_n^s \cdot x_{19} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_9 - R_\delta \cdot (x_8 + x_{10});$$

$$i_{10}^r = -\omega_n^s \cdot (-1) \cdot x_{20} + 2 \cdot R_\delta \cdot x_{10} - R_\delta \cdot (x_9 + x_{11});$$

$$i_{11}^r = -\underbrace{\Phi_{10}}_{x_{10}} \cdot R_\delta + \underbrace{\Phi_{11}}_{x_{11}} \cdot \underbrace{(5 \cdot R_\delta + R_\delta)}_{6 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_{12}}_{x_{12}} \cdot (5 \cdot R_\delta);$$

$$i_{12}^r = -\underbrace{\Phi_{11}}_{x_{11}} \cdot (5 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_{12}}_{x_{12}} \cdot \underbrace{(50 \cdot R_\delta + 5 \cdot R_\delta)}_{55 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_{13}}_{x_{13}} \cdot (50 \cdot R_\delta);$$

$$i_{13}^r = -\underbrace{\Phi_{12}}_{x_{12}} \cdot (50 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_{13}}_{x_{13}} \cdot \underbrace{(500 \cdot R_\delta + 50 \cdot R_\delta)}_{550 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_{14}}_{x_{14}} \cdot (500 \cdot R_\delta);$$

$$i_{14}^r = -\underbrace{\Phi_{13}}_{x_{13}} \cdot (500 \cdot R_\delta) + \underbrace{\Phi_{14}}_{x_{14}} \cdot \underbrace{(500 \cdot R_\delta + 500 \cdot R_\delta)}_{1000 \cdot R_\delta}.$$

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

Суммарное усилие: $F_\Sigma = \sum_{n=1}^{14} F_n$.

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

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

```

% математическая модель ЛАД с укладкой статорной обмотки классическим
% способом (z=6) с помощью магнитных схем замещения
function lad_z12_6_sprint
    % исходные данные асинхронного двигателя
    Rb=0.1003*10^7;
    rs=9.5;
    Ls=0.037;
    rr=4.6345*10^-5;
    Lr=0.0372*10^-5;
    dt=0.001;
    tz=9.769*10^-3;
    m=1.9;
    v0=0;
    wn=200;
    f=50;
    w=2*pi*f;
    UA=wn/dt;
    Um=310/2;
    x=zeros(17,1);
    F=0;
    k=input('длительность цикла k=');
    for k=1:(k+1)
        v(1,k)=v0;           % Создание вектор-строки для графика скорости
        f(1,k)=sum(F);       % Создание вектор-строки для графика усилия

        Uab=Um*cos(w*(k-1)*dt+2*pi/3);
        Ubc=Um*cos(w*(k-1)*dt);

        % Формирование матрицы A
        A=zeros(17);
    
```

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$D1=5*D;$$

$$D2=50*D;$$

$$D3=500*D;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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


```

for n=1:3
    A(n+3,n+14)=(-1)^(n+1)*T;
    A(n+4,n+14)=(-1)^(n+1)*Y;
    A(n+5,n+14)=(-1)^n*T;
    A(n+6,n+14)=(-1)^n*T;
    A(n+7,n+14)=(-1)^n*Y;
    A(n+8,n+14)=(-1)^(n+1)*T;
    A(17,n+14)=1;
end;

```

```

for n=1:2
    A(n+14,n+14)=(-1)^(n+1)*KS;
    A(n+14,17)=(-1)^n*KS;
    A(n+14,n+4)=UA;
    A(n+14,7)=(-1)^n*UA;
    A(n+14,n+7)=-UA;
    A(n+14,10)=(-1)^(n+1)*UA;
end;

```

end;

```

for n=1:6
    A(n+4,n+4)=B;
    A(n+5,n+4)=E;
    A(n+3,n+4)=C;
end;

```

```

for n=1:7
    A(n+2,n+4)=D;
    A(n+5,n+3)=-D;
end;

```

```

A(1,1)=B4;
A(1,2)=C5;
A(1,3)=D2;
A(2,1)=E4;
A(2,2)=B5;
A(2,3)=C6;
A(2,4)=D1;
A(3,1)=-D3;
A(3,2)=E5;
A(3,3)=B6;
A(3,4)=C7;
A(4,2)=-D2;
A(4,3)=E6;
A(4,4)=B7;
A(5,3)=-D1;
A(5,4)=E7;

```

```

A(10,11)=C1;
A(10,12)=D1;
A(11,11)=B1;
A(11,12)=C2;
A(11,13)=D2;
A(12,11)=E1;
A(12,12)=B2;
A(12,13)=C3;
A(12,13)=D3;
A(13,11)=-D1;
A(13,12)=E2;
A(13,13)=B3;
A(13,14)=C4;
A(14,12)=-D2;
A(14,13)=E3;
A(14,14)=B4;

% Матрица свободных членов
S=[
    P4*X(1)+P*(500*X(2)): %1
    Q3*X(2)+P*(500*X(1)+50*X(3)); %2
    Q2*X(3)+P*(50*X(2)+5*X(4)); %3
    Q1*X(4)+P*(5*X(3)+X(5)); %4
    W1*X(15)+Q*X(5)+P*(X(4)+X(6)); %5
    (-1)*W1*X(16)+Q*X(6)+P*(X(5)+X(7)); %6
    W1*X(17)+Q*X(7)+P*(X(6)+X(8)); %7
    (-1)*W1*X(15)+Q*X(8)+P*(X(7)+X(9)); %8
    W1*X(16)+Q*X(9)+P*(X(8)+X(10)); %9
    (-1)*W1*X(17)+Q*X(10)+P*(X(9)+X(11)); %10
    Q1*X(11)+P*(X(10)+5*X(12)); %11
    Q2*X(12)+P*(5*X(11)+50*X(13)); %12
    Q3*X(13)+P*(50*X(12)+500*X(14)); %13
    Q4*X(14)+P*500*X(13); %14
    UA*(X(5)-X(8)-X(7)+X(10))+Ls/dt*(X(15)-X(17))+Uab; %15
    UA*(X(7)-X(10)+X(6)-X(9))+Ls/dt*(X(17)-X(16))+Ubc; %16
    0]; %17

% Решение методом Гаусса-Жордана
Z=rref([A S]); %приведение расширенной матрицы к треугольному виду
X=Z(1:17,18:18); %выделение последнего столбца из матрицы

```

```

% Ток в роторе
Ir=[      1000*Rb*X(1)-Rb*(500*X(2));           %1
      550*Rb*X(2)-Rb*(500*X(1)+50*X(3));       %2
      55*Rb*X(3)-Rb*(50*X(2)+5*X(4));          %3
      6*Rb*X(4)-Rb*(5*X(3)+X(5));              %4
      -wn*X(15)+2*Rb*X(5)-Rb*(X(4)+X(6));       %5
(-1)*(-wn)*X(16)+2*Rb*X(6)-Rb*(X(5)+X(7));    %6
      -wn*X(17)+2*Rb*X(7)-Rb*(X(6)+X(8));       %7
(-1)*(-wn)*X(15)+2*Rb*X(8)-Rb*(X(7)+X(9));    %8
      -wn*X(16)+2*Rb*X(9)-Rb*(X(8)+X(10));      %9
(-1)*(-wn)*X(17)+2*Rb*X(10)-Rb*(X(9)+X(11));  %10
      6*Rb*X(11)-Rb*(X(10)+5*X(12));            %11
      55*Rb*X(12)-Rb*(5*X(11)+50*X(13));        %12
      550*Rb*X(13)-Rb*(50*X(12)+500*X(14));    %13
      1000*Rb*X(14)-Rb*(500*X(13))];           %14

% Электромагнитное усилие
F(1)=X(2)*Ir(1)/(2*tz);
for n=1:12
    F(n+1)=(X(n+2)-X(n))*Ir(n+1)/(2*tz);
end;
F(14)=-X(13)*Ir(14)/(2*tz);

% Скорость
v0=v0+(sum(F)/m)*dt;
end;

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

```

Временные зависимости скорости и электромагнитного усилия линейного асинхронного двигателя в режиме прямого пуска, полученные на математической модели, представлены на рис. 5.

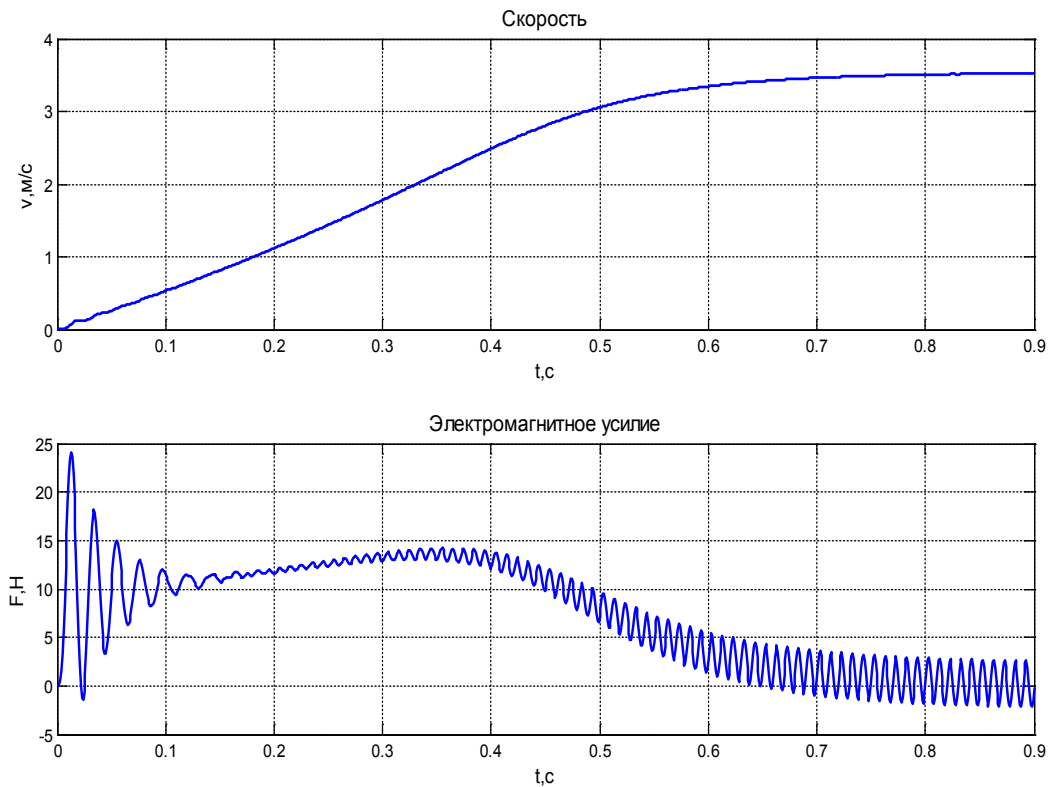


Рис. 5. Результат моделирования линейного асинхронного двигателя в режиме прямого пуска

Литература:

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

Моделирование линейного асинхронного двигателя с укладкой обмотки индуктора ($Z_1 = 6$) через спинку ярма

Емельянов Александр Александрович, старший преподаватель;
 Медведев Алексей Владимирович, аспирант;
 Кобзев Антон Валерьевич, студент;
 Козлов Алексей Максимович, студент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, студент;
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;
 Чернов Михаил Владимирович, студент;
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;
 Иванин Александр Юрьевич, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В работе [4] рассматривался линейный асинхронный двигатель (ЛАД) с числом пазов в индукторе $Z_1 = 12$ и намоткой обмотки через ярмо. В данной статье объектом рассмотрения является линейный асинхронный двигатель с числом пазов индуктора равным шести ($Z_1 = 6$), математическая модель которого реализована в MATLAB [6]. Магнитная система под набегавшим и сбегающим краями в шунтирующих зонах ЛАД осталась такой же, как в работе [1]. Асинхронные двигатели с различными способами укладки обмотки статора [1]... [5] необходимы для дальнейших работ, связанных с питанием двигателя от многообразных источников несинусоидального напряжения. Данная работа адресована студентам младших курсов, поэтому из методических целей представлена без сокращений.

На рис. 1,а показан ЛАД с одной парой полюсов ($2p = 2, Z_1 = 6$) и укладкой обмотки через спинку ярма статора. На рис. 1,б дана его магнитная схема замещения. Запишем основные уравнения для « n »-ого участка схемы замещения.

Баланс магнитных напряжений магнитной цепи

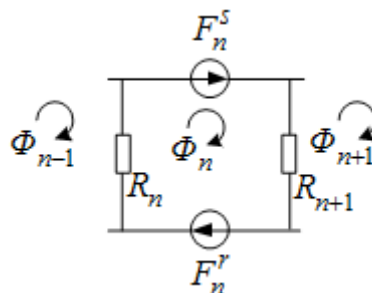


Рис. 2. Магнитная схема замещения

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

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

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

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

$F_n^s = 0$ — в шунтирующих зонах.

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

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

Отсюда ток в стержне ротора определится по следующему выражению:

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

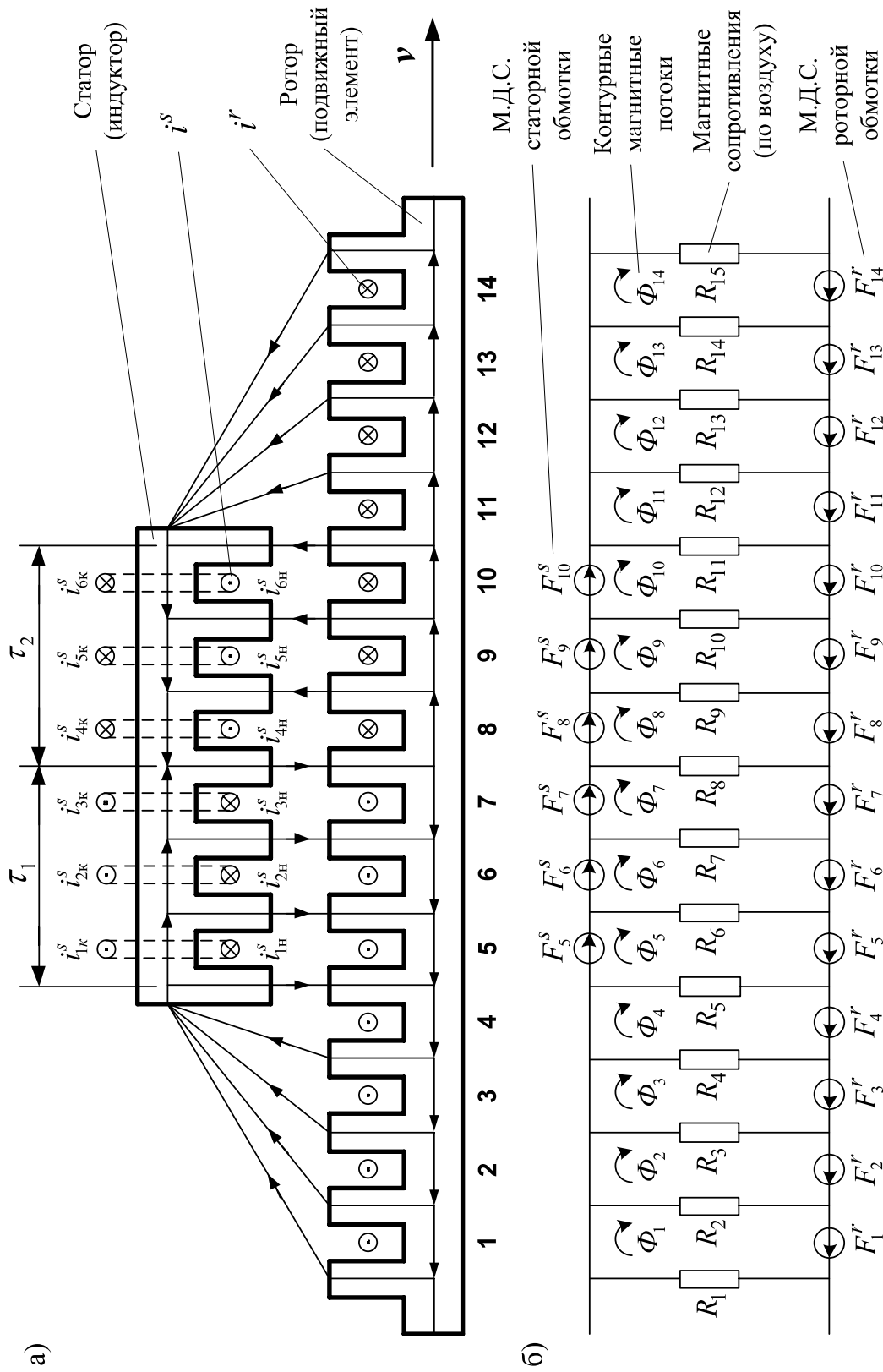


Рис. 1. а) Линейный асинхронный двигатель ($2p = 2, Z1 = 6$); б) Магнитная схема замещения

Уравнение баланса напряжений электрической цепи ротора

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

Выразим производные во времени через конечные разности:

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

где n – номер зубцового деления;

k – номер шага разбиения по времени.

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

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

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

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

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

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

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

Это уравнение может быть реализовано при произведении матрицы **A**, элементы которой записаны в квадратных скобках, на матрицу-столбец **X**, состоящей из потоков (Φ) и токов статорной обмотки. Правая часть уравнения (4) формирует первые четырнадцать элементов матрицы-столбца свободных членов **S** в ($k-1$) момент времени. Остальные шесть (s_{15}, \dots, s_{20}) будут сформированы из баланса напряжений статорной обмотки. Матрица-столбец **X** сформирована из первых четырнадцати элементов, соответствующие потокам $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_{14}$, а остальные с 15 по 20 – токам статорной обмотки i_1^s, \dots, i_6^s . Общий вид матриц **A**, **X** и **S** при числе полюсов $2p = 2$ и общем числе пазов статора (индуктора) $Z_1 = 6$ приведен на рис.3.

Введем следующие обозначения:

– Магнитные сопротивления в шунтирующих зонах:

$$R_1 = R_2 = R_{14} = R_{15} = 500 \cdot R_\delta;$$

$$R_3 = R_{13} = 50 \cdot R_\delta;$$

$$R_4 = R_{12} = 5 \cdot R_\delta.$$

– Магнитные сопротивления в индукторной зоне:

$$R_5 = R_6 = \dots = R_{11} = R_\delta.$$

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

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

$$B_1 = (5R_{\delta} + R_{\delta}) \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (R_{\delta} - 5R_{\delta}) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t = \\ = 6R_{\delta} \cdot (r^r + L^r / \Delta t) + (-4R_{\delta}) \cdot L^r \cdot v_{k-1} / 2t_z + 1 / \Delta t;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

– Элементы матрицы **A**, перемножаемые на токи i_1, \dots, i_6 матрицы **X**:

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

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

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

$$W1 = -\omega_n^s \cdot L' / \Delta t;$$

$$P = -R_{\bar{\sigma}} \cdot L' / \Delta t;$$

$$Q = (2R_{\bar{\sigma}} \cdot L' + 1) / \Delta t;$$

$$Q_1 = \frac{6R_{\bar{\sigma}} \cdot L' + 1}{\Delta t}; \quad Q_2 = \frac{55 \cdot R_{\bar{\sigma}} \cdot L' + 1}{\Delta t}; \quad Q_3 = \frac{550 \cdot R_{\bar{\sigma}} \cdot L' + 1}{\Delta t}; \quad Q_4 = \frac{1000 \cdot R_{\bar{\sigma}} \cdot L' + 1}{\Delta t}.$$

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

$$n = 1.$$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} B_4 \\ a_{1,1} \end{matrix} \right]}_{a_{1,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{\left[\begin{matrix} C_5 \\ a_{1,2} \end{matrix} \right]}_{a_{1,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{\left[\begin{matrix} D_2 \\ a_{1,3} \end{matrix} \right]}_{a_{1,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} = \underbrace{Q_4 \cdot \Phi_{1,k-1} + 500 \cdot P \cdot \Phi_{2,k-1}}_{s_1}.$$

Запишем элементы матрицы **A**:

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

В правой части сформирован элемент s_1 матрицы-столбца **S**:

$$s_1 = Q_4 \cdot x_{1,k-1} + 500 \cdot P \cdot x_{2,k-1}.$$

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.

$$n = 2.$$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} E_4 \\ a_{2,1} \end{matrix} \right]}_{a_{2,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{\left[\begin{matrix} B_5 \\ a_{2,2} \end{matrix} \right]}_{a_{2,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{\left[\begin{matrix} C_6 \\ a_{2,3} \end{matrix} \right]}_{a_{2,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{\left[\begin{matrix} D_1 \\ a_{2,4} \end{matrix} \right]}_{a_{2,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} = \underbrace{500 \cdot P \cdot \Phi_{1,k-1} + Q_3 \cdot \Phi_{2,k-1} + 50 \cdot P \cdot \Phi_{3,k-1}}_{s_2}.$$

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

$$s_2 = 500 \cdot P \cdot x_{1,k-1} + Q_3 \cdot x_{2,k-1} + 50 \cdot P \cdot x_{3,k-1}.$$

$$n = 3.$$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} -D_3 \\ a_{3,1} \end{matrix} \right]}_{a_{3,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{\left[\begin{matrix} E_5 \\ a_{3,2} \end{matrix} \right]}_{a_{3,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{\left[\begin{matrix} B_6 \\ a_{3,3} \end{matrix} \right]}_{a_{3,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{\left[\begin{matrix} C_7 \\ a_{3,4} \end{matrix} \right]}_{a_{3,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{\left[\begin{matrix} D \\ a_{3,5} \end{matrix} \right]}_{a_{3,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} = \underbrace{50 \cdot P \cdot \Phi_{2,k-1} + Q_2 \cdot \Phi_{3,k-1} + 5 \cdot P \cdot \Phi_{4,k-1}}_{s_3}.$$

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

$$s_3 = 50 \cdot [P] \cdot x_{2,k-1} + [Q_2] \cdot x_{3,k-1} + 5 \cdot [P] \cdot x_{4,k-1}.$$

$$n = 4.$$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} T \\ a_{4,15} \end{matrix} \right]}_{a_{4,15}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{15}} + \underbrace{\left[\begin{matrix} -D_2 \\ a_{4,2} \end{matrix} \right]}_{a_{4,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{\left[\begin{matrix} E_6 \\ a_{4,3} \end{matrix} \right]}_{a_{4,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{\left[\begin{matrix} B_7 \\ a_{4,4} \end{matrix} \right]}_{a_{4,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{\left[\begin{matrix} C \\ a_{4,5} \end{matrix} \right]}_{a_{4,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{\left[\begin{matrix} D \\ a_{4,6} \end{matrix} \right]}_{a_{4,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} = \underbrace{5 \cdot P \cdot \Phi_{3,k-1} + Q_1 \cdot \Phi_{4,k-1} + P \cdot \Phi_{5,k-1}}_{s_4}.$$

$$a_{4,2} = -D_2; \quad a_{4,3} = E_6; \quad a_{4,4} = B_7; \quad a_{4,5} = C; \quad a_{4,6} = D; \quad a_{4,15} = T.$$

$$s_4 = 5 \cdot P \cdot x_{3,k-1} + Q_1 \cdot x_{4,k-1} + P \cdot x_{5,k-1}.$$

$n = 5.$

$$\underbrace{\left[\underbrace{[Y]}_{a_{5,15}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{15}} + \underbrace{[T]}_{a_{5,16}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{16}} + \underbrace{[-D_1]}_{a_{5,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \underbrace{[E_7]}_{a_{5,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[B]}_{a_{5,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[C]}_{a_{5,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[D]}_{a_{5,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} \right]}_{s_5} =$$

$$a_{5,3} = -D_1; a_{5,4} = E_7; a_{5,5} = B; a_{5,6} = C; a_{5,7} = D; a_{5,15} = Y; a_{5,16} = T.$$

$$s_5 = W1 \cdot x_{15,k-1} + Q \cdot x_{5,k-1} + P \cdot (x_{4,k-1} + x_{6,k-1}).$$

$n = 6.$

$$\underbrace{\left[\underbrace{[-T]}_{a_{6,15}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{15}} + \underbrace{[Y]}_{a_{6,16}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{16}} + \underbrace{[T]}_{a_{6,17}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{17}} + \underbrace{[-D]}_{a_{6,4}} \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \underbrace{[E]}_{a_{6,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[B]}_{a_{6,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[C]}_{a_{6,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[D]}_{a_{6,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} \right]}_{s_6} =$$

$$a_{6,4} = -D; a_{6,5} = E; a_{6,6} = B; a_{6,7} = C; a_{6,8} = D; a_{6,15} = -T; a_{6,16} = Y; a_{6,17} = T.$$

$$s_6 = W1 \cdot x_{16,k-1} + Q \cdot x_{6,k-1} + P \cdot (x_{5,k-1} + x_{7,k-1}).$$

$n = 7.$

$$\underbrace{\left[\underbrace{[-T]}_{a_{7,16}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{16}} + \underbrace{[Y]}_{a_{7,17}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{17}} + \underbrace{[T]}_{a_{7,18}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{18}} + \underbrace{[-D]}_{a_{7,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{[E]}_{a_{7,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[B]}_{a_{7,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[C]}_{a_{7,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[D]}_{a_{7,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} \right]}_{s_7} =$$

$$a_{7,5} = -D; a_{7,6} = E; a_{7,7} = B; a_{7,8} = C; a_{7,9} = D; a_{7,16} = -T; a_{7,17} = Y; a_{7,18} = T.$$

$$s_7 = W1 \cdot x_{17,k-1} + Q \cdot x_{7,k-1} + P \cdot (x_{6,k-1} + x_{8,k-1}).$$

$n = 8.$

$$\underbrace{\left[\underbrace{[-T]}_{a_{8,17}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{17}} + \underbrace{[Y]}_{a_{8,18}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{18}} + \underbrace{[T]}_{a_{8,19}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{19}} + \underbrace{[-D]}_{a_{8,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{[E]}_{a_{8,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[B]}_{a_{8,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[C]}_{a_{8,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[D]}_{a_{8,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} \right]}_{s_8} =$$

$$a_{8,6} = -D; a_{8,7} = E; a_{8,8} = B; a_{8,9} = C; a_{8,10} = D; a_{8,17} = -T; a_{8,18} = Y; a_{8,19} = T.$$

$$s_8 = W1 \cdot x_{18,k-1} + Q \cdot x_{8,k-1} + P \cdot (x_{7,k-1} + x_{9,k-1}).$$

$n = 9.$

$$\underbrace{\left[\underbrace{[-T]}_{a_{9,18}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{18}} + \underbrace{[Y]}_{a_{9,19}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{19}} + \underbrace{[T]}_{a_{9,20}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{20}} + \underbrace{[-D]}_{a_{9,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[E]}_{a_{9,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[B]}_{a_{9,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[C]}_{a_{9,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[D]}_{a_{9,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} \right]}_{s_9} =$$

$$a_{9,7} = -D; a_{9,8} = E; a_{9,9} = B; a_{9,10} = C; a_{9,11} = D; a_{9,18} = -T; a_{9,19} = Y; a_{9,20} = T.$$

$$s_9 = W1 \cdot x_{19,k-1} + Q \cdot x_{9,k-1} + P \cdot (x_{8,k-1} + x_{10,k-1}).$$

$n = 10.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{[-T]}_{a_{10,19}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{19}} + \underbrace{[Y]}_{a_{10,20}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{20}} + \underbrace{[-D]}_{a_{10,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[E]}_{a_{10,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[B]}_{a_{10,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[C_1]}_{a_{10,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[D_1]}_{a_{10,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} \right]}_{S_{10}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{6,k-1}^s + Q \cdot \Phi_{10,k-1} + P \cdot (\Phi_{9,k-1} + \Phi_{11,k-1})}_{S_{10}}. \end{aligned}$$

$$a_{10,8} = -D; a_{10,9} = E; a_{10,10} = B; a_{10,11} = C_1; a_{10,12} = D_1; a_{10,19} = -T; a_{10,20} = Y.$$

$$s_{10} = W1 \cdot x_{20,k-1} + Q \cdot x_{10,k-1} + P \cdot (x_{9,k-1} + x_{11,k-1}).$$

$n = 11.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{[-T]}_{a_{11,20}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{20}} + \underbrace{[-D]}_{a_{11,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[E]}_{a_{11,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[B_1]}_{a_{11,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[C_2]}_{a_{11,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[D_2]}_{a_{11,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} \right]}_{S_{11}} = \\ & = \underbrace{Q_1 \cdot \Phi_{11,k-1} + P \cdot (\Phi_{10,k-1} + 5 \cdot \Phi_{12,k-1})}_{S_{11}}. \end{aligned}$$

$$a_{11,9} = -D; a_{11,10} = E; a_{11,11} = B_1; a_{11,12} = C_2; a_{11,13} = D_2; a_{11,20} = -T.$$

$$s_{11} = Q_1 \cdot x_{11,k-1} + P \cdot (x_{10,k-1} + 5 \cdot x_{12,k-1}).$$

$n = 12.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{[-D]}_{a_{12,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[E_1]}_{a_{12,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[B_2]}_{a_{12,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[C_3]}_{a_{12,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[D_3]}_{a_{12,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} \right]}_{S_{12}} = \\ & = \underbrace{Q_2 \cdot \Phi_{12,k-1} + P \cdot (5 \cdot \Phi_{11,k-1} + 50 \cdot \Phi_{13,k-1})}_{S_{12}}. \end{aligned}$$

$$a_{12,10} = -D; a_{12,11} = E_1; a_{12,12} = B_2; a_{12,13} = C_3; a_{12,14} = D_3.$$

$$s_{12} = Q_2 \cdot x_{12,k-1} + P \cdot (5 \cdot x_{11,k-1} + 50 \cdot x_{13,k-1}).$$

$n = 13.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\underbrace{[-D_1]}_{a_{13,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[E_2]}_{a_{13,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[B_3]}_{a_{13,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[C_4]}_{a_{13,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} \right]}_{S_{13}} = \\ & = \underbrace{Q_3 \cdot \Phi_{13,k-1} + P \cdot (50 \cdot \Phi_{12,k-1} + 500 \cdot \Phi_{14,k-1})}_{S_{13}}. \end{aligned}$$

$$a_{13,11} = -D_1; a_{13,12} = E_2; a_{13,13} = B_3; a_{13,14} = C_4.$$

$$s_{13} = Q_3 \cdot x_{13,k-1} + P \cdot (50 \cdot x_{12,k-1} + 500 \cdot x_{14,k-1}).$$

$n = 14.$

$$\underbrace{\left[\underbrace{[-D_2]}_{a_{14,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{[E_3]}_{a_{14,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{[B_4]}_{a_{14,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} \right]}_{S_{14}} = \underbrace{Q_4 \cdot \Phi_{14,k-1} + 500 \cdot P \cdot \Phi_{13,k-1}}_{S_{14}}.$$

$$a_{14,12} = -D_2; a_{14,12} = E_3; a_{14,14} = B_4.$$

$$s_{14} = Q_4 \cdot x_{14,k-1} + 500 \cdot P \cdot x_{13,k-1}.$$

Остальные элементы матрицы \mathbf{A} (для строк $n = 15, \dots, 20$) и соответствующие элементы матрицы-столбца \mathbf{S} определяются из **баланса электрических напряжений обмоток статора** [2].

В данной работе принято отдельное управление напряжением обмотки каждого паза ($Z_1 = 6$), следовательно, необходимо задать шесть напряжений. В качестве одного из вариантов примем синусоидальные напряжения со сдвигом на $\pi/3$:

$$\begin{aligned}
 u_1 &= U_m \cdot \cos(\omega t); & u_2 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right); & u_3 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right); \\
 u_4 &= U_m \cdot \cos(\omega t - \pi); & u_5 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right); & u_6 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t - \frac{5\pi}{3}\right).
 \end{aligned}$$

Рассмотрим баланс напряжений для первой обмотки.

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

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

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

L^s – индуктивность обмотки первого паза.

Выразим производные через конечные разности:

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

Тогда после подстановки получим:

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

Преобразуем выражение к виду:

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

Обозначим:

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

Тогда для элементов пятнадцатой строки матрицы **A** и пятнадцатого элемента матрицы-столбца **S** ($n = 15$):

$$\underbrace{\left[UA\right]}_{a_{15,5}} \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \underbrace{\left[KS\right]}_{a_{15,15}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{15}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{5,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s}_{s_{15}} + u_{1,k}.$$

Отсюда элементы матрицы **A**: $a_{15,5} = UA$; $a_{15,15} = KS$.

Пятнадцатый элемент s_{15} матрицы-столбца **S**:

$$s_{15} = UA \cdot x_{5,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{15,k-1} + u_{1,k}.$$

Аналогично для $n = 16, \dots, 20$ запишем:

$$n = 16. \quad \underbrace{\left[UA\right]}_{a_{16,6}} \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \underbrace{\left[KS\right]}_{a_{16,16}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{16}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{6,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{2,k-1}^s}_{s_{16}} + u_{2,k}.$$

$$a_{16,6} = UA; \quad a_{16,16} = KS; \quad s_{16} = UA \cdot x_{6,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{16,k-1} + u_{2,k}.$$

$$n = 17. \quad \underbrace{\left[UA\right]}_{a_{17,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{\left[KS\right]}_{a_{17,17}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{17}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{7,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{3,k-1}^s}_{s_{17}} + u_{3,k}.$$

$$a_{17,7} = UA; \quad a_{17,17} = KS; \quad s_{17} = UA \cdot x_{7,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{17,k-1} + u_{3,k}.$$

$$n = 18. \quad \underbrace{\left[\frac{UA}{a_{18,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \frac{KS}{a_{18,18}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{18}} \right]}_{s_{18}} = \underbrace{UA \cdot \underbrace{\Phi_{8,k-1}}_{x_8} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \underbrace{i_{4,k-1}^s}_{x_{18}} + u_{4,k}}_{s_{18}}.$$

$$a_{18,8} = UA; \quad a_{18,18} = KS; \quad s_{18} = UA \cdot x_{8,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{18,k-1} + u_{4,k}.$$

$$n = 19. \quad \underbrace{\left[\frac{UA}{a_{19,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \frac{KS}{a_{19,19}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{19}} \right]}_{s_{19}} = \underbrace{UA \cdot \underbrace{\Phi_{9,k-1}}_{x_9} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \underbrace{i_{5,k-1}^s}_{x_{19}} + u_{5,k}}_{s_{19}}.$$

$$a_{19,9} = UA; \quad a_{19,19} = KS; \quad s_{19} = UA \cdot x_{9,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{19,k-1} + u_{5,k}.$$

$$n = 20. \quad \underbrace{\left[\frac{UA}{a_{20,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \frac{KS}{a_{20,20}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{20}} \right]}_{s_{20}} = \underbrace{UA \cdot \underbrace{\Phi_{10,k-1}}_{x_{10}} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot \underbrace{i_{6,k-1}^s}_{x_{20}} + u_{6,k}}_{s_{20}}.$$

$$a_{20,10} = UA; \quad a_{20,20} = KS; \quad s_{20} = UA \cdot x_{10,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{20,k-1} + u_{6,k}.$$

Окончательно, матрица **A** примет следующий вид, удобный для программирования в MATLAB:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	B ₄	C ₅	D ₂																	
2	E ₄	B ₅	C ₆	D ₁																
3	-D ₃	E ₅	B ₆	C ₇	D															
4		-D ₂	E ₆	B ₇	C	D									T					
5			-D ₁	E ₇	B	C	D								Y	T				
6				-D	E	B	C	D							-T	Y	T			
7					-D	E	B	C	D							-T	Y	T		
8						-D	E	B	C	D							-T	Y	T	
9							-D	E	B	C	D							-T	Y	T
10								-D	E	B	C ₁	D ₁							-T	Y
11									-D	E	B ₁	C ₂	D ₂							-T
12										-D	E ₁	B ₂	C ₃	D ₃						
13											-D ₁	E ₂	B ₃	C ₄						
14												-D ₂	E ₃	B ₄						
15					UA										KS					
16						UA										KS				
17							UA										KS			
18								UA										KS		
19									UA										KS	
20										UA										KS

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) $n = 1 \dots 14$, определяем токи в роторе:

$$i_1^r = \underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot \underbrace{(500 \cdot R_\delta + 500 \cdot R_\delta)}_{1000 \cdot R_\delta} - \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (500 \cdot R_\delta);$$

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

Электромагнитные усилия на зубцовом делении определяются по следующим формулам:

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

Суммарное усилие: $F_\Sigma = \sum_{n=1}^{14} F_n$.

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

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

```

% Математическая модель ЛАД с укладкой статорной обмотки через спинку
% ярма ( z1=6 ) с помощью магнитных схем замещения
function lad_z11_6_spin
    % Исходные данные линейного асинхронного двигателя
    Rb=0.1003*10^7;

```

```

rs=9.5;
Ls=0.037;
rr=4.6345*10^-5;
Lr=0.0372*10^-5;
dt=0.001;
tz=9.769*10^-3;
m=1.9;
v0=0;
wn=200;
f=50;
w=2*pi*f;
UA=wn/dt;
Um=310/(2*1.73);
X=zeros(20,1);
F=0;
k=input('длительность цикла k=');
for k=1:(k+1)
    v(1,k)=v0;           % создание вектора-строки для графика скорости
    f(1,k)=sum(F);      % создание вектора-строки для графика усилия

    u(1)=Um*cos(w*(k-1)*dt);
    u(2)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi/3);
    u(3)=Um*cos(w*(k-1)*dt-2*pi/3);
    u(4)=Um*cos(w*(k-1)*dt-pi);
    u(5)=Um*cos(w*(k-1)*dt-4*pi/3);
    u(6)=Um*cos(w*(k-1)*dt-5*pi/3);

    % Формирование матрицы A
    A=zeros(20);

    B=2*Rb*(rr+Lr/dt)+1/dt;
    B1=6*Rb*(rr+Lr/dt)+(-4*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;
    B2=55*Rb*(rr+Lr/dt)+(-45*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;
    B3=550*Rb*(rr+Lr/dt)+(-450*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;
    B4=1000*Rb*(rr+Lr/dt)+1/dt;
    B5=550*Rb*(rr+Lr/dt)+450*Rb*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;
    B6=55*Rb*(rr+Lr/dt)+(45*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;
    B7=6*Rb*(rr+Lr/dt)+(4*Rb)*Lr*v0/(2*tz)+1/dt;

    C=-Rb*(rr+Lr/dt)+(2*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
    C1=-Rb*(rr+Lr/dt)+(6*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
    C2=-5*Rb*(rr+Lr/dt)+(55*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
    C3=-50*Rb*(rr+Lr/dt)+(550*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
    C4=-500*Rb*(rr+Lr/dt)+(1000*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
    C5=-500*Rb*(rr+Lr/dt)+(550*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
    C6=-50*Rb*(rr+Lr/dt)+(55*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
    C7=-5*Rb*(rr+Lr/dt)+(6*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);

```



```

D=-Rb*Lv*v0/(2*tz);
D1=5*D;
D2=50*D;
D3=500*D;

E=-Rb*(rr+Lv/dt)-(2*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);
E1=-5*Rb*(rr+Lv/dt)-(6*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);
E2=-50*Rb*(rr+Lv/dt)-(55*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);
E3=-500*Rb*(rr+Lv/dt)-(550*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);
E4=-500*Rb*(rr+Lv/dt)-(1000*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);
E5=-50*Rb*(rr+Lv/dt)-(550*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);
E6=-5*Rb*(rr+Lv/dt)-(55*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);
E7=-Rb*(rr+Lv/dt)-(6*Rb*Lv+1)*v0/(2*tz);

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

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

w1=-wn*Lv/dt;
P=-Rb*Lv/dt;
Q=(2*Rb*Lv+1)/dt;
KS=rs+Ls/dt;

Q1=(6*Rb*Lv+1)/dt;
Q2=(55*Rb*Lv+1)/dt;
Q3=(550*Rb*Lv+1)/dt;
Q4=(1000*Rb*Lv+1)/dt;

for n=1:6
    A(n+4,n+4)=B;
    A(n+5,n+4)=E;
A(n+3,n+4)=C;
    A(n+3,n+14)=T;
    A(n+4,n+14)=Y;
    A(n+5,n+14)=-T;
    A(n+14,n+4)=UA;
    A(n+14,n+14)=KS;
end;

for n=1:7
    A(n+2,n+4)=D;
    A(n+5,n+3)=-D;
end;

A(1,1)=B4;
A(1,2)=C5;
A(1,3)=D2;
A(2,1)=E4;
A(2,2)=B5;

```

$A(2, 3)=C6;$
 $A(2, 4)=D1;$
 $A(3, 1)=-D3;$
 $A(3, 2)=E5;$
 $A(3, 3)=B6;$
 $A(3, 4)=C7;$
 $A(4, 2)=-D2;$
 $A(4, 3)=E6;$
 $A(4, 4)=B7;$
 $A(5, 3)=-D1;$
 $A(5, 4)=E7;$

$A(10, 11)=C1;$
 $A(10, 12)=D1;$
 $A(11, 11)=B1;$
 $A(11, 12)=C2;$
 $A(11, 13)=D2;$
 $A(12, 11)=E1;$
 $A(12, 12)=B2;$
 $A(12, 13)=C3;$
 $A(12, 14)=D3;$
 $A(13, 11)=-D1;$
 $A(13, 12)=E2;$
 $A(13, 13)=B3;$
 $A(13, 14)=C4;$
 $A(14, 12)=-D2;$
 $A(14, 13)=E3;$
 $A(14, 14)=B4;$

% матрица свободных членов

```

S=[      Q4*X(1)+P*(      500*X(2));
      Q3*X(2)+P*(500*X(1)+50*X(3));
          Q2*X(3)+P*(50*X(2)+5*X(4));
          Q1*X(4)+P*(5*X(3)+X(5));
      W1*X(15)+Q*X(5)+P*(X(4)+X(6));
      W1*X(16)+Q*X(6)+P*(X(5)+X(7));
      W1*X(17)+Q*X(7)+P*(X(6)+X(8));
      W1*X(18)+Q*X(8)+P*(X(7)+X(9));
      W1*X(19)+Q*X(9)+P*(X(8)+X(10));
      W1*X(20)+Q*X(10)+P*(X(9)+X(11));
          Q1*X(11)+P*(X(10)+5*X(12));
          Q2*X(12)+P*(5*X(11)+50*X(13));
          Q3*X(13)+P*(50*X(12)+500*X(14));
          Q4*X(14)+P*500*X(13);
      UA*X(5)+(Ls/dt)*X(15)+U(1);
      UA*X(6)+(Ls/dt)*X(16)+U(2);
      UA*X(7)+(Ls/dt)*X(17)+U(3);
      UA*X(8)+(Ls/dt)*X(18)+U(4);

```

```

UA*X(9)+(Ls/dt)*X(19)+U(5);
UA*X(10)+(Ls/dt)*X(20)+U(6)];

% Решение методом Гаусса-Жордана
Z=rref([A S]); % Приведение расширенной матрицы к треугольному виду
X=Z(1:20,21:21); % Выделение последнего столбца из матрицы

% Ток в роторе
Ir=[ 1000*Rb*X(1)- Rb*( 500*X(2));
     550*Rb*X(2)- Rb*(500*X(1)+50*X(3));
     55*Rb*X(3)- Rb*(50*X(2)+5*X(4));
     6*Rb*X(4)- Rb*(5*X(3)+X(5));
    -wn*X(15)+2*Rb*X(5)- Rb*(X(4)+X(6));
    -wn*X(16)+2*Rb*X(6)- Rb*(X(5)+X(7));
    -wn*X(17)+2*Rb*X(7)- Rb*(X(6)+X(8));
    -wn*X(18)+2*Rb*X(8)- Rb*(X(7)+X(9));
    -wn*X(19)+2*Rb*X(9)- Rb*(X(8)+X(10));
    -wn*X(20)+2*Rb*X(10)-Rb*(X(9)+X(11));
     6*Rb*X(11)-Rb*(X(10)+5*X(12));
     55*Rb*X(12)-Rb*(5*X(11)+50*X(13));
     550*Rb*X(13)-Rb*(50*X(12)+500*X(14));
     1000*Rb*X(14)-Rb*(500*X(13))];

% Электромагнитное усилие
F(1)=X(2)*Ir(1)/(2*tz);
for n=1:12
F(n+1)=(X(n+2)-X(n))*Ir(n+1)/(2*tz);
end;
F(14)=-X(13)*Ir(14)/(2*tz);

% Скорость
v0=v0+(sum(F)/m)*dt;

end;

% построение графиков
k=0:k;
subplot(2,1,1);
plot(k*dt,v);
axis([0 0.6 0 4]); %ограничение осей по ([x_min x_max y_min y_max])
title('скорость');
xlabel('t,c');
ylabel('v,m/c');
grid on;
subplot(2,1,2);
plot(k*dt,f);
axis([0 0.6 -20 40]);
title('Электромагнитное усилие');

```

```
xlabel('t,c');
ylabel('F,H');
grid on;
end
```

Временные зависимости скорости и электромагнитного усилия линейного асинхронного двигателя в режиме прямого пуска, полученные на математической модели, представлены на рис. 4.

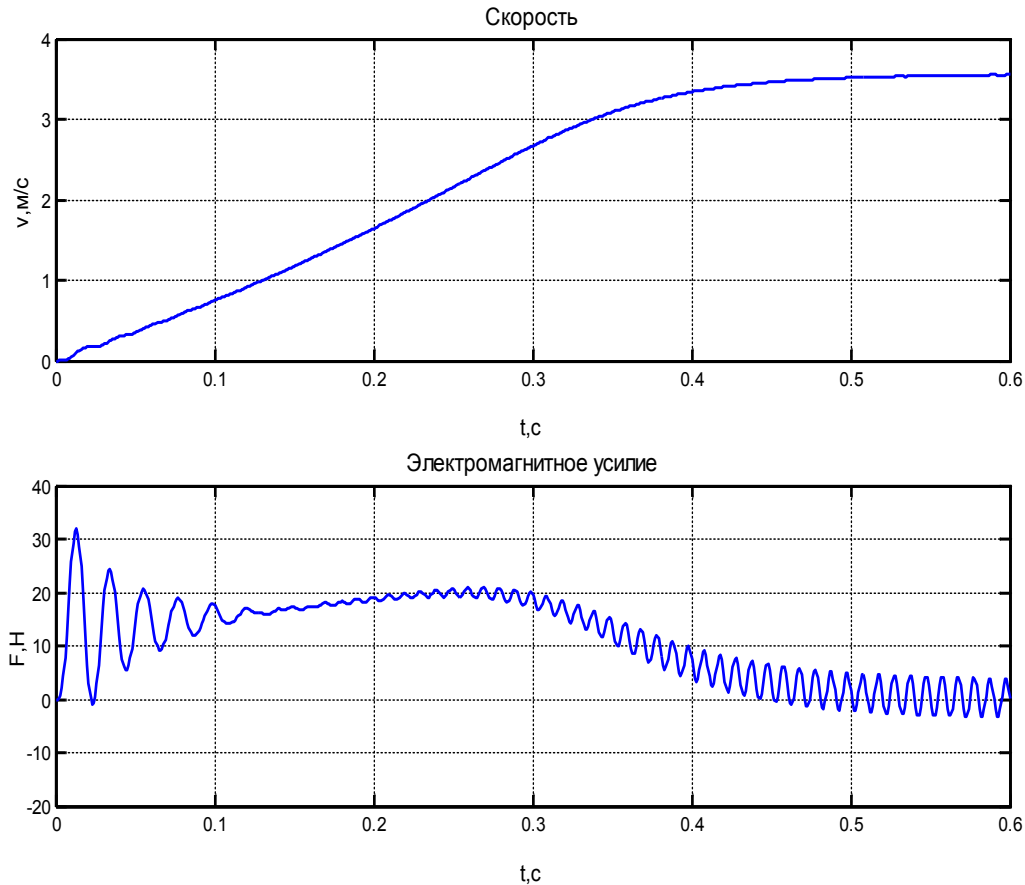


Рис. 4. Результат моделирования линейного асинхронного двигателя в режиме прямого пуска

Литература:

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

Компьютерные технологии как инструментарий обучения физике на лабораторной работе

Иванова Ольга Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент;
Суховольская Валерия Викторовна, курсант;
Петров Виктор Андреевич, курсант

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)

В военном вузе обучаемым дается прочный фундамент теоретических знаний, закладываются основы профессиональных умений и навыков, формируются необходимые морально — боевые качества и прочее. Однако при решении этих проблем необходимо учитывать специфику обучения, представляющую собой дефицит времени приобретения фундаментальных знаний по различным дисциплинам. В настоящее время накопление новых знаний идет опережающими темпами, а сроки обучения не могут быть увеличены. Следовательно, действенность процесса обучения в военном вузе в сильной степени определяется тем, как курсант научится быстро и эффективно учиться. В связи с этим возникает необходимость улучшения результативности восприятия учебного материала.

Характеризуя современный образовательный процесс вуза с «технологических» позиций, говорят о смешанном характере обучения, включающем разнообразные его формы [1, с. 70], интегрирующего педагогические средства информационных и традиционных образовательных технологий. Это позволяет расширить диапазон применяемых методов познавательной деятельности и получаемых курсантом умений и навыков, так как компьютерное сопровождение процесса обучения носит универсальный характер, не зависит от специализации вуза, определяет характер изменения учебного процесса.

Целью нашей работы является соединение традиционного и инновационного подходов при выполнении лабораторных работ по физике.

Современные компьютерные технологии по своему значению не только сравнимы, но и могут превышать традиционные экспериментальные и теоретические научные методы. Поэтому обучение принципам компьютерного моделирования способствует расширению знаний обучаемых в области теоретических основ изучаемой дисциплины, развитию практических навыков самостоятельной научно-исследовательской и инженерной деятельности [2, с. 137].

Информационный подход предполагает существенную перестройку образовательных технологий, направленную на нейтрализацию последствий в обучении в условиях классно-урочной системы, слабый учет индивидуальных способностей, творческого потенциала и личных интересов обучаемых [3, с. 174].

Как известно [4, с. 100], информационные технологии в вузе используются в следующих направлениях: 1) обучение применению компьютеров и информационных технологий в направлении специализации профессиональной

подготовки; 2) совершенствование самой системы обучения; 3) улучшение способа организации управления процессом обучения и образовательными учреждениями.

Остановимся на второй тенденции, требующей разрешения серьезной многоаспектной проблемы выбора стратегии компьютерного обучения, позволяющей использовать все его преимущества и избежать потерь, влияющих на качество учебно-воспитательного процесса, призванного формировать способности человека к его практической деятельности.

Компьютерные средства как инструментарий теоретического и практического обучения имеют несколько уровней:

- персональные компьютеры, объединяемые в локальные сети;
- процедурные тренажеры, предназначенные для привития умений и навыков выполнения определенных операций;
- профессиональные специализированные тренажеры, содержащие имитаторы всех функционирующих систем.

По-нашему мнению, тренинговые технологии целесообразно применять для выработки и закрепления практических навыков. С одной стороны, они дают экономический эффект и рост качества обучения как в обычных условиях, так и в нестандартных ситуациях. С другой стороны, использование компьютеров в качестве тренажеров позволяет провести предварительное моделирование сложных натуральных экспериментов. В качестве объекта обучения в нашем педагогическом эксперименте были выбраны лабораторные установки, используемые в физическом практикуме. Надо помнить, что компьютер представляет собой инструмент для решения задач, а поэтому он не может заменить процесс мышления. В то же время системно-контекстное развертывание содержания физики дает логику, позволяющую связать программы решения различных физических задач, например, на лабораторном практикуме. В процессе работы обучаемый не просто использует формулу для численного расчета, а проделывает осознанную работу по теоретическому анализу материала данного раздела физики. Теория и практика становятся связанными в процессе объединения лабораторного и компьютерного экспериментов. Использование компьютера позволяет варьировать условия опыта, что, к сожалению, не всегда может обеспечить инструментальный эксперимент. Однако такой подход позволяет смоделировать реальные процессы, которые

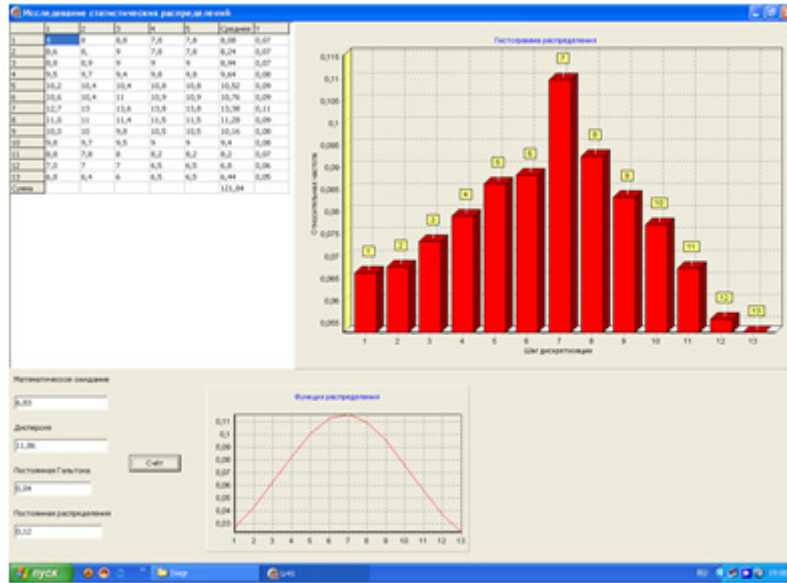


Рис. 1. Экранный интерфейс компьютерного моделирования лабораторной работы «Исследование статистических распределений»

впоследствии можно наблюдать в инструментальном эксперименте. Работа с интеллектуальными имитационными системами, созданными специалистами, позволяет быть не только пользователем, но и творцом. Например, в лабораторной работе «Исследование статистических распределений» инструментальный эксперимент с доской Гальтона сочетался с компьютерным моделированием. Экранный интерфейс программы представлен на рис. 1.

Разработанная нами программа для проведения данной лабораторной работы позволяет не только проводить математическую обработку результатов прямых измерений, но и моделировать процессы наблюдения статистических распределений падения частиц в гравитационном поле Земли, осуществлять предварительную оценку ожидаемых результатов и визуализировать их.

Информационно-компьютерные технологии в этом случае реализуются в дидактических схемах компьютерного обучения с помощью обучающих и контролирующих программ, позволяющих получать дозированную информацию, служащую для дальнейшего осознанного выполнения предлагаемого задания на лабораторной работе. Задача курсанта здесь состоит в том, чтобы воспринимать команды и отвечать на них, повторять и заучивать препарированный для целей такого обучения посткреативный материал. Однако при использовании в таком режиме компьютера отмечается интеллектуальная пассивность курсантов, что не способствует повышению качества процесса обучения.

Активизация работы курсантов с учебным материалом достигается за счет огромных возможностей компьютера по переработке информации, увеличения ее объема и скорости передачи. Однако усиление информационной нагрузки возможно в том случае, если курсант видит лич-

ностный смысл ее получения. Это достигается интеграцией полученной информации при самостоятельной тренинговой подготовке и практическими действиями, например, на лабораторной работе. Курсант понимает материал и связывает информацию с практическим действием. В этом случае информация превращается в знание. В нашем эксперименте при проведении лабораторной работы к программному продукту «Исследование статистических распределений» можно обращаться дважды. Первый раз при моделировании процесса падения частиц в гравитационном поле Земли. Другой вариант — при математической обработке результатов прямых инструментальных измерений высот столбцов шариков на доске Гальтона.

В тренинговых технологиях знание является результатом работы человека не с реальными объектами, а со знаковыми системами, составляющими содержание учебной информации. Отражение действительности осуществляется через усвоение таких систем. В этом преимущество всякого обучения, а недостаток — эти знаковые системы закрывают обучаемому возможность утилитарного отношения к действительности, так как многие курсанты не умеют применять знания на практике. Именно поэтому целесообразно соединять самостоятельную компьютерную подготовку с инструментальным экспериментом.

Наша работа формирования физических понятий у курсантов построена на совокупности методологических принципов традиционного обучения:

- выяснение свойств и особенностей изучаемого явления (процесса);
- выяснение физического смысла изучаемого явления (процесса);

— углубление и расширение содержания сформулированного понятия применением информационных технологий в дидактических схемах обучающих программ;

— самоконтроль знаний с помощью контролирующих программ;

— умение практического применения полученных знаний.

Бесспорно, тренинговые технологии не могут заменить инструментальную лабораторную работу. Однако такой подход при подготовке к ней способствует существенному повышению эффективности процесса обучения. Во время самостоятельного занятия курсанты пользуются разработанными частными методиками конкретной лабораторной работы. В данном случае компьютерный тренажер способствует:

— повышению уровня восприятия теоретического материала;

— активизации умственной деятельности курсантов;

— отработке алгоритмов обучения с помощью компьютерных моделей, адекватно отражающих функционирование реальных объектов;

— формированию, развитию и совершенствованию навыков интерактивной деятельности;

— системности подхода к решению задач, проявляющихся в единстве обучаемого и обучающего в процессе формирования у курсантов профессиональных навыков;

— привитию курсантам психологической устойчивости, самостоятельности принятия решения;

— улучшению асинхронной формы обучения;

— практической проверке эффективности внедрения в учебный процесс новых информационных технологий на основе тренинговых и моделирующих программ.

В результате такой самостоятельной подготовки у курсантов формируются представления физической сути явления, его условий, причин возникновения и существования, концепции объяснения данного явления. Это связано с тем, что тренинговая система способствует:

— ассоциативности визуализации процессов изучаемых явлений;

— оперативному поиску, анализу и усвоению необходимой информации;

— моделированию действий при инструментальных экспериментах;

— стимулированию активной и эффективной работы при выполнении заданий лабораторного практикума;

— обеспечению ряда вариаций форм и методов обучения в процессе проведения лабораторной работы;

— моделированию проблемных ситуаций при обучении.

По-нашему мнению, предложенный нами подход соединения позволяет максимально оперативно формировать у курсантов базовый набор знаний и умений с учетом специфики военного вуза.

Литература:

1. Ребрин О., Шолина И., Сысков А. Смешанное обучение // Высшее образование в России. 2005. № 8. С. 68–72.
2. Доманевский Д. С., Развин Ю. В., Хорунжий И. А. Применение физического и компьютерного моделирования при изучении физики в техническом университете // Тезисы докладов научно — методической школы семинара по проблеме «Физика в системе инженерного образования стран ЕврАзЭС» и совещания заведующих кафедрами физики технических ВУЗов России», 30 июня - 02 июля 2008, г. Москва. с. 137–138.
3. Михайлов Ю. Ф. Разработка модели курсанта в сетевой адаптивной обучающей среде // Труды XXXII «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем», 27–28 июня 2013, ФВА РВСН имени Петра Великого, г. Серпухов, № 4. с. 174–179.
4. Лимонова Т. Компьютерные технологии в экономическом образовании // Высшее образование в России. 2003. № 6. С. 100–103.

Измерение импульсным методом коэффициента теплового расширения сплавов хром-кремний, богатых хромом

Иванова Ольга Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Современные нанотехнологии [1, с. 198] используют данные по тепловому расширению твердых тел. Тепловое расширение — это изменение размеров тела, обусловленное несимметричностью результирующего потенциала взаимодействия в кристаллической решетке,

в процессе изменения температуры. Ангармонизм результирующей силы проявляется в решетке как взаимодействие колебаний фотонного спектра.

Тепловое расширение кристаллов можно рассматривать микроскопическим и термодинамическими спосо-

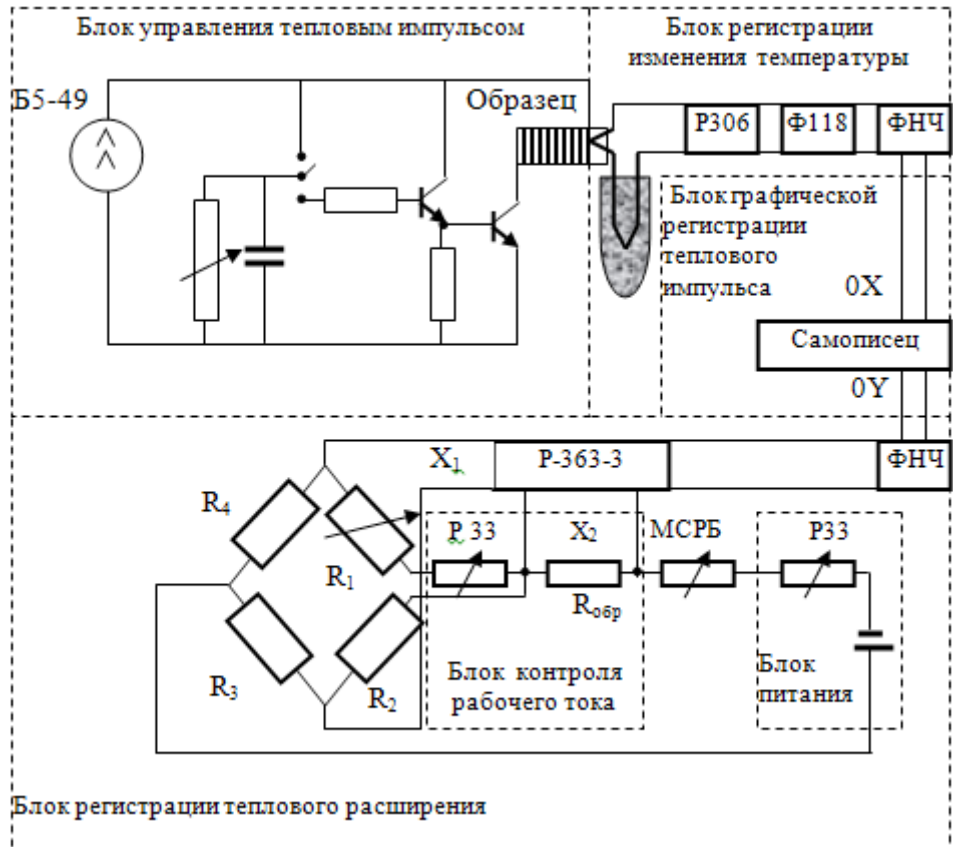


Рис. 1. Электрическая блок-схема установки для измерения КТР

бами. Микроскопический подход для твердых тел развит только для простых моделей, его обобщение на реальные кристаллы затруднительно.

При термодинамическом подходе тепловое расширение при постоянном давлении P характеризуется изобарным коэффициентом теплового расширения (КТР), представляющим собой относительное изменение объема при нагревании тела на один градус. Его можно записать в следующем виде:

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P, \quad (1)$$

где V — объем твердого тела, T — его абсолютная температура. КТР — симметричный тензор второго порядка, имеющий шесть независимых компонент [2, с. 41]. При приведении к главным осям, ориентированным по кристаллографическим осям кристалла, тензор сокращается в зависимости от симметрии кристалла и соответствует главным КТР. Законы преобразования компонент тензора второго ранга совпадают с законами преобразования поверхностей второго порядка, которые являются в данном случае характеристическими поверхностями тензора. Если характеристическая поверхность жестко ориентирована относительно осей кристалла, то ее симметрия совпадает с симметрией теплового расширения, однозначно отражая особенности изменения главного коэффициента теплового расширения α_i .

Вычисления значений КТР в любом направлении по главным КТР независимо от характеристических поверхностей тензора по направляющим косинусам, определяющим току характеристической поверхности $\cos \delta, \cos \Theta, \cos \gamma$ можно проводить по формуле:

$$\alpha_r = \alpha_1 \cos^2 \delta + \alpha_2 \cos^2 \Theta + \alpha_2 \cos^2 \gamma \quad (2)$$

Предлагаемая методика измерения КТР твердых тел (рисунок) импульсным методом состоит в следующем.

В нужной температурной точке с помощью блока управления тепловым импульсом (рисунок) в образец подается импульс мощностью $R_n I_{ct}^2$ ($R_n = 100$ Ом — сопротивление нихромовой печи, намотанной на образец; I_{ct} — ток стабилизации источника Б5-49).

Нагрев исследуемого образца происходит в течение $\Delta\tau = [1, 10]$ с и составляет всего $\Delta T = 1 \div 2$ градуса.

Сигнал, соответствующий этому приращению температуры, попадает через блок регистрации измерения температуры в блок графической регистрации теплового импульса — самописец, вызывая перемещение пера по оси OX. Удлинение образца $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ вызывает перемещение пера прибора по оси OY. В результате получается петля $y = f(x)$. Она отличается от прямой из-за неодновременного и неравномерного нагрева разных участков образца. По этой петле вычисляется значение коэффициента теплового расширения:

Таблица 1. Зависимость скорости самоотогревания системы от температуры

Температурный интервал, К	4,2–77	77–200	200–300	300–360
Скорость самоотогрева, К/ч	12	6–8	3–4	3–4

Таблица 2. Относительная ошибка измерения КТР при измерении напряжения

Интервал измерения ΔU , В	0,2–0,001	0,2–0,001
Предел чувствительности КТР, 1/К	10^{-7}	$(2 \div 5) \cdot 10^{-6}$
Относительная ошибка измерения КТР, %	10	1

Таблица 3. Относительная ошибка измерения КТР в температурном интервале

Температурный интервал, К	4,2–20	20–360
Относительная ошибка измерения КТР, %	10–15	5–1

$$\alpha = \frac{1}{L_0} \frac{\Delta L}{\Delta T} = \gamma \cdot m \cdot \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot \frac{1}{L_0}, \quad (3)$$

где γ — чувствительность установки, определяемая по веществу с известным коэффициентом теплового расширения, например, по КТР меди, молибдена [2, с. 218].

В результате проведенного большого числа градировочных измерений для меди, молибдена получена величина $\gamma = 8,9 \cdot 10^{-5}$ мм/мкВ, $\varepsilon = \pm 5\%$. M — постоянная, однозначно определяемая через масштабы измерения по осям координат самописца, [m] = [мкВ/К]; Δx и Δy — максимальные размеры петли по горизонтали и вертикали соответственно, [Δx] = [Δy] = [мм]; L_0 — длина образца при комнатной температуре, [L_0] = [мм].

Вся система — криостат, вакуумная и измерительная вставки с dilatометрической ячейкой — в режиме самоотогревания медленно повышает свою температуру от 4,2 К до 300 К.

Для получения температур интервала [300, 360] К измерительная вставка помещается в термостат. Методика измерения теплового расширения остается прежней. Скорость самоотогревания в разных температурных интервалах различна, ее величины представлены в таблице 1.

КТР исследуемых образцов определяется по формуле (1), а относительная ошибка складывается из относительных ошибок прямых измерений всех величин, входящих в формулу (1):

$$\left| \frac{\Delta \alpha}{\alpha} \right| = \left| \frac{\Delta \gamma}{\gamma} \right| + \left| \frac{\Delta m}{m} \right| + \left| \frac{\Delta(\Delta y)}{\Delta y} \right| + \left| \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} \right| + \left| \frac{\Delta L_0}{L_0} \right|. \quad (4)$$

Среди причин, приводящих к систематической и случайной погрешностям измерения КТР, можно выделить следующие.

1. Ошибка измерения напряжения разбаланса тензометрического моста ΔU . Во время измерения ΔU компенсатором Р-363–3 класса 0.005 погрешность измерения,

вносимая прибором, вирируется и определяется величиной ΔU (таблица 2).

Уменьшение начального разбаланса ($\Delta U < 0,001$ В) нежелательно во избежание перемены знака измеряемого сигнала, т. к. в процессе измерения величина ΔU может плавно возрастать и уменьшаться. Перемена знака измеряемого сигнала потребовала бы частотного уравнивания измерительного моста и привела к потере стабильности чувствительности установки из-за нестабильности термоэдс компенсатора Р-363–3.

2. Относительная ошибка при определении температуры образца определялась интервалом измеряемых температур (таблица 3).

3. Измерение длины L_0 образца при температуре $T = 293$ К проводилась с точностью $\pm 0,05$ мм, что составляет менее 0,2% от L_0 .

4. Динамическая погрешность, обусловленная инерцией регистрирующих приборов в динамическом режиме, не превышала 5%.

5. Наличие конвективного теплообмена со средой на концах образца цилиндрической формы.

Отклонение формы кривых $L = f(T)$ от прямой линии связано с неравномерным нагревом образца [3]. Следствием неравномерного нагрева образца является и погрешность в определении КТР.

На основании методики, предложенной в работе [4, с. 193–196], был проведен расчет теплового поля образца хрома, на котором располагалась печь и термопара при условии, что расстояние от печи до термопары (6 мм) заметно превышает радиус образца (3 мм).

Для простоты рассмотрим одномерную задачу, пренебрегая деформацией изотермических поверхностей относительно поперечного сечения образца, записав уравнение теплопроводности для оси ОХ:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\lambda}{C\rho} \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} - \frac{\beta \cdot P}{C\rho\sigma} \cdot U(x,t) + q(x,t), \quad (5)$$

где λ — теплопроводность материала образца; C — удельная теплоемкость образца; ρ — плотность вещества образца; β — коэффициент теплообмена с газом; σ и P — площадь и периметр поперечного сечения образца; $U(x, t) = T_{обр} - T_0$ — отклонение температуры образца от температуры обменного газа; $q(x, t)$ — мощность источника тепла.

Запишем начальные и граничные условия:

$$U_x(0, t) = hU(0, t); \quad U_x(L, t) = hU(L, t); \quad (6)$$

$$0 < t < \infty; \quad U(x, 0) = 0; \quad 0 < x < L.$$

Представленная задача решается численными методами с привлечением компьютерных технологий. Главным результатом решения является форма петли $L = f(T)$. Ее анализ показал, что, несмотря на значительную неравномерность нагрева образца, погрешность измерения КТР не превышает 2%. Она уменьшается при увеличении времени измерения теплового импульса.

Литература:

1. Крахин О. И. Углеродные наноматериалы и их применение // Тезисы докладов научно-методической школы семинара по проблеме «Физика в системе инженерного образования стран ЕврАзЭС» и совещания заведующих кафедрами физики технических ВУЗов России», 30 июня - 02 июля 2008, г. Москва. с. 198–199.
2. Новикова С. И. Об анизотропии теплового расширения твердых тел. // Измерительная техника, 1984. № 10, с. 40–42.
3. Новикова С. И. Тепловое расширение твердых тел. М.: Наука, 1974. 292 с.
4. Роде В. Е., Кавалеров В. Г., Лялин А. И., Финкельберг С. А. Установка для измерения коэффициента теплового расширения стекол и спаиваемых с ними металлов // ПТЭ, 1984. № 6. с. 193–196.

Для минимизации погрешности за счет неравномерного нагрева образца следует подобрать оптимальный режим работы изменением тока стабилизации источника Б5–49 в блоке управления тепловым импульсом (рисунок).

6. Главной причиной погрешности измерения КТР в температурном интервале [4,2, 200] К (таблица 3) является дрейф напряжения в диагонали измерительного моста, накладывающегося на измерительный сигнал от удлинения образца при нагреве. Он связан с нелинейным распределением температуры по длине кварцевого стержня установки. Для исключения этого дрейфа следует понизить (или придерживаться) скорость самоотгрева образца в установке (таблица 1).

Проведенная методика опробована при измерении КТР образцов, богатых хромом.

В результате учета предлагаемой методики измерения КТР образцов, богатых хромом, полная относительная ошибка, определяемая по формуле (2), уменьшается и составляет 6–7% в интервале температур [4,2; 360]К.

ХИМИЯ

Обзорная статья по проблемам альтернативной биохимии и химической эволюции

Иванова Яна Олеговна, студент
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

Изучение возможности формирования форм жизни, основанных на иных биохимических процессах, способно внести вклад в понимание эволюционных процессов, которые привели к появлению жизни на нашей планете. Как известно, биологической эволюции предшествовал весьма длинный период химической эволюции, основанный на процессах самоорганизации молекул и их взаимодействия с внешними факторами. В зависимости от внешних факторов или от исходных молекул могут возникнуть различные биохимические структуры. Более подробное понимание этих процессов способно внести вклад в оценку возможности существования жизни на других планетах.

В настоящее время не существует общепринятых критериев альтернативности. Например, таким критерием может послужить жизнь на базе неводных растворителей или же молекул, имеющих неуглеродную основу, или имеющих другие элементы в наборе «жизненно необходимых» элементов на Земле (к таким элементам традиционно относят С, О, Р, Н, S, N и т.д.).

Рассмотреть в одной статье все варианты не представляется возможным, поэтому в качестве центральной темы статьи будет взята жизнь, вернее, возможность ее формирования на неуглеродной основе.

Основой всей органической химии является углерод. Его свойства позволяют ему порождать все многообразие органических соединений. Но возможно ли заменить углерод другим элементом и не потерять это многообразие?

Как показывает опыт — нет. Но необходимо разобрать причины, почему так получается.

Углерод является четвертым по распространенности химическим элементом во Вселенной. Немногим отстает кремний — электронный аналог углерода и один из вероятных кандидатов на его роль в формировании альтернативных биомолекул. Сложности заключаются в том, что кремний имеет больший по сравнению с углеродом радиус и массу, поэтому ему сложнее образовать тройную или двойную ковалентную связь, в частности, участвовать в образовании биополимеров. Стоило бы отметить,

что способность к образованию полимеров является достаточно важной, ведь большинство известных биомолекул являются полимерами (те же белки и нуклеиновые кислоты). Поэтому при рассмотрении какого-либо элемента будет указываться его способность образовывать полимеры.

В качестве примера у кремния выделить полиорганосилоксаны — полимеры, содержащие в своей основе цепочку $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-$, по бокам которой присоединяются различные группы. Эти соединения достаточно стабильны. Кроме такого вида полимеров можно выделить силаны — соединения кремния и водорода, гомологичные алканам и во многом подобные химическим свойствам последних. Но силаны — достаточно неустойчивые соединения, способные к самовоспламенению. Многое упирается в то, что энергия связи Si-Si и Si-H слабее соответствующих углеродных связей, поэтому кремний не способен образовать такое же большое многообразие соединений, как углерод. Но нельзя не упомянуть о том, что хоть соединения вроде силанов неустойчивы в определенных земных условиях, то, вероятно, подходящие условия для них могут обнаружиться на других планетах.

Электронными аналогами углерода являются так же германий и свинец — у них тоже существуют полимерные соединения, подобные алканам — германы и плюмбаны, но их устойчивость сравнительно невысокая, особенно по сравнению с алканами. Практически тоже самое можно сказать о бороводородах (боранах). Эти соединения тоже подобны алканам, но отличаются электронодефицитностью и малой устойчивостью.

Другим, надо отдать должное, популярным элементом, годящимся на роль замены углерода, был одно время мышьяк. Особенно большой ажиотаж вызвало обнаружение в озере Моно (штат Калифорния) бактерии **GFAJ-1**, которая, по первоначальным наблюдениям, могла использовать мышьяк вместо фосфора — одного из жизненно важных элементов. [5] Но проверка наблюдений показала, что бактерия хоть и способна выживать при достаточно высоких концентрациях мышьяка, все-таки не использует его прямо для своих нужд. В частности, при

высокой концентрации фосфора бактерии размножались гораздо лучше и успешнее, что показывает, что бактерии не способны полностью заменить фосфор на мышьяк, даже наоборот, фосфор им так же необходим для нормального функционирования, как и другим организмам. Поэтому следует, вероятно, исключить возможность потенциального возникновения этих бактерий от иного общего предка всех организмов, скорее всего их способность использовать мышьяк — результат вторичного приспособления к среде обитания. Вероятно, можно сделать предположение, что по прошествии многих лет эволюции GFAJ-1 станут еще лучше использовать мышьяк, а может быть и действительно заменят им фосфор. Отдавая должное, следует сказать, что приспособленность бактерий так использовать элемент, ядовитый для других организмов, впечатляет. Хотя стоит ли поражаться этому, если существует довольно-таки много бактерий-экстремофилов, могущих жить в очень суровых условиях?

До этого абзаца речь шла о каких-либо единичных элементах, способных заменить другие жизненно важные элементы. Но далее необходимо сделать акцент на парах элементов, выступающих в связке друг с другом и способных так же образовывать полимеры.

И первым примером послужит сочетание элементов азот и фосфор. Несомненно, азот и фосфор являются жизненно необходимыми элементами на Земле, но их возможные сочетания и комбинации в гипотетических биомолекулах являются довольно необычной концепцией. Известной способностью фосфора является образование полимерных цепочек, но фосфор достаточно активный неметалл. Азот же слишком инертен, поэтому их химическая связь с фосфором может быть в некотором роде взаимокompенсиреваемой. Известно так же то, что азот и фосфор могут входить в состав полимеров, например, полифосфазенов.

Другим интересным примером являются бор и азот. Их соединения — амин-бораны являются изоэлектронными аналогами соответствующих углеводов. Но, несмотря на это, амин-бораны и углеводороды различаются по свойствам, в частности, из-за сильной разницы в электроотрицательности бора и азота. Тем не менее, хотелось бы сделать акцент на том, что были получены подобные аналоги аминокислот. Например, В-N-аналогом пропионовой кислоты является аминкарбоксоборан H_3NBH_2COOH . Любопытно, что эти вещества обладают рядом важных свойств, в число которых входит противоопухолевая активность и способность восстанавливать холестерин. [2]

Эта статья во многом обзорная, поэтому в качестве примеров своеобразной «замены углерода» были приведены только наиболее вероятные кандидаты. Резюмируя вышесказанное, стоит сказать, что существуют элементы, которые могли бы с довольно высокой долей вероятности заменить углерод в соединениях, но только при определенных условиях, что является очень немаловажным, особенно если применять это в контексте химической эволюции. На этом этапе естественный отбор уже действовал на химические реакции — некоторые проте-

кали быстрее и наиболее эффективно, образуя впоследствии сложные циклы реакций, а менее эффективные реакции наоборот, затухали.

К сожалению, этап химической эволюции по-прежнему остается малоизученным явлением, во многом потому, что о геохимических условиях древней Земли известно не так уж и много. Но можно сделать предположение, что даже если в тех условиях могли протекать реакции, основанные не на углероде, то они были неэффективны. Энергетическое преимущество получали реакции, которые наоборот, были основаны на углероде, и они в конечном итоге привели к формированию жизни.

На других планетах вполне могут быть такие условия, которые могли поддерживать существование таких молекул, которые на Земле были бы неустойчивы, и в конечном итоге, возможно, это привело к формированию жизни, основанной на альтернативной биохимии.

Изучение альтернативных биохимических процессов экспериментально является достаточно сложной задачей, и по большей части, наиболее успешным в этой области является компьютерное моделирование.

Разговаривая о подобных моделях, нельзя не упомянуть про Avida — симулятор искусственной жизни. В этой программной среде в роли организмов выступают программы, основная задача которых — создать как можно больше своих копий. Инструкции таких цифровых организмов имитируют генетический код. Avida способна вносить случайные изменения в код программ, что аналогично мутациям в генетическом коде живых организмов. В ходе этих изменений «организмы» приобретали какие-либо новые возможности для выполнения более сложных задач, а «наградой» за успешное выполнение этих заданий являлся больший объем времени для саморепликации. Впоследствии наиболее «приспособленные» программы вытесняли менее «приспособленные», что является аналогом естественного отбора в реальной жизни.

Avida является прекрасным симулятором процессов эволюции, наглядно продемонстрировавшая, как происходят эволюционные процессы.

Разработка аналогичной программы для моделирования химической эволюции будет способна сделать вклад в понимание этого процесса. В качестве теоретической основы для этой модели можно использовать теорию гиперциклов М. Эйгена. Сущность этой теории заключается в появлении на определенной стадии химической эволюции автокаталитических циклов реакций, обладающих некоторыми признаками живого, например, способностью к хранению информации. В гиперциклах участвуют молекулы, могущие самовоспроизводиться. Молекулы такого рода являются репликаторами. Известный британский биолог Р.Докинз в своем труде «Эгоистичный ген» справедливо замечает, что фундаментальным свойством всего живого является дифференциальное выживание реплицирующихся единиц. [1] В силу разных обстоятельств, получилось так, что репликаторами стали нуклеиновые кислоты, например, ДНК.

Возвращаясь к описанию программы, следует добавить и то, что в её функцию может входить не только просто моделирование химической эволюции, которая протекала на Земле, то есть основанная на биомолекулах, содержащих углерод. С её помощью можно моделировать аналогичные процессы химической эволюции с участием «альтернативных биомолекул», если корректно так выразиться. Важный упор делается, в первую очередь, на условия, в которых могут протекать химические реакции, приводящие, в конечном итоге, к формированию молекул-репликаторов и гиперциклов. В зависимости от этих условий, куда могут входить и состав среды с определенным набором веществ, температура, давление и т.д. могут протекать различные химические реакции, которые, вероятно, впоследствии самоорганизуются в гиперциклы с участием молекул-репликаторов. Если итог моделирования будет таким, то это может считаться успехом.

В заключении хотелось бы коротко обобщить все вышесказанное. В первую очередь, углерод не является единственным элементом, способным образовывать полимерные молекулы, но в условиях древней Земли ре-

акции с участием этих молекул были наиболее энергетически успешными и у них не было никакой альтернативы. В конечном итоге, это привело к появлению биомолекул, а в дальнейшем и репликаторов, что в конечном итоге стало той жизнью, что мы наблюдаем сейчас. Если бы условия были другие, и, соответственно, конкуренция со стороны углеродных молекул была сведена к минимуму, то у реакций, основанных на других элементах, было бы больше шансов протекать успешнее и в конечном итоге, привести к формированию иных биомолекул. И, наконец, касаясь экспериментальной части. Эксперименты в реальных условиях достаточно трудно воспроизводимы, поэтому ключевую роль следует отвести имитационному моделированию — созданию программ, которые смогут имитировать процессы химической эволюции в зависимости от условий. Хотелось бы выразить надежду на прогресс изучения альтернативной биохимии и химической эволюции, так как, в конечном итоге, это способно не только внести вклад в понимание, например, возможности существования жизни на других планетах, эволюционных процессов на Земле, но принести что-то новое в понимание фундаментальных свойств всего живого.

Литература:

1. Докинз Р. Эгоистичный ген. — М.: АСТ Corpus, 2013.
2. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия: Учебник. Пер. с англ. В 2 т. Т. 2. — М.: Мир, 2004.
3. Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул. — М.: Мир, 1982.
4. Лазю Ж. — Почему мы полагаем, что другая жизнь должна быть основана на углероде? Почему не могут существовать организмы, основанные на других веществах? // Материалы лекции Алана Легера, проведенной в SPIE Astronomical Telescopes and Instrumentation, 2000.
5. Arsenic-eating microbe may redefine chemistry of life [электронный ресурс]. // © Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers Limited, 1996–2013. — URL: <http://www.nature.com/news/2010/101202/full/news.2010.645.html> (дата обращения 06.09.2013).

Влияние дисперсионной среды на кристаллизацию синтетического гипса

Румянцева Елена Леонидовна, кандидат технических наук, старший преподаватель
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Установлено модифицирующее воздействие на структуру и свойства кристаллов синтетического гипса золя кремнекислоты, способствующего протеканию направленно-ориентированной кристаллизации и формированию более совершенной кристаллической структуры дигидрата сульфата кальция, отличающейся высокой дисперсностью.

Ключевые слова: слоисто-пакетная структура, направленно-ориентированная кристаллизация, дисперсность, параметры кристаллической решетки.

Существует более двадцати запатентованных способов получения синтетического гипса, в том числе на основе техногенных образований и отходов. Однако ни один

из них не предусматривает осуществление направленного синтеза гипса с регулируемой структурой и свойствами. Направленный синтез дигидрата сульфата кальция

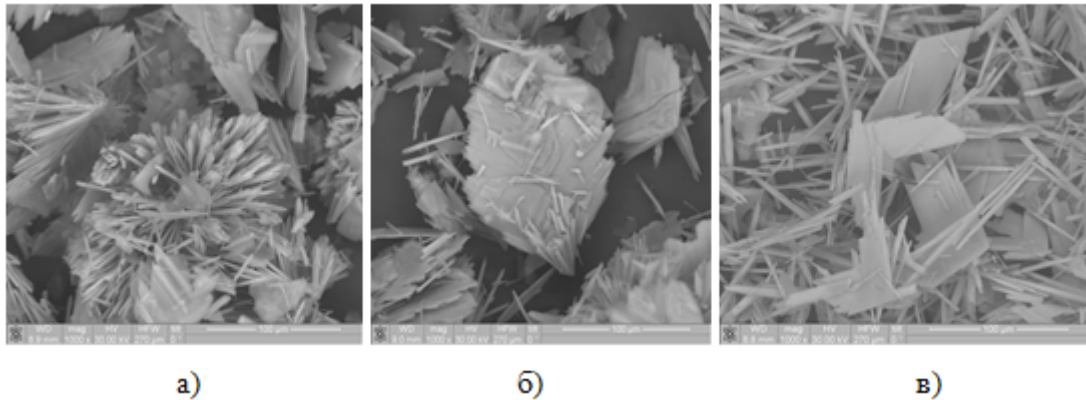


Рис. 1. Микроструктура гипса, кристаллизующегося в присутствии: а) Al^{3+} ; б) Mg^{2+} ; в) Fe^{3+}

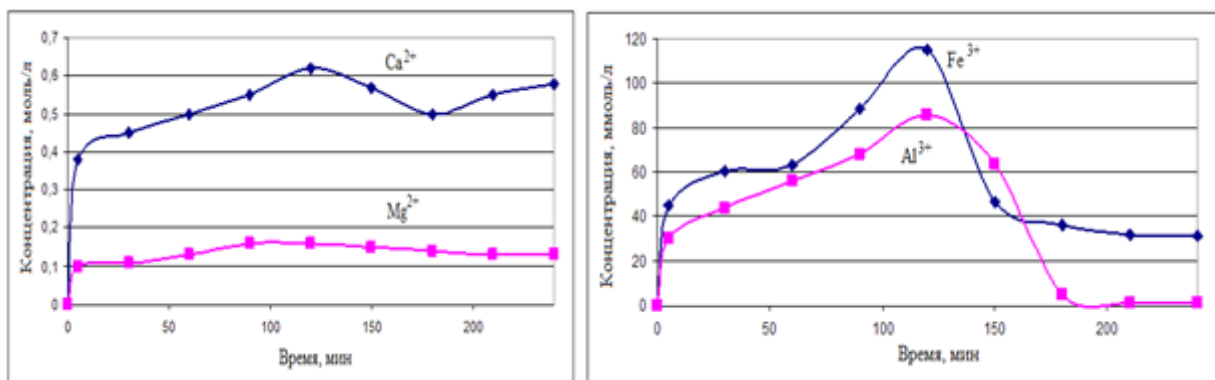


Рис. 2. Кинетика изменения концентраций катионов в техногенном растворе

требует, в первую очередь, управление процессами кристаллизации.

Запатентованный сотрудниками НИУ БелГУ способ получения синтетического гипса из техногенных отходов предусматривает выделение дигидрата сульфата кальция из пересыщенных солевых растворов [1–3]. Выявление особенностей кристаллизации синтетического гипса, а также условий формирования высокодисперсных кристаллов, размер которых хотя бы в одном из направлений не превышает 100 нм, является актуальной задачей на данном этапе исследований.

Модельные эксперименты, проведенные с использованием химически чистых растворов, показали, что наличие катионов Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , а также совместное присутствие указанных ионов в дисперсионной среде не оказывает существенного влияния на габитус кристаллов гипса. Микроструктуры полученных образцов представлены игольчатыми и пластинчатыми кристаллами в разных соотношениях (рис. 1).

На следующем этапе исследованы особенности кристаллизации синтетического дигидрата сульфата кальция из техногенного раствора. Напомним, что техногенный раствор является продуктом обработки суспензии шлака серной или соляной кислотой и содержит сульфаты или хлориды кальция, магния, алюминия, железа. Следует

отметить, что химический состав техногенного раствора в ходе выщелачивания претерпевает некоторые изменения.

В течение 2 часов разложения минералов шлака при комнатной температуре концентрация всех катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) достигает максимального значения, что связано с постепенным разрушением минералов шлака. Водородный показатель техногенного раствора к этому моменту составил 4,2. С увеличением pH вплоть до значения 5,5 наблюдается снижение концентрации катионов Ca^{2+} , Fe^{3+} и особенно Al^{3+} .

Это может являться следствием как сорбционного процесса (активного взаимодействия их с кремниевой кислотой с образованием в дальнейшем гидросиликатов и гидроалюмосиликатов), так и протеканием процессов гидролиза и соосаждения в техногенном растворе. Из-за наличия в техногенном растворе катионов железа определить концентрацию «активных» форм кремниевой кислоты не представлялось возможным. После осаждения катионов Fe^{3+} гидроксидом натрия, общее содержание кремниевых кислот в техногенном растворе составило 10 г/л.

Осаждение ионов Ca^{2+} из полученного техногенного раствора осуществлялось концентрированной серной кислотой. Установлено, что в первые минуты взаимодей-

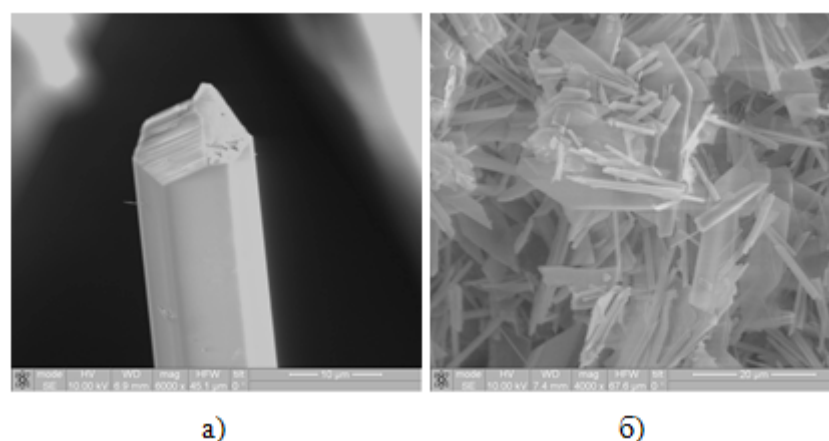


Рис. 3. Микроструктура синтетического гипса

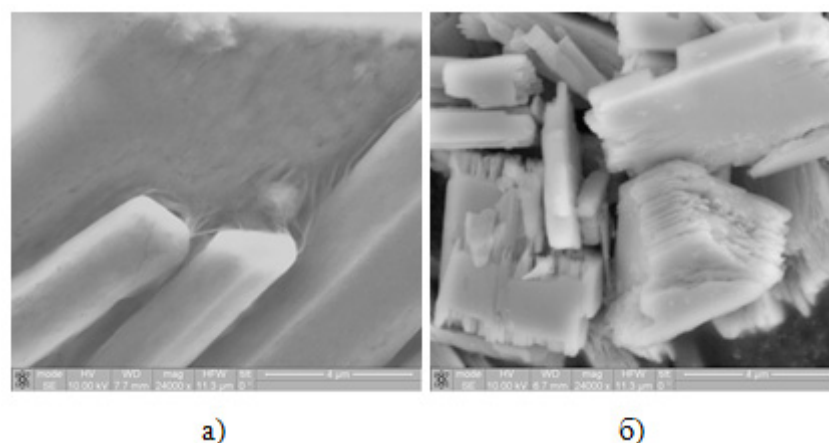


Рис. 4. Микроструктура синтетического гипса

ствия техногенного раствора и серной кислоты образуются мелкие игольчатые кристаллы длиной до 50 мкм, которые затем формируют радиально-лучистые скопления. Сечение этих кристаллов имеет правильную гексагональную форму, длина ребра которого составляет 5 мкм (рис. 3а). Через 2–2,5 часа игольчатые кристаллы замещаются таблитчатыми толщиной 100–300 нм. Средний размер таблитчатых кристаллов 6,0х60,0 мкм. В процессе роста удлиненных таблитчатых кристаллов наблюдается возникновение двойникования. Образующиеся при этом двойники роста имеют форму так называемого «ласточка хвоста» (рис. 3б).

Спустя двое суток пребывания дигидрата сульфата кальция в растворе происходит наслаивание игольчатых кристаллов на плоской поверхности таблитчатых кристаллов, формируются друзы нарастания (рис. 4а). На снимке показан момент образования фазовых контактов, завершающийся на более поздних стадиях формированием слоисто-пакетной структуры (рис. 4б).

Примечательным является тот факт, что существование слоисто-пакетной структуры гипса до настоящего времени не было известно. В силу того, что состав техногенного раствора отличался от модельного наличием кол-

лоидной кремниевой кислоты, мы пришли к выводу, что определяющее влияние на процесс кристаллизации синтетического гипса оказывает ее присутствие в дисперсионной среде.

Отложение частиц золя кремниевой кислоты на поверхности синтетического гипса оказывает модифицирующее воздействие на процесс кристаллизации дигидрата сульфата кальция, способствуя направленной кристаллизации с образованием в итоге слоисто-пакетной структуры.

Используя данные рентгенофазового анализа синтетического гипса, рассчитаны параметры кристаллической решетки, объем элементарной ячейки, рентгеновская плотность, оценены величины уширений аналитических линий за счет дисперсности частиц и дефектов кристаллической решетки по следующим формулам (табл. 1).

Отмечено некоторое увеличение параметров кристаллической решетки синтетического гипса по сравнению с эталоном, что сказывается на увеличении объема кристаллической решетки и уменьшении рентгеновской плотности. Изменение параметров кристаллической решетки синтетического продукта является результатом повышения дисперсности частиц дигидрата сульфата кальция. Согласно произведенным расчетам, основной

Таблица 1. Параметры кристаллической решетки гипса

Показатель	Эталон	Синтетический гипс
$a_0, \text{Å}$	5,670	5,646
$b_0, \text{Å}$	15,150	15,322
$c_0, \text{Å}$	6,280	6,501
$\angle \beta$	$118^\circ 50'$	$118^\circ 85'$
$V \cdot 10^{-24}, \text{см}^3$	469,326	497,714
$\rho_{\text{рентг}}, \text{г/см}^3$	2,300	2,296
$\beta_{\text{sr}}, \text{Å}$	0,363	0,203
$\beta_{\text{dr}}, \text{Å}$	0,339	0,269
ОКР (D_{hkl}), нм	54,580	57,610

вклад в уширение аналитических линий синтетического гипса вносит дисперсность его частиц: величина уширения за счет дисперсности частиц составила 0,269, за счет дефектов кристаллической решетки — 0,203.

Таким образом, процесс кристаллизации синтетического гипса из техногенного солевого раствора включает следующие стадии:

а) кристаллизация игольчатых, гексагональных в поперечном сечении, кристаллов длиной до 5 мкм;

б) образование двойников роста и таблитчатых кристаллов, толщиной до 300 нм;

в) образование фазовых контактов, завершающееся на более поздних стадиях созданием слоисто-пакетной структуры.

Наличие в дисперсионной среде коллоидной кремниевой кислоты способствует формированию более совершенной структуры кристаллов дигидрата сульфата кальция.

Литература:

1. Способ получения дигидрата сульфата кальция: пат. 2371408 Рос. Федерация / В.А. Белецкая, Е.Л. Прокураина, И.В. Каблучко; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный университет. — № 2008114231; заявл. 2008.04.11; опубл. 2009.10.27.
2. Белецкая В.А. Перспективы использования электросталеплавильных шлаков ОЭМК / В.А. Белецкая, Е.Л. Румянцева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — № 3. — 2011. — с. 140–144.
3. Румянцева Е.Л., Белецкая В.А., Корниенко И.Д. Исследование коллоидно-химических закономерностей выщелачивания высокоосновного сталеплавильного шлака // Известия ТулГУ. Естественные науки. — 2010. — Вып. 1. — С. 197–204.

Синтез и исследование полиметакрилатных гетероциклических высокомолекулярных соединений в качестве депрессорных присадок

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук, доцент, докторант;

Рузиева Комила Эрназаровна, преподаватель;

Атауллаев Шерзод Набуллаевич, кандидат технических наук

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Худойбергенов Аброр Акбарович, начальник инновационного отдела

Бухарский нефтеперерабатывающий завод (Узбекистан)

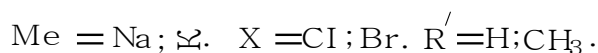
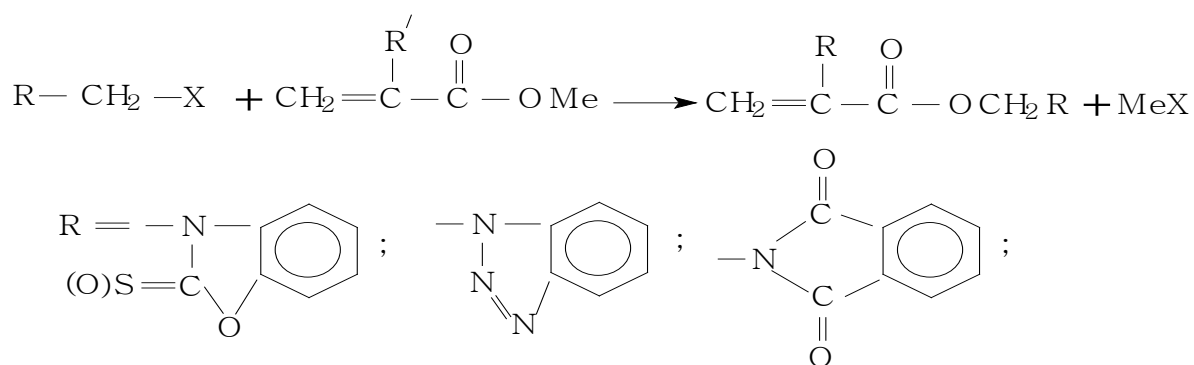
В настоящее время основным направлением расширения ассортимента полимерных материалов является разработка методов модифицирования полимеров на различных стадиях их получения, переработки и использо-

вание для улучшения характеристик дизельного топлива. Наиболее перспективным и экономически выгодным способом улучшения качества дизельного топлива является использование присадок различного функционального на-

значения на основе полимерных материалов, несмотря на то, что присадки, порой улучшая качество одних марок топлива, не проявляют эффективности в других топливах и даже выступают в роли антагонистов, по отношению к иным присадкам, входящим в состав используемого пакета. В данное время наиболее эффективным и экологически целесообразным способом улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив является использование различных полимерных депрессорных присадок. В отличие от всех других способов это направление обеспечивает рациональное использование низкотемпе-

ратурных свойств различных нефтепродуктов [1].

Нами получены композиции на основе отхода полиэтилена с полиметакрилатных гетероциклических соединений таких как: бензоксазолон (БОО), бензоксазолтион (БОТ), бензтиазолон (БТО), бензтиазолтион (БТТ). Гетероциклические эфиры метакриловых кислот (ГЭМАК) были получены путем взаимодействия метакриловых кислот с гидроксиметилпроизводными азот-, кислород-, галоген- и серосодержащими гетероциклическими соединениями, в присутствии катализатора серной кислоты, в среде бензола при температуре 60–80°C по схеме:



Для проведения этерификации и смещения равновесной реакции в сторону образования сложного эфира удаляли воду кипячением реакционной среды, с добавлением влагоувлажняющего агента — бензола. В процессе этерификации из-за высокой активности образуется ГЭМАК, сопровождающийся полимеризацией, что снижает выход целевого продукта.

С добавлением 1%-го гидрохинона в реакционную систему можно увеличить количество мономерного продукта на 15–20%.

Состав и строение полученных гетероциклических эфиров метакриловых кислот (ГЭМАК) устанавливали по данным элементного анализа, а также методами УФ-, ИК-, ЯМР-, ЭПР- спектроскопии и масс-спектрометрии. В ИК- спектре ГЭМАК имеется полосы поглощения при 1745–1800 см⁻¹, относящиеся к колебаниям карбонильной группы бензоксазолиноновых и метакриловых радикалов; в области 1640 см⁻¹ соответствующие характеристической частоте поглощения С=С связи; 1600–1620 см⁻¹ — валентным колебаниям двойных связей С=С бензольного кольца; 1250–1300 см⁻¹ — валентным колебаниям связи —N-C-; 1350–1450 см⁻¹ — деформационным колебаниям С-Н связи при sp³ — гибридизации.

Деформационные, а также валентные колебания связи С-О сложноэфирной группы, поглощающие в области 1000–1200 см⁻¹, деформационные колебания связи С-Н в непредельной группе — в области 950–1000 см⁻¹; характерные колебания конденсированного кольца бензоксазолинона — в области 680–860 см⁻¹.

УФ- спектры ГЭМАК характеризуются максимумом поглощения в области 273–275 нм. В спектрах ПМР ГЭМК наблюдаются сигналы при 7,20–7,50 м.д. соответствующих протонов ароматического кольца; 5,71 и 6,12 м.д. — метиленовой группы двойной связи; 6,00 м.д. — протонов —N-CH₂-O- группы; а также метакриловых производных, имеются сигналы при 1,91 м.д., относящиеся к протонам CH₃- группы (рис. 1) [2].

Для исследования депрессорных свойств полученных гетероциклических эфиров полиметакриловой кислоты (ГЭПМАК) изучали физико-механические свойства дизельного топлива.

Нами синтезированный полиметакрилатные гетероциклические полимеры, обладающие депрессорными свойствами, при их добавлении к дизельному топливу улучшают его физико-химические и механические свойства и полностью отвечают требованиям стандарта, имеют улучшенные низкотемпературные характеристики, такие как температура застывания и температура помутнения. Структура дизельных топлив без и с полиметакрилатных гетероциклических полимеров в качестве депрессорной присадкой, исследованная под микроскопом, по видимому (показавшим), представляет собой сплошную сетку, состоящую из мелких игл с вкрапленными в нее крупными кристаллическими конгломератами размером 0,05–0,10 мк (рис. 2).

Большое влияние на температуру застывания топлива оказывает скорость охлаждения, а именно: с увеличением последней повышается его температура застывания за счет

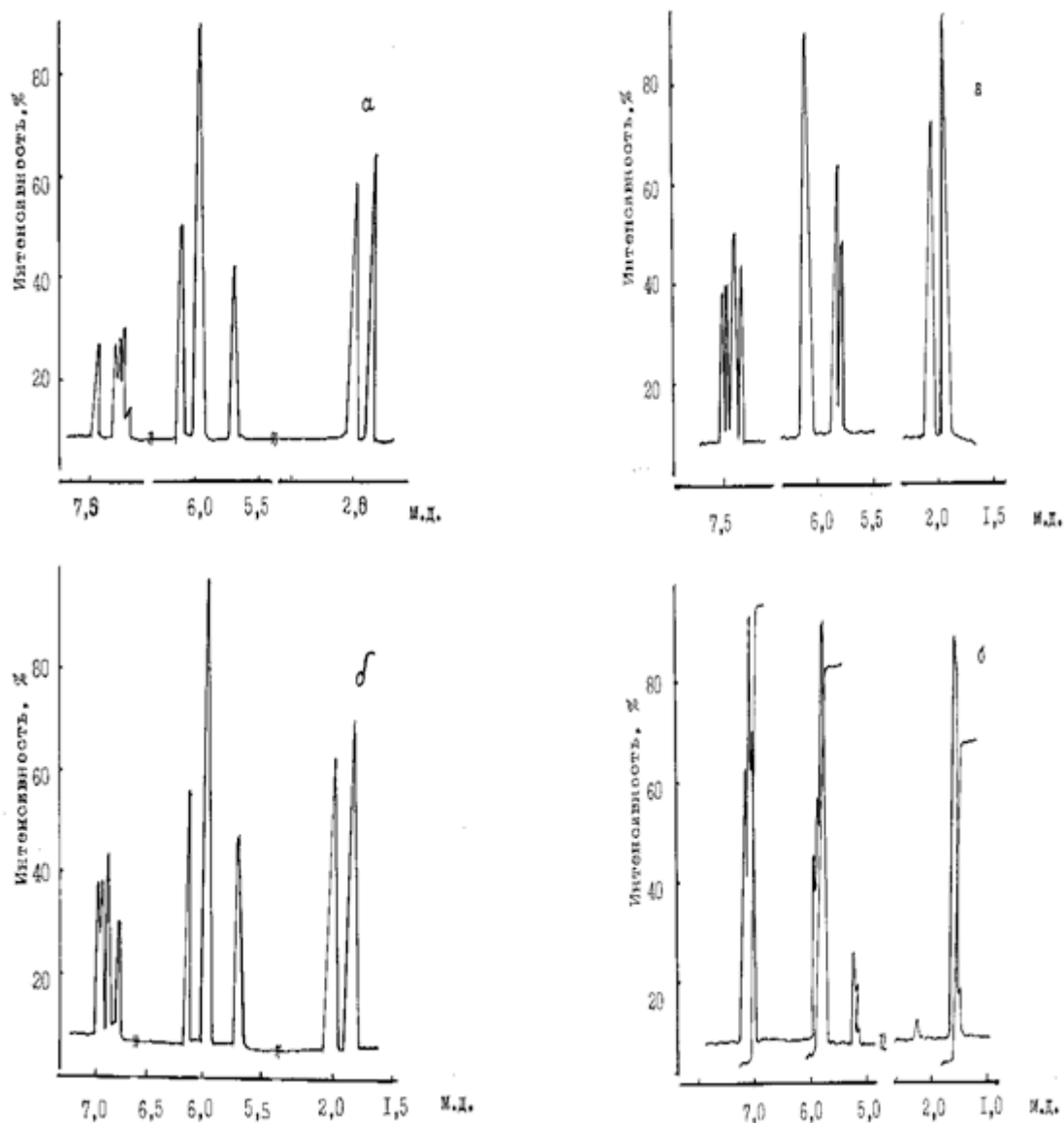


Рис. 1. ПМР-спектры бензоксазолонилметиленовый эфир метакриловая кислота (а) и 6-хлорбензоксазолонилметиленовый эфир метакриловая кислота (б). 6-бромбензоксазолонилметиленовый эфир акриловая кислота (в) и бензоксазолтионилметиленовый эфир метакриловая кислота (г)



а



б

Рис. 2. А-кристаллы углеводородного топлива без полимерной депрессорной присадки, б-кристаллы углеводородного топлива с добавкой полимерной депрессорной присадки

возникновения большого количества центров кристаллизации, равномерно распределенных по всему объему и способствующих созданию более прочной структуры. Производить добавление композиционной депрессорной присадки необходимо при температуре выше температуры помутнения топлива, при этом самой оптимальной является температура не ниже $+10^{\circ}\text{C}$. Соблюдение данного ус-

ловия позволит добиться наилучших результатов [3–5].

Таким образом, введение в дизельное топливо депрессорной присадки на основе полиметакрилатных гетероциклических полимеров, в малых количествах (0,05–0,50%), приводит к существенному снижению температуры застывания и улучшению текучести при низких температурах.

Литература:

1. Тертянян Р. А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. — М.: Химия, 1990. — 237 с.
2. Мавланов Б. А. Особенности полимеризации и сополимеризации бензоксазолтионметилметакрилата и свойства полимеров на его основе. Автореферат дисс...канд.хим.наук. — Ташкент. 1990. — 21 с.
3. Фозилов С. Ф., Ахмедова О. Б., Мавлонов Ш. Б., Сайдахмедов Ш. М., Хамидов Б. Н. Синтез и исследование свойств депрессорных присадок на основе гетероциклических эфиров полиметакриловых кислот. //Узбекский журнал нефти и газа. — Ташкент.: 2010. № 4 — С. 41–42.
4. Фозилов С. Ф., Атауллаев Ш. Н., Бахромов Х. Синтез многофункциональных полимеров на основе низкомолекулярного полиэтилена и частично гидролизованного полиакрилонитрила и изучение их депрессорных свойств. Молодой ученый ежемесячный научный журнал 2012. № 12, [47]. Том-1, Москва, 2012. с. 153–155
5. Сайдахмедов Ш. М., Фозилов С. Ф., Мавлонов Б. А., Атауллаев Ш. Н., Садуллаев Ш. А. Синтез гетероциклических эфиров полиметакриловых кислот и изучение влияния на низкотемпературные свойства дизельных топлив. Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов № 3 (81). Курск — 2013 г. с. 171–173.

ИНФОРМАТИКА

Обоснование выбора ЯВУ для преподавания основ алгоритмизации первокурсникам технического университета

Гостевская Ольга Владиславовна, старший преподаватель;
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;
Лемешкина Ирина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Поляков Владимир Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;
Курапин Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент
Волгоградский государственный технический университет

На сегодняшний день информатика выделилась в фундаментальную науку об информационно-логических моделях, и она не может быть сведена к другим наукам, даже к математике, очень близкой по изучаемым вопросам. Объектом изучения информатики являются структура информации и методы ее обработки. Появились различия между информатикой как наукой с собственной предметной областью и информационными технологиями [1–7].

По мере распространения компьютерной техники вся совокупность взаимодействующих с ней людей все более четко разделяются на две большие группы:

1) системные и прикладные программисты, разрабатывающие системы математического обеспечения и пакеты прикладных программ для решения больших классов задач из самых различных отраслей;

2) широкий круг пользователей.

Для представителей первой группы написание программ на тех или иных языках или непосредственно в машинных кодах является обязательной составной частью их профессиональной деятельности. Более того, продуктом деятельности системных программистов являются средства общения с ЭВМ, предназначенные для широкого круга пользователей. Общение пользователей с ЭВМ протекает в рамках специализированных, заранее разработанных программных систем, использующих привычную для них профессиональную и бытовую терминологию.

Таким образом, для значительного большинства людей, использующих ЭВМ в своей работе или быту, знакомство с конкретными языками и системами необходимо не в большей степени, чем телефонному абоненту нужны технические подробности работы телефонного аппарата и АТС. В тоже время, с точки зрения пользователя, существуют глубокие и неглубокие уровни применения

компьютера. Если человек использует компьютер для печатания какого-либо документа, то компьютеру ничего не известно о содержательной стороне решаемой проблемы и используется он только как «умная» пишущая машинка с проверкой орфографии. Если же работающий за компьютером специалист сообщает ему сведения о содержании задачи, о ее понятиях и объектах (архитектор, составляющий проект дома, или предприниматель, оптимизирующий свой подход), то при таком глубоком применении компьютера возможна значительно более высокая эффективность его использования. А для этого необходимо нечто большее, чем «общий язык с компьютером». Нужна общая мысль, понятия, отдельный стиль мышления и навыки умственных действий. В настоящее время такой набор необходим практически каждому специалисту в любой из отраслей науки и техники.

Навык планировать структуру действий, необходимых для достижения заданной цели при помощи фиксированного набора средств часто называют умением алгоритмически мыслить, хотя термин «структура действий» несколько шире классического определения алгоритма. Деятельность пользователя по описанию алгоритма решаемой задачи состоит в том, что видя перед собой конечную цель — результат, он конструирует программу (в широком смысле слова), план действий, представляющий последовательность отдельных более или менее стандартных операций. То, что в обиходе называют иногда программистскими способностями, определяется в первую очередь умением представить сложное действие в виде организованной совокупности простых действий. При этом, пользователь должен спланировать не только сами действия, но и используемые при этом информационно-технические ресурсы. Человек, использующий накопленные машинными системами информационные фонды, даже будучи освобожденный от описания структуры данных,

должен, тем не менее, отдавать себе отчет о классах используемых величин и их взаимосвязях. При этом весьма важен навык представить себе структуры информационных объектов в формализованном виде. Значение этого навыка в настоящее время повышается в связи с распространением интегрированных баз данных, информационных систем и АСУ, основу которых составляют информационные модели. При работе с такими моделями необходимо отразить в них все существенные для решения поставленной задачи свойства объектов и их взаимодействия, иначе решение, предложенное машиной, может сослужить пользователю плохую службу. Решение задачи может быть эффективным только в том случае, когда правильно определен объем сведений, необходимых для ее решения, и правильно организован их поиск. При этом вырабатываются навыки формирования поисковых механизмов и пользования ими. По мере роста емкости и снижения стоимости запоминающих устройств ЭВМ становится реально перспектива передачи машинам всего информационного фонда, накопленного человечеством. Это дает возможность пользователю оперативно получить практически любые необходимые ему сведения. Тем более важным оказывается умение правильно определить, какие именно сведения необходимы, и по каким признакам организовать их поиск. Дисциплина и структурированность языковых средств коммуникации — умение правильно, четко и однозначно сформулировать мысль в понятной собеседнику форме и правильно понять текстовое сообщение.

Системный и прикладной программист должен приобрести навык общения с машиной или системой на различных уровнях в зависимости от их «обученности». С системами низшего уровня (имеющие незначительное математическое обеспечение) общение возможно только при помощи указаний о «микродействиях» — машинных операциях. В системах с высоким уровнем математического обеспечения программист должен строить свою программу из крупных блоков — операторов языка высокого уровня и готовых программ, в том числе и разноразличных. Пользователь далекий от подобного глобального подхода к решаемым задачам, тем не менее обязан, если он хочет рационально общаться с машиной, уметь превратить в процедуры часто используемые конструкции для того, чтобы в последствии применять их как элементарные предписания.

Информатика как образовательная дисциплина быстро развивается. Если несколько лет назад базовый курс информатики состоял из изучения основ алгоритмизации и программирования, основ устройства и применения вычислительной техники, то сегодня целью курса информатики является повышение эффективности применения человеком компьютера как инструмента.

Выбирая стратегию преподавания основ алгоритмизации первокурсникам технического университета, необходимо учитывать, что задача общеобразовательного курса — это в большой степени выработка определен-

ного стиля мышления, формирование наиболее общих навыков, умений и представлений, нежели освоение тех или иных конкретных языков и технических средств программирования.

В то же время такой курс должен служить базой для последующего профессионального изучения программирования на старших курсах (в рамках профессионального обучения).

В то же время такой курс должен служить базой для последующего профессионального изучения программирования в высшей школе или старших классах средней школы (в рамках профессионального обучения)

В настоящее время существуют три наиболее распространенных подхода к преподаванию программирования:

1) преподавание программирования как теоретической дисциплины вообще, без освоения конкретных языков и систем;

2) преподавание на основе специально разработанного языка, ориентированного на обучение основным навыкам программирования;

3) изучение одного или нескольких языков программирования, широко используемых при решении научных и хозяйственных задач (такие языки можно назвать стандартными).

Первый подход представляется наиболее логичным. Однако его практическая реализация наталкивается на серьезные трудности, так как с отказом от языка программирования не только теряется возможность использовать соответствующий инструментарий, но и зачастую становится трудно обосновать необходимость его использования.

Второй подход часто используется при преподавании основ программирования. Разработаны и специализированные языки для этих целей, которые предельно упрощены и рассчитаны на возможности выпускников школ в области программирования. Такой подход хорош при изучении информатики на начальном этапе обучения.

Противники третьего подхода утверждают, что он непригоден прежде всего потому, что ни один из существующих стандартных языков не отражает в достаточно чистом виде современный концептуальный запас программирования. Такое положение, вообще говоря, естественно, так как все эти языки разрабатывались со своими целями, и каждый из них ориентирован на определенную, более или менее узкую область применения. Кроме того, большинство реализаций стандартных языков загружено большим количеством технических деталей и сложны в изучении.

Наиболее приемлемым для преподавания основ алгоритмизации первокурсникам технического университета является сочетание первого и третьего подходов — обучение теоретическим основам программирования на базе стандартного языка. При этом не обязательно вдаваться в глубины языка. Студенты, которых он заинтересует, могут сделать это и сами. Наибольшее внимание следует уделить переходу от алгоритмических структур к их программной реализации на языке программирования.

Здесь стоит отметить, что язык Паскаль первоначально создавался как учебный язык, но со временем получил широкое распространение в качестве стандартного языка. Из существующих технологий программирования наиболее популярной и широко используемой является технология структурного программирования «сверху — вниз». Ее достоинством является то, что она позволяет сформировать у обучаемых алгоритмический стиль мышления, необходимый при изучении практически всего курса программирования и других технических дисциплин. В Паскале аккуратно соблюдена структурная линия программирования. Наибольший успех и распространение языку Паскаль принесли первые персональные компью-

теры. Фирма Borland International Inc (США) разработала систему Турбо-Паскаль для ПК. Турбо-Паскаль — это не только язык и транслятор с него, но еще и операционная оболочка, позволяющая пользователю удобно работать на Паскале. Турбо-Паскаль вышел за рамки учебного предназначения и стал языком профессионального программирования с универсальными возможностями.

Следовательно, выбирая язык программирования для преподавания основ алгоритмизации первокурсникам технического университета, нужно ориентироваться на один из структурных языков, которым и является язык Паскаль, так как он изначально создавался именно для учебных целей.

Литература:

1. Авдеева С. М. Российская школа на пути к информационному обществу: проект «Информатизация системы образования» / С. М. Авдеева, А. Ю. Уваров // *Вопр. образования*. — 2005. — № 3. — с. 33–53.
2. Бешенков С. А. Информатика: единый курс от школы до вуза / С. А. Бешенков, С. А. Ракитина // *Информатика и образование*. 2002. — № 7. — С. 2–5.
3. Концепции системной интеграции информационных технологий в высшей школе. М.: РосНИИСИ, 1993.
4. Герасименко В. А. Новый взгляд на информатику и информатизацию: необходимость, проблемы становления и развития // *Зарубежная радиоэлектроника*. — 1995. — № 2. — с. 26–28.
5. Авдеюк О. А. Взаимосвязь философии и информатики / Авдеюк О. А., Соловьев Ан. А., Авдеюк Д. Н. // *Молодой учёный*. — 2013. — № 4 (ч. 2). — С. 328–330.
6. Павлова Е. С. Индивидуальная подготовка школьников к олимпиадам по информатике / Павлова Е. С., Авдеюк О. А. // *Международный журнал экспериментального образования*. — 2011. — № 3. — С. 59.
7. Применение информационных технологий в безотрывной форме обучения / Авдеюк О. А., Крохалев А. В., Приходьков К. В., Савкин А. Н. // *В мире научных открытий*. Серия «Проблемы науки и образования». — 2011. — № 2. — С. 99–104.

Эталонные списки и метод сопоставления с образцом для организации диалога на естественном языке при изучении декларативного языка Пролог

Кабедева Изабелла Геннадьевна, старший преподаватель
Петрозаводский государственный университет

Курс «Логическое программирование. Язык программирования Пролог», как правило, предшествует изучению курса «Введение в искусственный интеллект». Поэтому при знакомстве с основами декларативного языка Пролог важно практически показать связь между этими двумя темами.

Многие системы искусственного интеллекта, в частности, экспертные системы, работают в интерактивном (диалоговом) режиме, т. е. обмениваются информацией и выводами с пользователем в форме диалога. Интеллектуальная программа может принимать вводимые данные в свободной форме — в виде простых предложений. Считается, что такая программа ведёт диалог на естественном языке.

На самом деле, очень трудно заставить машину понимать не ограниченную никакими условиями речь на естественном языке. Это сложная проблема. Для её решения пользуются следующими технологиями: определяют темы, на которые будет общение с компьютером, обмен данными происходит только в виде простых предложений, структура таких предложений ограничивается до нескольких несложных конструкций.

Для «понимания» системой информации, введённой на естественном языке, можно использовать так называемые *эталонные списки и метод сопоставления с образцом*.

Список — один из наиболее важных и часто используемых типов данных, которые поддерживает Пролог. Списки применяются для решения задач, связанных с перечислением объектов, например, при создании баз данных, экспертных систем, а также в тех случаях, когда важно сохранять информацию об уже сделанных шагах решения, чтобы их не повторять.

Работа с эталонными списками позволяет анализировать текст, введённый пользователем на естественном языке, на наличие в нём ключевых слов. Анализ осуществляется путём проверки вхождения лексем введённого текста в эталонные списки, состоящие из ключевых слов (метод сопоставления с образцом). Для выполнения этих операций необходимо уметь строить списки из лексем введённого текста, работать со статическими и динамическими базами данных из фактов, осуществлять проверку на вхождение лексем одного списка в другой, строить новые списки.

Для решения задачи построения списка из лексем введённого текста можно использовать стандартный предикат `fronttoken` (Строка, Лексема, Остаток) и метод обобщённого правила рекурсии (ОПР).

Пример 1. Построить список из лексем введённого текста.

Фрагмент программы.

```
do: — write («Введите текст»), readln (Text), spisok_leksem (Text, Spisok), write («Список:», Spisok), nl.
spisok_leksem («», []). % граничное условие
spisok_leksem (Text, [H|T]): — fronttoken (Text, H, Ost), spisok_leksem (Ost, T).
% рекурсивное правило
```

Чтобы проверить, входят ли какие-либо лексем списка в эталонный список, можно применить метод деления проверяемого списка на голову и хвост, метод рекурсии и вспомогательный предикат `grinadl` (), который осуществляет проверку на вхождение одной лексемы в список из лексем (в контексте данной задачи, в эталонный список).

Пример 2. Проверка на вхождение элементов одного списка в другой.

Фрагмент программы.

```
proverka ([H|_], X):- grinadl (H, X), !. /* граничное условие рекурсии */
proverka ([_|T], X):- proverka (T, X). /* рекурсивное правило */
grinadl (X, [X|_]): !. /* граничное условие рекурсии */
grinadl (X, [_|T]):- grinadl (X, T). /* рекурсивное правило */
```

Умение выполнять эти операции со списками позволяет организовать диалог программы с пользователем на естественном языке.

Предположим, пользователю последовательно задаются вопросы, ответы на которые позволяют распознать вид животного. Программа содержит список вопросов для распознавания вида животного, каждый из которых последовательно задаётся пользователю. После вывода очередного вопроса пользователь вводит ответ на заданный вопрос, который добавляется в список ответов. Последовательный вывод вопросов и построение списка из ответов можно организовать рекурсивно с помощью одного предиката `vopros_otvet` (список из вопросов, список из ответов).

Пример 3. Вывод вопросов, находящихся в списке, и построение списка из введённых ответов.

Фрагмент программы.

```
vopros_otvet ([], []). /* граничное условие рекурсии */
vopros_otvet ([H|T], [H1|T1]):- write (H, «»), readln (H1), vopros_otvet (T, T1).
/* рекурсивное правило */
```

Для определения названия вида животного, соответствующего введённым признакам, программа имеет статическую базу данных из предикатов типа `animal` (название вида животного, список ответов о признаках). Например, `animal (заяц, [лес, трава])`.

После построения списка из ответов строится список из названий тех животных, которые будут найдены стандартным предикатом `findall` () путём сопоставления построенного списка из ответов (образец) со списками из ответов о признаках в базе данных фактов `animal` (название вида животного, список ответов о признаках).

Если построенный список из названий видов животных не пуст, он рекурсивно выводится, иначе выдаётся сообщение о том, что вид животного не определён.

Чтобы успешность поиска не зависела от склонений существительных, определяющих признаки животного, можно преобразовать список из ответов, например, оставив меньшее количество букв в лексемах, тем самым сведя к минимуму влияние суффиксов и окончаний существительных. Лексемы в списках статической базы данных должны быть изменены соответствующим образом.

Пример 4. Изменение списка из ответов, в результате которого строится новый список из «урезанных» до четырёх символов лексем.

Фрагмент программы.

```
new_sp ([], []). /* граничное условие рекурсии */
new_sp ([H|T], [H1|T1]):- frontstr (4, H, H1, _), new_sp (T, T1).
/* рекурсивное правило */
```

В качестве второго примера можно рассмотреть программу, которая предназначена для поддержания диалога с «пациентом» в стиле тех психологов, которые ведут себя как «вербальное зеркало пациента» [4]. Беседа начинается с выяснения тревог последнего, но сам врач должен оставаться как бы в тени. Ему достаточно лишь повторять слова пациента (отражая их, как в зеркале) и слегка направлять беседу в нужное русло. Такой диалог «включает» у пациента

внутренние модели сопоставления, которые приведут его в состояние душевного равновесия. Программа иллюстрирует, как с помощью небольшой структуры можно создать иллюзию взаимопонимания.

Программа начинает диалог с фразы: «Расскажите, в чём заключается ваша проблема». Затем она получает ответ пациента и строит дальнейшее взаимодействие на основе некоторых образцов, которые содержатся в собранных предложениях (эталонных списках), т. е. работает по методу сопоставления с образцом.

Например.

Образец из предложения Ответ программы

Я испытываю ... Сколько времени вы это испытываете?

... гнев... А что Вы испытываете сейчас?

...мать... Расскажите подробнее о своей семье.

... любовь... Вас пугают эмоции?

В тех случаях, когда в ответе пациента программа не находит ключевых слов, может последовать текст: «Расскажите поподробнее».

Список образцов можно продолжить для придания ему большей правдоподобности.

Структура программы может быть следующей. Функция, управляющая ходом выполнения программы, устанавливается правилом, согласно которому от пациента поступает предложение и формируется ответ, а затем цикл повторяется (например, предикат do).

Главное правило do, управляющее ходом программы, задаёт главный вопрос «пациенту», строит список из лексем ответа `sr_lexsem` (ответ, список из лексем), затем проверяет, в какой из эталонных списков попадают лексеммы из ответа пациента `proverka` (список из лексем).

Предикат `proverka` (список из лексем) изучает (перебором) все имеющиеся эталонные списки `etalonN` (список из ключевых слов) на предмет принадлежности лексем списка из ответа «пациента» эталонному списку, и в случае успеха, задаёт следующий вопрос, соответствующий этой группе ключевых слов. Эталонные списки могут иметь следующий вид: `etalon1` («любовь», «страх», «гнев», «радость», «печаль»).

Для организации повторения в программе можно использовать предикат `repeat` — правило, расставляющее точки отката.

`repeat.`

`repeat:-repeat.`

Для возврата в точки отката правило `do` должно заканчиваться предикатом `fail`.

Для хранения вопросов, задаваемых пациенту, можно создать статические или динамические базы данных (БД) из вопросов. Динамические БД должны быть созданы до того, как «пациент» ввёл свой первый ответ.

Можно создать несколько динамических баз данных (БД) из вопросов (например, по три вопроса) по каждой из изучаемых областей. Например, `dvorpos_family` («Расскажите подробнее о Вашей семье»), `dvorpos_family` («Какие у Вас отношения с Вашей мамой?») и т. д.

В случае совпадения одной из лексем ответа «пациента» с ключевым словом какого-то из эталонных списков (например, по теме «Семья»), задаётся вопрос, находящийся в динамической БД, именно по этой теме.

Чтобы, в случае неоднократного совпадения одной из лексем ответа «пациента» с ключевыми словами какого-то из эталонных списков, задавались разные вопросы по этой теме, можно после того, как вопрос будет задан, удалить его из динамической БД. Таким образом, в следующий раз будет задан следующий вопрос из этой области.

Приведённые примеры достаточно убедительно демонстрируют, как довольно простыми способами можно проиллюстрировать возможности организации диалога на естественном языке средствами декларативного языка Пролог.

Литература:

1. Адаменко А., Кучуков А. Логическое программирование и Visual Prolog. — С-Птб, «БХВ-Петербург», 2003.
2. Боровская Е. В., Давыдова Н. А. Основы искусственного интеллекта: Учебное пособие. — М., БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
3. Братко И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта. — М., «Мир», 1990.
4. Марселлус Д. Программирование экспертных систем на Турбо-Прологе. — М., «Финансы и статистика», 1994.
5. Шрайнер П. А. Основы программирования на языке Пролог: Курс лекций. Учебное пособие. — Интернет-Университет информационных технологий, М., 2005.

Разработка алгоритмов для построения частотных словарей

Мальцева Татьяна Витальевна, магистрант
Вологодский государственный технический университет

Частотный словарь — набор слов данного языка (или подъязыка) вместе с информацией о частоте их встречаемости. Словарь может быть отсортирован по частоте, по алфавиту (тогда для каждого слова будет указана его частота), по группам слов (например, первая тысяча наиболее частотных слов, за ней вторая и т. п.), по типичности (слова, частотные для большинства текстов), и т. д. Частотные словари используются для преподавания языка, создания новых словарей, приложений компьютерной лингвистики, исследований в области лингвистической типологии и т. д. [1]

Обычно частотные словари строятся на основе корпусов текстов: берется набор текстов, представительный для языка в целом, для некоторой предметной области или данного автора и из него извлекаются словоформы, леммы и части речи (последние извлекаются в случае, если корпус имеет морфологическую разметку). Проблемы при создании частотных словарей заключаются в воспроизводимости (будут ли результаты идентичны на другом аналогичном корпусе), всплесках частоты отдельных слов (частота слова в одном тексте может повлиять на его позицию во всем частотном словаре), сложности определения позиции менее частотных слов, что не дает возможности ранжировать их рационально. Все эти проблемы связаны с тем, что со статистической точки зрения язык представляет собой большое количество редких событий (Закон Ципфа), в результате чего небольшое количество слов встречается очень часто, а подавляющее большинство слов имеют очень невысокую частоту.

Целью данной работы является разработка алгоритмов для построения частотных словарей. При выборе методики решения были рассмотрены два способа представления данных: двоичные деревья и хэш-таблица [2].

Хэш-таблица — структура данных, реализующая интерфейс ассоциативного массива. Представляет собой эффективную структуру данных для реализации словарей, а именно, она позволяет хранить пары ключ-значение и выполнять три операции: операцию добавления новой пары, операцию поиска и операцию удаления пары по ключу.

Двоичное дерево — древовидная структура данных, в которой каждый узел имеет не более двух потомков (детей). Как правило, первый называется родительским узлом, а дети называются левым и правым наследниками.

По результатам сравнения для реализации был выбран метод на основе построения хэш-таблицы как наиболее оптимальный для решения данной задачи. Для организации хэш-таблицы целесообразно использовать тип данных — структуру. В ней необходимо определить поле для ключа, поле для значения и поле для ссылки на следующий элемент.

Код созданной структуры выглядит следующим образом:

```
ref struct cell{
    cell^ next; /* ссылка на очередной элемент */
    KEY key; /* ключ */
    VAL val; /* значение */
};
```

В качестве хэш-функции была выбрана Djb, потому что это простая и быстрая хэш-функция общего назначения. Так же из достоинств функции можно отметить хорошее распределение и простоту конструкции. Данная функция разработана профессором Дэниэлом Берштейном, американским математиком и программистом. Она не является криптографически-безопасной, возвращает 32-разрядное беззнаковое число в качестве хэш-суммы. Код используемой хэш-функции выглядит следующим образом (<< — операция побитового сдвига влево):

```
private: System::UInt16 HASHFUNC(KEY key){
    hash = 5381;
    System::Collections::IEnumerator^ myEnum = key->GetEnumerator();
    while(myEnum->MoveNext()){
        Char^ ch = safe_cast<Char^>(myEnum->Current);
        hash = ( hash << 5) + hash ) + Convert::ToByte(ch);
    }
    hash = hash % HASHSIZE;
    return hash;
}
```

Была реализована функция добавления пары ключ-значение. Задачами данной функции являются выделение памяти для ключа и значения и занесение данных, если элемента с таким ключом нет, или обновление значения, если элемент с таким значением есть. Алгоритм функции добавления пары ключ-значение приведен на рисунке 1.

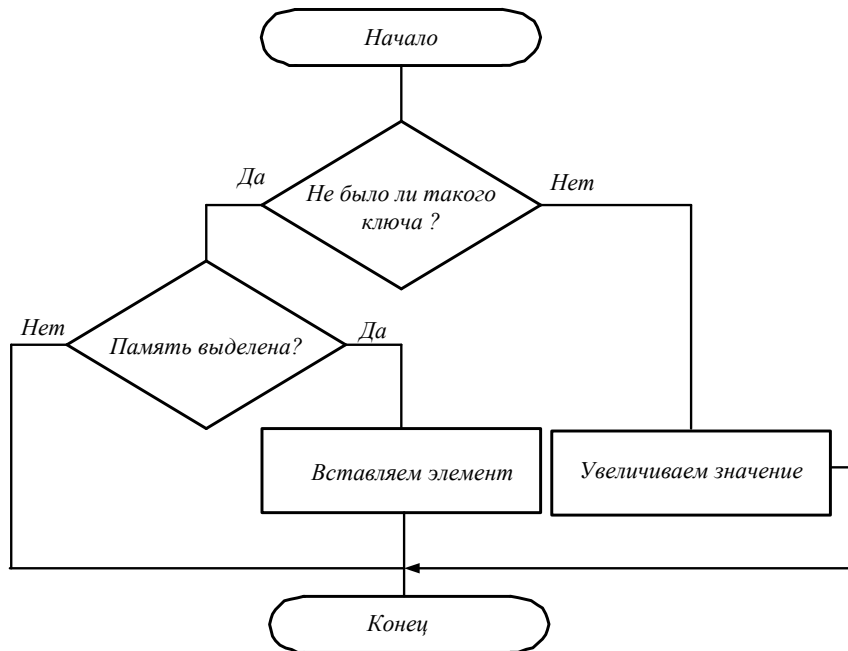


Рис. 1. Алгоритм функции добавления пары ключ-значение

Также была реализована функция поиска значения по ключу, она позволяет проверить существование элемента с заданным ключом. Функция возвращает либо указатель на элемент, если элемент существует, либо нулевой указатель при отсутствии искомого элемента. Аргумент функции это ключ, по которому ведется поиск. Вначале вычисляется хеш ключа. Далее цикл последовательно сравнивает ключи элементов цепочки с загруженным ключом. При их совпадении сравнение прекращается и выдается указатель на эту структуру. Если же элемент не найден, то возвращается значение NULL. Алгоритм функции поиска значения по ключу приведен на рисунке 2.

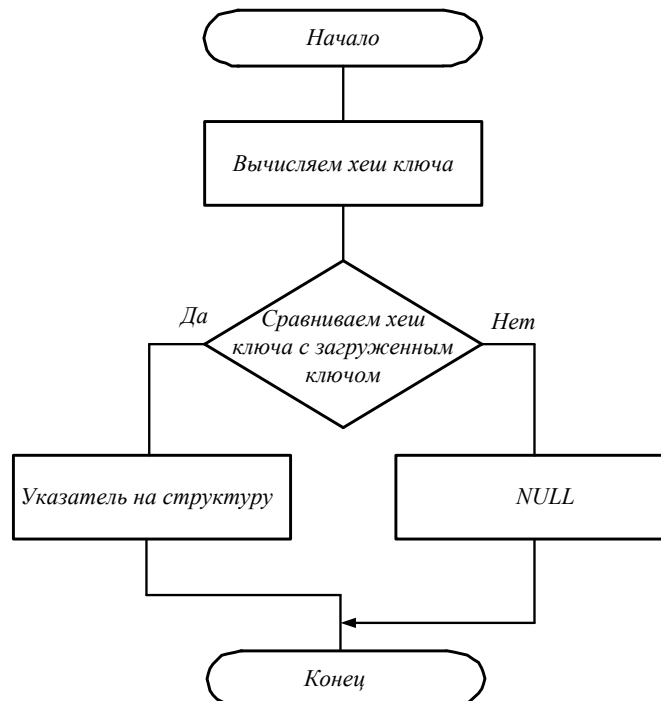


Рис. 2. Алгоритм функции поиска значения по ключу

Также была реализована функция удаления значения по ключу. Вначале вычисляется хеш ключа. Далее проверяется существование элемента с данным хешем. В случае существования элемента проверяется совпадение его ключа и заданного ключа. При наличии совпадения происходит удаление элемента и восстановление целостности списка. Во всех остальных случаях происходит возврат из функции. Алгоритм функции удаления значения по ключу приведен на рисунке 3.

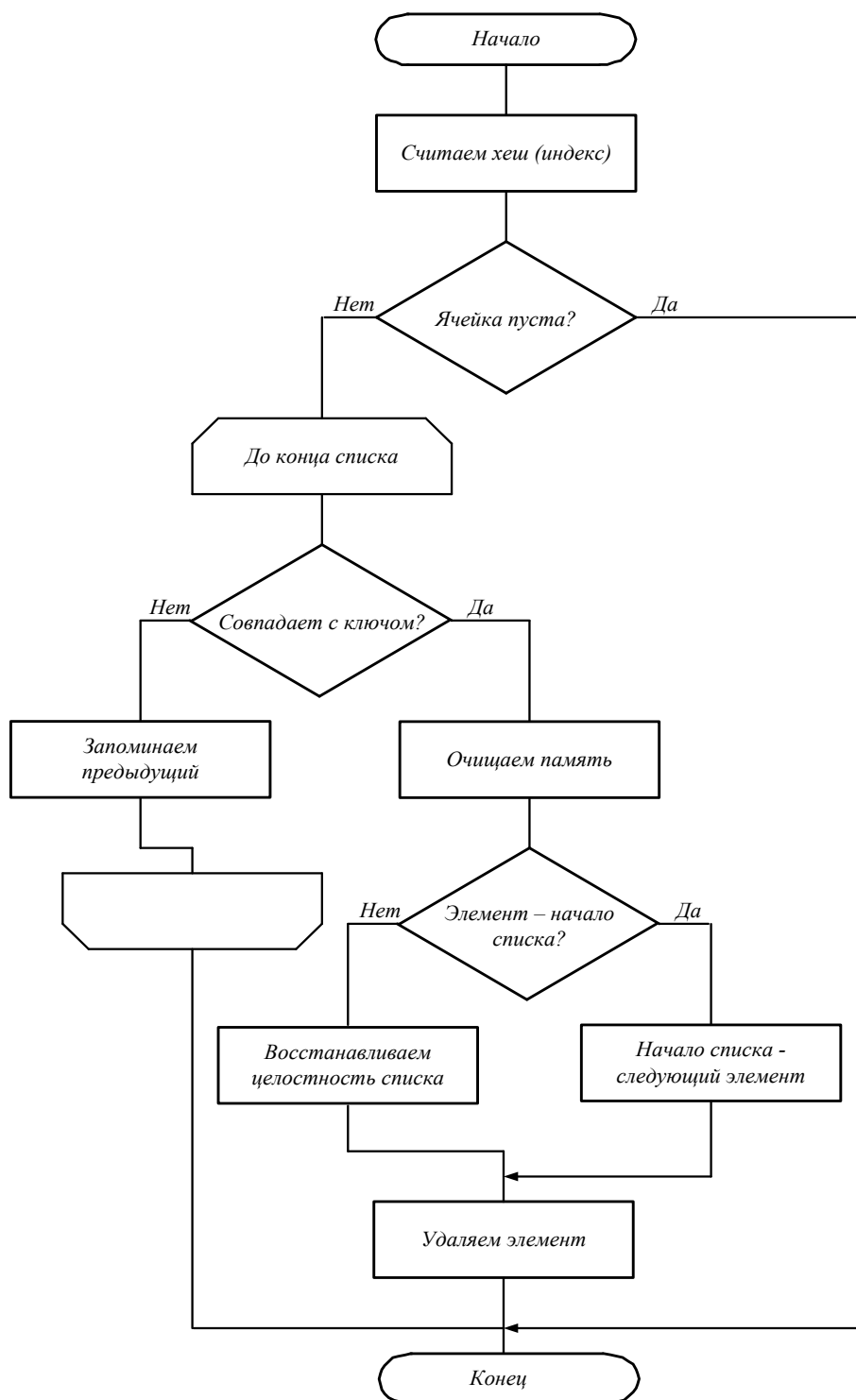


Рис. 3. Алгоритм функции удаления значения по ключу

По итогам разработки алгоритмов было реализовано программное обеспечение, которое будет анализировать коллекцию текстов на английском языке и автоматически формировать частотный словарь.

Применение разработанного программного обеспечения дает возможность повысить эффективность и качество обучения студентов вузов английскому языку, а также сделать это обучение профессионально-ориентированным и коммуникативно-направленным.

Литература:

1. Алексеев П. М. Частотные словари: Учебное пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2001—156 с.
2. Ахо А. Структуры данных и алгоритмы/ А.Ахо, Д. Хопкрофт, Д. Ульман; пер. с англ. — М.: Вильямс, 2000. — 384 с.

Моделирование многопараметрических систем на основе информационных потоков

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

Данная работа является развитием ранее опубликованной статьи «Разработка мультипоточковой модели последовательно связанных информационных элементов» [1]. Здесь мы сделаем ряд уточнений и корректировок, необходимых для успешного применения вышеназванной модели в практических задачах.

Введя ранее понятие информационного элемента i , мы подразумевали его атомарность и неделимость. Информационный поток F , соответственно, является кортежем — упорядоченным конечным набором длины n , каждый из элементов которого i_n принадлежит некоторому множеству числовых или символьных значений. Информационные элементы в потоке могут повторяться, их повторяемость дает теоретическую возможность прогнозирования поведения потока.

Анализ реальных задач, решение которых предполагается осуществлять с помощью представленной модели, показал, что такое моделирование малоприспособно в практическом плане. Можно выделить две проблемы. Первая проблема заключается в том, что при моделировании динамических объектов/явлений мы, как правило, имеем дело с конгломератом параметров, по сути, речь идет о многопараметрических системах. Моделируем ли мы поведение робота или финансовой организации, и в том и в другом случае мы имеем дело с множеством параметров, характеризующих состояние системы в некоторый момент времени. Для робота такими параметрами могут быть его местоположение, заданное в координатах пространства, положение манипуляторов, заряд батареи и др. Для финансовой организации ими могут быть оборотные средства, состояние имущества, привлеченные средства и др.

Очевидно, что если мы моделируем эти объекты совместно с другими, нам необходимо как-то сгруппировать эти параметры, логически обособить одни объекты/явления от других. Таким образом, помимо информационных элементов (которые будут использованы для представления параметров) необходимо еще ввести понятие объединения, которое будет агрегировать параметры, относящиеся к одному и тому же объекту/явлению. Проиллюстрируем это графически (рис. 1).

Здесь представлены два объекта, каждый из которых имеет параметры x и y — координаты объекта на плоскости. Соответственно, x_1, x_2, x_3 — значения координаты x в моменты времени t_1, t_2, t_3 . F_x^1 — поток информационных элементов, которыми в данном случае являются значения x , верхний индекс 1 означает, что поток относится к 1-му объекту, т. е. это не степень, а идентификатор объекта. Было бы справедливым указать такой же индекс и для значений y (т. е. x^1, x^2, x^3), чтобы подчеркнуть отличие значений x из потоков F_x^1 и F_x^2 . Однако мы не будем этого делать, чтобы не перегружать рисунок, просто следует иметь в виду, что x_1 из F_x^1 и x_1 из F_x^2 — это разные значения. Аналогичны по смыслу y_1, y_2, y_3 и F_y^1 и F_y^2 , только речь идет о координате y . U_1 и U_2 — это объединения, агрегирующие информационные элементы и потоки, относящиеся к одному и тому же объекту.

Вторая проблема — это высокая вероятность уникальности информационных элементов. На примере моделирования координат объекта это весьма ожидаемо. Конечно, могут быть случаи моделирования на пространстве малой размерности, но если брать общий случай, то вполне вероятно, что перемещения эти объектов, данные нам в качестве образца (эталонного поведения системы), вообще могут не содержать повторяющихся элементов.

Ранее [1] мы ввели понятие уникальных элементов по отношению к элементам, представленным в потоке, а также сформулировали следующий тезис. «Если все информационные элементы уникальны, то о графе говорить не приходится. Нас интересуют повторяющиеся цепочки, именно они могут быть использованы для задач прогнозирования... Назовем все возможные уникальные элементы словарем, тогда размер словаря (число входящих в него элементов) деленный на число событий в потоке будет характеризовать применимость, полезность данной модели. Отношение равно 1 — это случай неприменимости/бесполезности модели» [1, с. 149].

Таким образом, если руководствоваться этими соображениями, то использование данного подхода неэффективно по отношению к прогнозированию перемещений объектов. Прогнозирование потока только лишь на основе

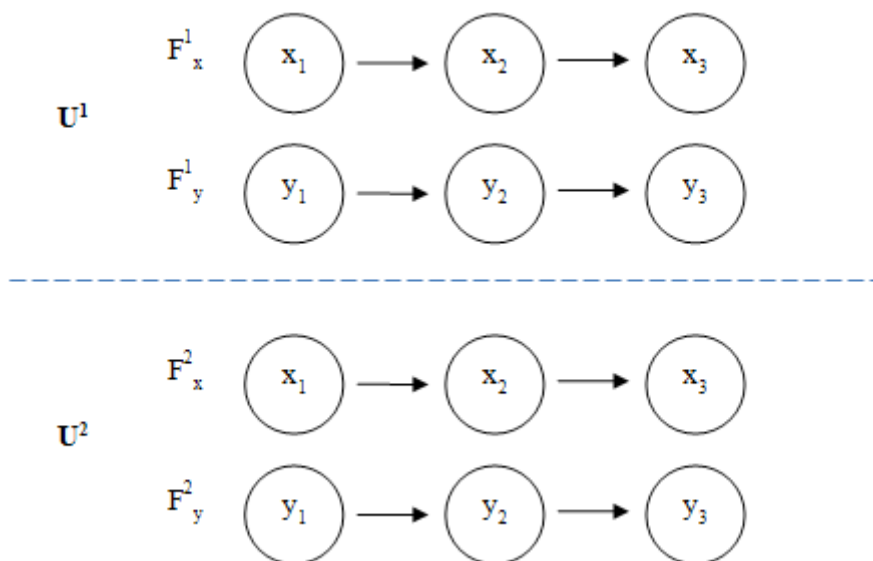


Рис. 1. Объединение родственных потоков

повторяемости информационных элементов — это очевидная недоработка, которую нужно исправить. Прежде чем перейти к исправлению, рассмотрим такую ситуацию как сопровождение одного объекта другим. Например, мы хотим смоделировать независимое перемещение объекта № 1 и зависимое объекта № 2. Зависимость будет простой: объект № 2 движется за объектом № 1. В этом случае будет очевидной зависимость координат первого и второго объектов x^1 и x^2 , y^1 и y^2 . Если бы мы накопили опыт перемещений таких объектов, (образец поведения), то легко бы выяснили, что уменьшение или увеличение x^1 , y^1 влияет на соответствующее увеличение или уменьшение x^2 , y^2 .

Решение такой задачи в программировании выглядело бы примерно так:

- если $x^1 < x^2$, то $x^2 = x^2 - 1$ (декремент x^2);
- если $x^1 > x^2$, то $x^2 = x^2 + 1$ (инкремент x^2);
- если $y^1 < y^2$, то $y^2 = y^2 - 1$ (декремент y^2);
- если $y^1 > y^2$, то $y^2 = y^2 + 1$ (инкремент y^2).

Набор таких правил позволяет реализовать алгоритм преследования (или сопровождения) объекта № 1 объектом № 2.

Можно ли реализовать автоматическое построение подобных алгоритмов на основе анализа исходных данных — образцов поведения, т.е. поручить построение такого алгоритма машине? Да, конечно. Здесь нет никаких непреодолимых сложностей. Выполняя сравнение однотипных параметров из разных объектов (например, координата x одного объекта сравнивается с координатой x другого объекта), можно найти закономерности. И эту процедуру вполне можно автоматизировать.

Конечно, ситуация значительно усложняется, если речь идет об универсальной системе автоматизированного поиска закономерностей применительно к ре-

шению широкого спектра задач. Очевидно, что помимо операций сравнений однотипных параметров: «меньше», «больше», «равно» (операции «меньше» и «больше» применимы к числовым значениям, для символьных они возможны только если заданы правила их сравнения), нам необходимо проверять на равенство параметра некоторой константе. Например, может моделироваться такое поведение, когда преследование осуществляется тогда, когда объект № 1 выходит за некоторую границу (если $x^1 = k$, то начать преследование). Имея повторяющийся опыт пересечения границы объектом № 1 и реагирования на это объекта № 2 (изменения его параметров), машина имеет возможность выявить константные значения границы.

Универсальную схему зависимостей для двух объектов, каждый из которых имеет два параметра, т.е. два потока информационных элементов можно представить следующим образом (рис. 2).

Сделаем некоторые пояснения к рисунку. В отличие от предыдущего примера, где оба параметра x и y были однотипными (x^1 однотипен по отношению к x^2 , y^1 однотипен по отношению к y^2), здесь только один однотипный параметр b . Так как b присутствует в U^1 и U^2 его можно сравнивать между этими объектами (на что указывают связи между b из разных потоков). Мы не можем сравнивать между собой, например, влажность и температуру, мы можем сравнивать только температуру с температурой, на этом рисунке b и является такой условной температурой, которая характеризует оба объекта.

Параметр также может сравниваться с некоторой величиной, т.е. константой, это сравнение обозначено в виде петли. В более общем случае такое сравнение должно учитывать попадание величины в некоторый диапазон. Если мы будем моделировать поведение человека, то че-

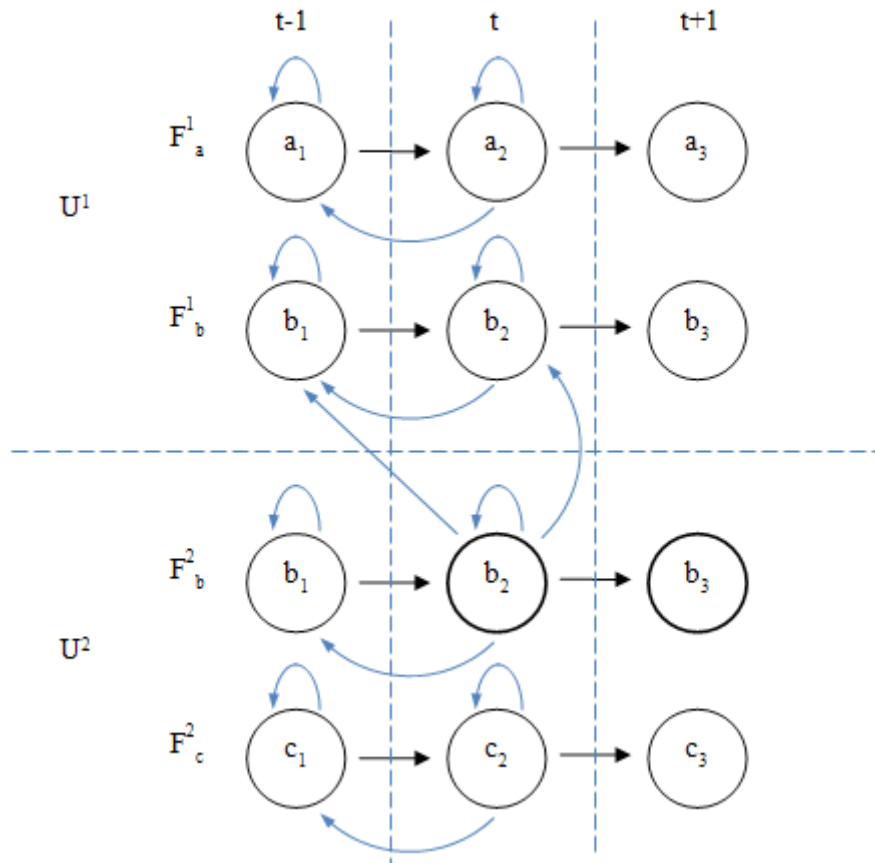


Рис. 2. Универсальная схема зависимостей

людей, как правило, не измеряет что-то точно, чтобы среагировать на происходящее. Оценка в этом случае происходит приблизительно, «плюс-минус», таким образом, поведение системы будет зависеть от величины, попадающей в некоторый диапазон. И одной из задач автоматизированного поиска зависимостей будет как раз поиск такого диапазона. В случае моделирования точно детерминированных систем поиск диапазона излишен, можно ограничиться поиском константы.

Допустим, что нас интересует связка $b_2 \rightarrow b_3$ из потока F_b^2 . Мы хотим выяснить, при каких условиях происходит переход из b_2 в b_3 , т.е. от чего зависит трансформация b_2 в b_3 . На рисунке 2 представлен опыт системы, т.е. все изменения параметров системы, которые происходили ранее (они уже произошли). Однако сейчас для удобства будем считать, что b_2 — это параметр «из настоящего», b_1 — «из прошлого», b_3 — «из будущего», t — настоящее, $t-1$ — прошлое, т.е. время предшествующее настоящему, $t+1$ — будущее системы.

Обладая опытом поведения системы, мы условно знаем будущее, однако пока нам не известно, почему система перешла в это будущее. Почему произошло именно такое изменение: $b_2 \rightarrow b_3$? Можно ли выявить причинно-следственные связи изменения данного параметра? Ответ на этот вопрос будет утвердительным только в том, случае

если мы имеем достаточно полное описание системы. Если зафиксированы именно те параметры, которые влияют на поведение зависимого объекта, тогда мы сможем найти причинно-следственные связи, если описание неполное и важные параметры не отражены, тогда такое моделирование не имеет смысла.

Будем считать, что мы имеем полное описание системы, все параметры, влияющие на изменение b_2 из потока F_b^2 , отражены в нашей модели. Теперь нам необходимо выявить зависимость b_2 от других информационных элементов. Наверное, самый простой случай зависимости — детерминированный переход из b_2 в b_3 , независимый от других информационных элементов. В данном случае нам нужно проверить равняется ли b_2 некоторой константе? Или b_2 попадает в некоторый диапазон значений, если речь идет о моделировании нечетких систем. Каким образом можно найти эту константу? Для этого необходимо в F_b^2 найти все случаи восхождения b_3 и для каждого из вхождений определить информационный элемент предшествующий b_3 . Если это один и тот же элемент b_2 , тогда мы можем сделать вывод о том, что во всех случаях, когда встречается b_2 (в потоке F_b^2) система обязательно перейдет в b_3 .

В общем случае попадание в b_3 также может детерминировано от любого информационного элемента относя-

щегося к t , а также $t-1$: $a_1, a_2 \in F^1_a$; $b_1, b_2 \in F^1_b$; $b_1, b_2 \in F^2_b$; $c_1, c_2 \in F^2_c$. Зависеть от элементов из $t+1$ он не может по понятной причине: это будущее, оно еще не наступило и не может влиять на переход системы в b_3 . Влиять на переход в b_3 может только настоящее и прошлое, то, что происходит в данный момент и то, что уже произошло ранее. Влияние информационных элементов $t-1$, а в общем случае и $t-2, t-3, \dots, t-n$ — это случаи запаздывающего реагирования.

Рассмотрим ситуацию запаздывающего реагирования на простом примере. Пусть робот взял манипулятором какой-то объект, затем он переместился из одного местоположения в другое и попал в ситуацию, в которой ему пришлось принимать решение о захвате манипулятором другого объекта. Так как манипулятор уже занят, взять другой объект он не может. Будем считать это опытом системы, образцом ее поведения. Если мы будем моделировать принятие решение о том, использовать ли манипулятор для захвата объекта (это относится к $t+1$), то очевидно, что нам необходимо учесть факта наличия захвата в прошлом ($t-1$), состоявшееся перемещение (t) в данном случае никак не влияет на решение.

Переход $b_2 \rightarrow b_3$ может быть детерминирован цепочками информационных элементов, т.е. последовательности определённых значений параметров могут вызвать переход в некоторое состояние. В этом случае необходимо проверять сразу несколько информационных элементов,

расположенных последовательно в одном потоке на равенство некоторым константам. Например, цепочка $b_1 \rightarrow b_2$ ($b_1, b_2 \in F^2_b$) привела к переходу в b_3 (также входящему в F^2_b). Причиной b_3 могла стать и цепочка $a_1 \rightarrow a_2$ ($a_1, a_2 \in F^1_a$).

Зависимость перехода из b_2 и b_3 может быть обусловлена совокупностью факторов, т.е. свой вклад в $b_2 \rightarrow b_3$ могут вносить сразу несколько типов зависимостей: единичные (равенство одного или нескольких информационных элементов константе); единичные в виде цепочек, относительные (сравнение однотипных элементов из разных объектов).

Все это, конечно, значительно усложняет алгоритмизацию автоматизированного поиска зависимостей, но не делает ее совсем уж невозможной. Дальнейшие исследования будут посвящены уточнению и детализации особенностей такого поиска. Кроме того, нужно учитывать вычислительную сложность при анализе зависимостей для $t-n$, где n отлично от единицы. Чем дальше в прошлое мы заглядываем, тем больше параметров нам необходимо анализировать. Очевидно, что здесь необходимы методы оптимизации, иначе перебор всех информационных элементов может занять слишком много времени. Пока на этапе теоретических изысканий проблема нехватки вычислительных ресурсов не является актуальной, но в будущем, в процессе прикладных исследований к ней неизбежно придется вернуться.

Литература:

1. Чугреев В.Л. Разработка мультипоточковой модели последовательно связанных информационных элементов [Текст] / В.Л. Чугреев // Молодой ученый. — 2013. — № 3. — С. 147–149.
2. Чугреев В.Л. Модель структурного представления текстовой информации и метод ее тематического анализа на основе частотно-контекстной классификации: диссертация на соискание уч. ст. к.т.н. — СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. — 185 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Автотранспорт и окружающая среда

Анисимов Евсей Евсеевич, старший преподаватель;
Друзьянова Варвара Петровна, кандидат технических наук, доцент
Северо-восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова (г. Якутск)

По последним данным ГИБДД в г. Якутске зарегистрировано более 70 тыс. автомобилей. Данная цифра с каждым часом увеличивается, а значит, существенно повышается уровень загрязнения окружающей среды от выбросов в атмосферу отработавших газов, содержащих целый ряд вредных компонентов. Как известно, при работе двигателей внутреннего сгорания образуются диоксид углерода (CO_2), оксид углерода (CO), диоксид серы (SO_2), окислы азота (NO_x), летучие углеводороды (ЛОС) и производные от них твердые частицы, **в том числе вещество 1-го класса опасности — бенз(а)пирен.**

Установлено, что один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы более 4 т кислорода, выбрасывая примерно 800 кг окиси углерода, около 40 кг окислов азота и почти 200 кг различных углеводородов [1]. Из государственного доклада о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) на 2012 год следует, что от автотранспорта выбросы в атмосферу загрязняющих веществ на административной территории ГО «Город Якутск» составили 34,2 тысяч тонн [2]. Однако, с учетом возрастной структуры автомобильного парка, приведенные цифры, могут быть гораздо выше.

По данным федерального статистического наблюдения в г. Якутске на 2012 год доля «молодых» автомобилей до

2 лет составило 7%. Количество автомобилей с возрастом от 2,1–5 лет — 15%, 5,1–10 лет — 14% и 10,1–13 лет — 13% и свыше 13 лет эксплуатации составляет — 40%. [3] (см. рис. 1).

Данная ситуация во многом объясняется активным ввозом автомобилей с пробегом из Японии. Исходя из возрастной структуры автомобилей, можно определить экологический стандарт «Евро» (экологический стандарт), который показывает максимально допустимый уровень содержания вредных веществ в выхлопных газах на основании соответствующим требованиям.

Технический регламент, разработанный федеральной таможенной службой (ФТС) России, определяет экологический класс транспортных средств зарубежного производства, ввозимых на территории России (см. таблица 1.)

Большинство эксплуатируемых автомобилей в г. Якутске — это автомобили производства Японии. Согласно введенным требованиям ФТС России, транспортное средство до 1997 года не соответствует требованиям технического регламента. К Евро-2 относятся автомобили с 1998 по 2004 годов выпуска. С 2005 по 2010 г. г. соответствуют требованиям Евро-3, а к регламенту Евро-4 относятся автомобили, начиная с 2011 г. выпуска.

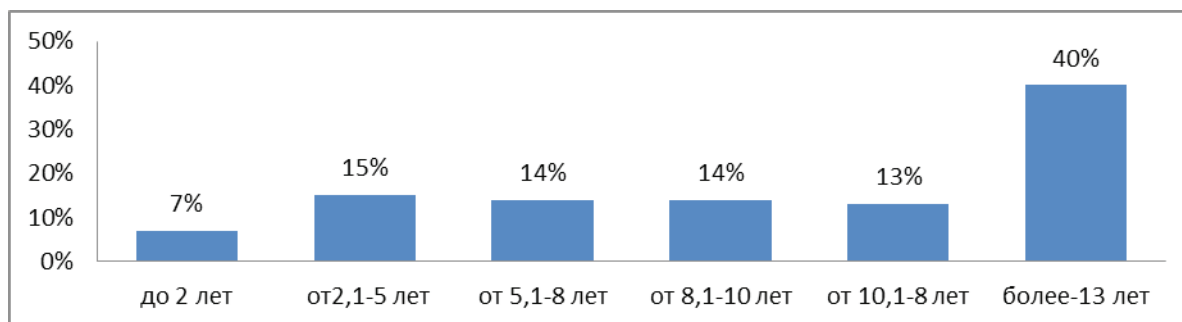


Рис. 1. Возрастная характеристика автомобильного транспорта, эксплуатирующегося в г. Якутске на 2012 г.

Таблица 1

Страна происхождения транспортного средства	Годы выпуска транспортных средств, включительно			
	Не соответствующих требованиям технического регламента на момент ввоза в Российскую Федерацию (имеющих экологический класс 1 и ниже)	Соответствующих требованиям технического регламента, по экологическим классам		
		2	3	4
Входящая в Европейский союз, бензиновые двигатели	До 1996	1997–2000	2001–2004	С 2005
Входящая в Европейский союз, дизели	До 1996	1997–2001	2002–2004	С 2005
США	До 1995	1996–2000	2001–2003	С 2004
Япония	До 1997	1998–2004	2005–2010	С 2011
Канада	До 2000	2001–2003	С 2004	-
Индия	До 2004	2005–2009	С 2010	-
Малайзия	До 2002	С 2003	-	-
Китай	До 2003	2004–2007	С 2008	-
Корея	До 2000	2001–2002	2003–2005	С 2006
Украина, категория М	До 2005	С 2006	-	-
Украина, категория N	До 2006	С 2007	-	-

На основании рассмотренных данных можно отметить, что доля выбросов от автотранспорта огромна и в целом экологическая обстановка в г. Якутске критическая. Поэтому научно-техническое решение данной проблемы является актуальной задачей.

Для решения данной проблемы, по нашему мнению, первоначально следует провести исследования по приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации, а именно начать с изучения по изменениям температурных режимов двигателей.

Литература:

1. Интернет ресурс: <http://abvgd-auto.narod..ru>
2. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) ... Г72; Правительство Респ. Саха (Якутия), М-во охраны природы Респ. Саха (Якутия). — Якутск: Компания «Дани Алмас», 2003 — ... в 2011 году: / [сост. А. И. Олесова, И. И. Кычкина; научн. ред. В. А. Григорьев]. — 2012. — 216 с.
3. Транспорт в республике Саха (Якутия): Статистический сборник/ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) — Я.: 2011 г. — 104 с.

Исследование степени биоразлагаемости разработанных моющих композиций

Анохина Екатерина Сергеевна, аспирант;
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Нагибина Виктория Викторовна, студент
Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (Челябинск)

Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, профессор
Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Максимюк Николай Несторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Биоразложение — процесс, ответственный за окончательный вывод органических веществ из окружающей среды. Часто биоразложение происходит уже в сточных водах — на водоочистных сооружениях, в поверхностных водах и в почве. Биоразложение происходит с участием микроорганизмов, как правило в присутствии кислорода воздуха, и представляет собой многостадийный процесс.

На первом этапе исходное соединение превращается в первичный продукт, который на следующих стадиях разлагается на все более мелкие промежуточные продукты, пока процесс не доходит до последней стадии, на которой все составляющие исходного соединения превращаются в неорганические вещества, такие как диоксид углерода, вода и соли, а так же в биомассу клеток [1].

По стадийности биоразложения различают: первичную и полную биоразлагаемость. Первичная биоразлагаемость характеризуется разрушением структуры молекулы с «отщеплением» гидрофильных групп, и, обусловленную этим потерю поверхностно-активных свойств молекул. Это проявляется, например, исчезновением пенообразования.

Полная биоразлагаемость — это дальнейшее разрушение молекул поверхностно-активных веществ микроорганизмами сообществами до разложения на воду и диоксид углерода.

Прохождение первичного и полного биоразложения устанавливали с помощью соответствующих аналитических методов.

Биоразлагаемость определяли по известной методике определения химического и биологического потребления кислорода [2].

Методика определения химического потребления кислорода (ХПК) основана на окислении органических веществ избытком бихромата калия в растворе серной кислоты при нагревании в присутствии катализатора — сульфата серебра.

Методика определения биологического потребления кислорода (БПК) основана на способности микроорганизмов потреблять растворенный кислород при биохимическом окислении органических и неорганических веществ в воде. БПК определено после 5 и 20 дней. Каждому из образцов была сделана микробиологическая инъекция в виде добавления питательной соли так, что рН установился равным 7,0. Результаты исследований ХПК и БПК представлены в таблице 1. В ходе эксперимента отметили рост показателя БПК во время испытаний. Спустя пять дней потребление кислорода возросло, составы интенсивно разлагаются.

Показатели биоразлагаемости поверхностно-активных веществ, применяемых в разработанных моющих композициях представлены в таблице 2.

Согласно классификации, ПАВ по биоразлагаемости делят на три группы: биологически разлагаемые, частично разлагаемые, биологически не разлагаемые [3].

Исходя из полученных результатов, все используемые в моющих композициях поверхностно-активные вещества принадлежат первому классу биоразлагаемости и явля-

Таблица 1. Результаты определения химического потребления кислорода и биологического потребления кислорода

Составы	ХПК, мг/л	БПК ₅ , мг/л	БПК ₂₀ , мг/л
Щелочное моющее средство	852	217	387
Кислотное моющее средство	570	115	420

Таблица 2. Показатели биоразлагаемости поверхностно-активных веществ

Наименование ПАВ	Продолжительность индукционного периода, сут	Тип кинетической зависимости процесса биоразложения	Период полуразложения поверхностно-активного вещества активным илом
Для щелочного состава			
Алкилполигликозид	1,0±0,5	1	0,11±0,05
Этоксилированные жирные спирты	2,3±0,5	1	0,20±0,05
Для кислотного состава			
Капрет-9карбоновая кислота	2,2±0,5	1	0,19±0,05
Гексет-4карбоновая	2,4±0,5	1	0,17±0,05

ются быстроразлагаемыми, поскольку продолжительность индукционного периода разложения составляет для всех применяемых веществ менее трех суток.

По результатам определения показателей биоразла-

гаемости возможно рекомендовать для исключения негативного влияния ПАВ, попадающих со сточными водами в водные системы, применение биологических методов очистки.

Литература:

1. Средства для очистки и ухода в быту. Химия, применение, экология и безопасность потребителей / Под ред. Германа Г. Хаутала и Гюнтера Вагнера. Перевод с английской / Под ред. д.х.н. М. Ю. Плетнева. — М.: ООО «Фирма Клавель» / Издательский дом «Косметика и медицина», 2007. — 440 с.
2. Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов. / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. М.: Медицина, 1990, — 400 с.
3. ГОСТ 50595 «Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде». — М.
4. Анохина Е. С. Физико-химические аспекты гигиены пищевых производств / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Экономика и бизнес. Взгляд молодых: мат. междунар. заоч. научн.-практ. конференция молодых ученых. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. — С. 234–236.
5. Анохина Е. С. Реализация инновационного проекта «Моющие и дезинфицирующие средства для очистки оборудования пищевой и перерабатывающей промышленности» / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Продовольственная безопасность Казахстана: состояние и перспективы, посв. 70-летию д.т.н., проф., чл.-корр. КазАСХН Тулеуова Е. Т.: мат. международной научн.-практ. конференции. — Семей: СМУ, 2012. — С. 12–13.
6. Анохина Е. С. Разработка профессиональных систем гигиенической очистки пищевого оборудования / Е. С. Анохина // Актуальные проблемы качества и конкурентоспособности товаров и услуг: мат. I междунар. научн.-практ. конф. — Набережные Челны: НГТТИ, 2013. — С. 7–10.
7. Анохина Е. С. Определение закономерностей удаления сложных белково-жировых загрязнений / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Сборник научных трудов SWorld. По материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013». Том 42. — — N 1. Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. — С. 92–97.
8. Анохина Е. С. Проведение производственных испытаний разработанных моющих средств / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Техника и технология пищевых производств: мат. IX междунар. научн.-технич. конференции. — Могилев: МГУП, 2013. — с. 168
9. Анохина Е. С. Усовершенствование технологических режимов санитарной обработки оборудования / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Качество продукции, технологий и образования: мат. VIII всеросс. научн.-практ. конференции с международным участием. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2013. — С. 36–39.
10. Анохина Е. С. Роль комплексобразователей в моющих средствах для пищевой промышленности / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Қазақстанның тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібі: қазіргі жағдайы мен даму болашағы: мат. халықаралық ғылы-тәжірибелік конф., 31 мамыр 2013 ж. — Семей: Шәкәрім атынд. Семей мемлекеттік университеті, 2012. — Б. 134–135.
11. Анохина Е. С. Результаты определения химического и биологического потребления кислорода разработанных кислотных и щелочных моющих средств / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Знания молодых для развития ветери-

нарной медицины и АПК страны: мат. международной научн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых — Спб: Издательство ФГБОУ ВПО «СпбГАСВМ», 2013.

12. Анохина Е. С. Разработка и применение в пищевой промышленности мультиферментных моющих средств / Е. С. Анохина, М. Б. Ребезов // Проблемы устойчивого развития производства пищевых продуктов в Центральной Азии: мат. международной научн.-практ. конференции. — Худжанд: Тадж. техн. университет им. ак. М. Осими, 2013. — С. 44–47.

К расчету несущей способности соединений на вклеенных шайбах

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;
 Гуляев Дмитрий Владимирович, инженер;
 Родина Екатерина Вячеславовна, магистр
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Создание современных строительных конструкций является одной из актуальных проблем, от решения которых зависит развитие строительной отрасли. В Пензенском государственном университете архитектуры и строительства над этой проблемой работают ряд учённых [1], [2], [3].

Соединения на вклеенных шайбах (ВШ) в деревянных конструкциях являются более современными по сравнению с другими видами соединений на механических связях (шпонками, клеестальными шайбами, когтевыми шайбами, МЗП и др.). Преимущества и технологические особенности изготовления таких соединений отмечено в работах [4,5]. Основным преимуществом вклеенных шайб является повышенная несущая способность соединения. Как показали многочисленные испытания образцов (около 100), средняя величина разрушающей нагрузки на образец с двумя вклеенными в него стальными шайбами при передаче усилий вдоль волокон древесины в зависимости от параметров шайбы (t -толщина, $D_{ш}$ — диаметр шайб) колеблется от 75 кН до 120 кН. По-

лученные результаты испытаний, обработанные методами математической статистики, приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл.1, величина разрушающей нагрузки $P_{разр}$ существенно зависит от двух параметров толщина шайбы (t) и диаметр шайбы ($D_{ш}$) эти зависимости представлены на (рис. 1.). Практически эти зависимости можно считать линейными, т.е. с увеличением t и $D_{ш}$ величина $P_{разр}$ увеличивается с определенным коэффициентом пропорциональности. Эта важная зависимость будет учтена ниже при получении расчетной формулы, для подсчета несущей способности соединения на вклеенных шайбах.

Расчетная несущая способность соединений и конструкций должна отражать безопасный уровень нагрузки (или напряжений), который может быть допущен на них с учетом влияния всех факторов, отрицательно влияющих в процессе их длительной эксплуатации.

Безопасность работы деревянных конструкций учитывается при назначении несущей способности их введением коэффициента надежности (k), вследствие чего рас-

Таблица 1. Результаты статической обработки испытаний образцов с соединениями на ВШ при действии кратковременных нагрузок

Серия образцов (марка)	Среднее значение $P_{разр}$ (кН)	Среднее квадратичное отклонение	Средняя ошибка среднее арифметического	Вариационный коэффициент	Показатель точности
ВШ-60-6-Б	75,52	1,916	0,8568	0,0253	1,13
ВШ-60-8-Б	88,06	1,899	0,8493	0,0215	0,96
ВШ-60-10-Б	100,6	3,009	1,346	0,03	1,33
ВШ-80-6-Б	83,46	1,777	0,795	0,022	1,00
ВШ-80-8-Б	96,2	1,7	0,76	0,018	0,8
ВШ-80-10-Б	109,7	1,846	0,826	0,017	0,75
ВШ-100-6-Б	88,78	2,568	1,148	0,029	1,29
ВШ-100-8-Б	104,5	5,3	2,369	0,051	2,26
ВШ-100-10-Б	119,9	3,2	1,431	0,027	1,2

Примечание: в марке образцов первая цифра означает диаметр ($D_{ш}$) шайбы, а вторая — толщину шайбы (t)

четная несущая способность при определении ее через величину кратковременной разрушающей нагрузки ($P_{разр}$) подсчитывается как

$$[N] \leq P_{разр} / k \quad (1)$$

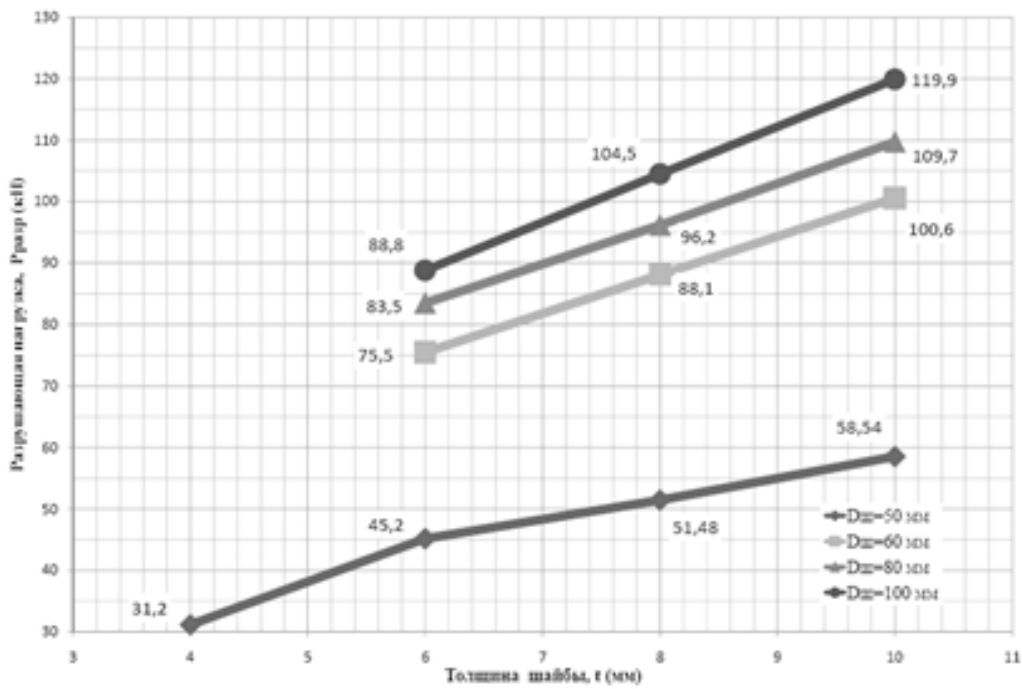
Переход от кратковременной разрушающей нагрузке ($P_{разр}$) осуществляется через коэффициент надежности k , который в общем случае должен учитывать вариационный разброс экспериментальных данных, длительность

действия экспериментальных нагрузок, длительную прочность и д. р.

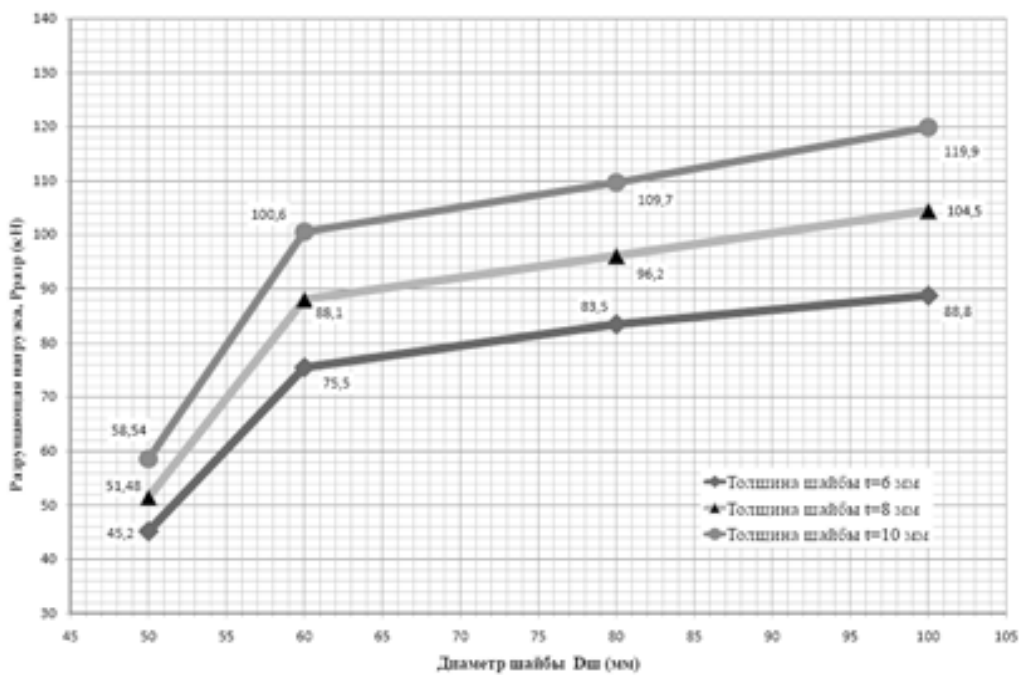
На основании общего выражения коэффициента надежности k , согласно рекомендациям [4], для деревянных конструкций имеем формулу

$$k = k_1(t) \times \beta \times k_2 \times k_3 \quad (2)$$

где: $k_1(t)$ — коэффициент длительной прочности (> 1) или временная часть коэффициента надежности;



а)



б)

Рис 1. График изменения $P_{разр}$ в зависимости а) от изменения толщины шайбы t ; б) от изменения диаметра шайбы $D_{ш}$

Таблица 2. Нормативные и расчетные величины предельных нагрузок соединений на ВШ

Серия образцов	Средняя разрушающая нагрузка, $P_{разр}^{ср}$, кН	Коэффициент вариации, C_v	Нормативная $P_{разр}^H$, кН	Вероятностная часть коэффициента надежности, k_1 для нормативной нагрузки	Расчетная, $P_{разр}^{расч}$, кН	Вероятностная часть коэффициента надежности, k_2 для расчетной нагрузки
ВШ-60-6-Б	75,52	0,0253	72,41	1,043	71,11	1,062
ВШ-60-8-Б	88,06	0,0215	85	1,036	83,62	1,053
ВШ-60-10-Б	100,6	0,03	95,62	1,052	93,58	1,075
ВШ-80-6-Б	83,46	0,022	80,48	1,037	79,18	1,054
ВШ-80-8-Б	96,2	0,018	93,31	1,031	92,14	1,044
ВШ-80-10-Б	109,7	0,017	106,4	1,031	105,37	1,041
ВШ-100-6-Б	88,78	0,029	84,55	1,05	82,81	1,072
ВШ-100-8-Б	104,5	0,051	95,78	1,091	92,15	1,134
ВШ-100-10-Б	119,9	0,027	114,62	1,046	112,37	1,067

β — коэффициент равный для несущих конструкций покрытий отношению P_n/P , где P — полная расчетная нагрузка, а P_n — временная (снеговая) нагрузка;

k_2 и k_3 — компоненты коэффициента надежности, учитывающие разброс опытных значений несущей способности (k_2) (вероятностная часть коэффициента надежности) и изменение работы деформации при пластическом и хрупком разрушении (k_3).

Анализ работы соединений на клеенных шайбах и результаты их испытаний дают основание отнести их, согласно рекомендациям [6], к первой группе соединений деревянных конструкций, куда входят соединения с линейной зависимостью упругой деформации от усилия в диапазоне расчетной несущей способности. Кроме того, как показали испытания, сам процесс разрушения образцов носит пластический характер, т.е. при этом не наблюдалось хрупких сколов или разрывов, приводящих к мгновенному разрушению образцов с явными разрушениями образцов.

Указанные обстоятельства позволяют произвести оценку несущей способности соединения на клеенных шайбах как для I группы при пластическом характере разрушений.

Для учета вероятностной части коэффициента надежности в табл. 2 подсчитаны нормативные и расчетные значения кратковременных предельных нагрузок на основе данных, приведенных в табл.1. Вероятностные коэффициенты надежности при этом подсчитаны с доверительной вероятностью для нормативных значений — 95%, для расчетных — 99%.

Для учета временной части коэффициента надежности (k_1) воспользуемся рекомендациями [6] основанными на исследованиях длительной прочности древесины.

При пластическом разрушении для соединений I группы предлагается формула.

$$k_1(t) = 1.97 - 0.119 \times \lg t \text{ — для срока службы 50 лет;}$$

$k_1(t) = 1.91 - 0.112 \times \lg t$ — для срока службы 25 лет; (2)

$k_1(t) = 1.94 - 0.116 \times \lg t$ — среднее для сроков службы 25 ÷ 50 лет.

где $t = t^1 / 38.2$ — приведенное время (t^1 — продолжительность испытания с постоянной скоростью нагружения).

Произведена оценка несущей способности соединения на клеенных шайбах как для I группы при пластическом характере разрушения согласно формулам (1) и (2). Результаты расчетов приведены в табл.3.

Для наглядности влияния $D_{ш}$ и t на расчетную несущую способность данные таблицы 3 представлены в форме табл.4

Для практических расчетов целесообразно иметь аналитические формулы для подсчета расчетной несущей способности соединения. С этой целью проведен анализ зависимости разрушающей нагрузки от диаметра ($D_{ш}$) и толщины (t).

Как показали многочисленные испытания определяющим фактором в обеспечении несущей способности является преимущественно работа древесины на смятие под шайбой, которая зависит от площади $A = D_{ш} t$.

Таблица 3. Расчетные несущие способности соединений на ВШ

Серия образцов	Средняя величина разрушающей нагрузки Rразр, кН	Значение коэффициентов				Коэффициент надежности k при k2 факт.	Экспериментальные значения расчетной несущей способности шпонки Nt, кН
		b	k2	k3	k1 (t) (средние для 25 ÷ 50 лет)		
ВШ-60-6-Б	75,52	0.8	1,062	1.1	1,791	1,674	45,11
ВШ-60-8-Б	88,06	0.8	1,053	1.1	1,783	1,652	53,30
ВШ-60-10-Б	100,6	0.8	1,075	1.1	1,776	1,680	59,88
ВШ-80-6-Б	83,46	0.8	1,054	1.1	1,786	1,656	50,39
ВШ-80-8-Б	96,2	0.8	1,044	1.1	1,778	1,633	58,91
ВШ-80-10-Б	109,7	0.8	1,041	1.1	1,772	1,623	67,59
ВШ-100-6-Б	88,78	0.8	1,072	1.1	1,783	1,682	52,78
ВШ-100-8-Б	104,5	0.8	1,134	1.1	1,774	1,771	63,12
ВШ-100-10-Б	119,9	0.8	1,067	1.1	1,768	1,661	72,18

Таблица 4. Величина расчетной несущей способности соединения на ВШ (кН)

Диаметр шайбы (Dш), мм	Величина [N], кН при толщине шайбы (t), мм		
	6	8	10
60	45,11	53,30	59,88
80	50,39	58,91	67,59
100	52,78	63,12	72,18

Литература:

1. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Способ проката двутаврового профиля сечения из низколегированной стали// Строительная механика и расчёт сооружений.: № 4 — 2011, с. 51–55 Москва ЦНИСК им.Курчеченко
2. Арискин М. В. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст] / Арискин М. В., Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева, Гарькин И. Н. // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 27–31.
3. Арискин М. В. Современные тенденции развития проектирования в строительстве [Текст] / Арискин М. В., Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева, Гарькин И.Н // Молодой ученый. — 2012. — № 10. — С. 31–33.
4. Арискин М. В., Вдовин В. М. Кравцов С. Ю. Клееметаллические соединения в несущих деревянных конструкциях. Региональная архитектура и строительство, ½ 2007 г. Пензенский Государственный Университет архитектуры и строительства, г. Пенза.
5. Арискин М. В., Вдовин В. М. Оценка несущей способности клеенной кольцевой шайбы в стыковых соединениях деревянных конструкций. Эффективные строительные конструкции: Теория и практика. Сборник статей V Международной научно-технической конференции. — Пенза, ПГУАС, Общество «ЗНАНИЕ» России, Приволжский дом знаний, 2006 г.
6. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций. М., Стройиздат, 1981 г.

Подготовка деревянных элементов на клеенных стальных шайбах к кратковременным испытаниям

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;
Родина Екатерина Вячеславовна, магистр;
Гуляев Дмитрий Владимирович, инженер
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Соединение на стальных шайбах как было не раз отмечено в работах [1], [2]. В настоящей статье описан ход подготовки деревянных элементов на клеенных стальных шайбах к кратковременным испытаниям.

После выполнения подготовительных работ заготовки образцов выдерживались не менее 4–6 суток в помещении лаборатории с целью полного отверждения клея и установления равновесной влажности древесины. Перед проведением испытаний образцы дополнительно осматривались на предмет отсутствия (или присутствия) каких-либо дефектов, проводились контрольные замеры основных параметров, ставилась маркировка образца.

Образцы испытывались по двум схемам:

1. Нагружение образца через стальную раму, имитирующую металлические накладки и передающие усилия на шайбы (рисунок 1, 2).

2. Нагружение образца, состоящего из трех дощатых заготовок, показан на рисунке 3.

Подготовка образца к испытаниям по схеме 1, т.е. с «металлическими накладками», включает в себя следующие подготовительные операции:

— образец помещается в специальную П-образную стальную раму (рисунок 2.6), через которую будет передаваться усилие на центровой болт;

— через отверстия в раме и шайбах пропускается центровой болт;

— полученная конструкция стягивается центровым болтом;

— после того, как на образец устанавливаются измерительные приборы, он готов к испытаниям.

Подготовка к испытаниям образцов, состоящих из трех заготовок, включает в себя операции:

— сборка трех заготовок в один образец;

— подтяжка центрального болта до плотного состояния образца;

— установка измерительных приборов.

В качестве приборов измерения использовались индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Индикаторы устанавливались таким образом, чтобы в процессе испытания они не подвергались повреждению при полной выработке хода штока. Для учета возможного неравномерного нагружения образца индикаторы ставились парно.

Все испытываемые образцы были разделены на две основные серии А и Б, исходя из схемы испытания: А — испытание образца с передачей нагрузки через металлические накладки; Б — трехсоставной образец.

Все образцы маркировались по каждой серии. Шифры, принятые в маркировке, показаны на рисунке 4.

Основные характеристики и размеры испытываемых образцов согласно принятой маркировке приведены в таблице 1 и на рисунке 2.1.

Помимо двух основных испытываемых серий образцов А и Б (группа I и II) были изготовлены и испытаны образцы с передачей нагрузки только через центровой болт и через шайбу, вложенную в гнездо без клея (группа V), а также образцы с передачей на них нагрузки под различными углами по отношению к направлению волокон древесины (группа VI) и образцы с отсутствием шайб в крайних элементах с внешней стороны (группа IV).

Представленные в таблице 2.1 разновидности образцов позволяли выявить зависимость предельной нагрузки и характер работы образцов от таких факторов, как:

- диаметр шайбы $D_{ш}$;
- толщина шайбы t ;
- размеры деревянного элемента a, b, c ;
- способ приложения нагрузки;
- положительный эффект от вклейки шайбы в гнездо;
- наличие клеевой прослойки в гнезде;
- направление действующего усилия по отношению

к волокнам древесины.

Для различия образцов, исходя из их предназначения, в основные марки образцов помимо букв А и Б (показывающих схему передачи нагрузки на шайбы) были добавлены дополнительные буквы, позволяющие судить о предназначении конкретной группы образцов. В приводимых марках образцов такими буквами являются:

— Г — серия образцов, позволяющая оценить зависимость разрушающей нагрузки от геометрических параметров образцов;

— Ш — серия образцов с отсутствием шайб в крайних элементах;

— К — образцы без клеевой композиции в гнезде;

— У — серия образцов, испытываемых нагрузкой, действующей под различными углами к волокнам древесины;

— РР — серия образцов, отличающихся не вклеиванием в гнездо шайбы, а приклейкой к пласти древесины;

Испытания образцов соединений на клеенных шайбах.

Образцы испытывались на сжатие при нормальных температурно-влажностных условиях, т.е. при температуре 18–20°C и относительной влажности воздуха $W=60-65\%$. Нагрузка создавалась гидравлическим прессом и прикладывалась ступенями $\Delta P=5$ кН, что со-

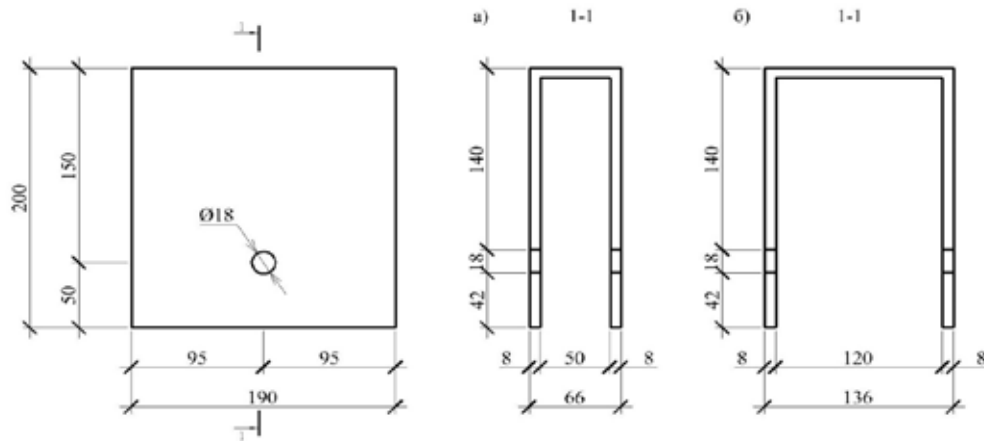


Рис. 1. Металлическая рама: а) для образцов толщиной 50 мм; б) для образцов толщиной 120 мм

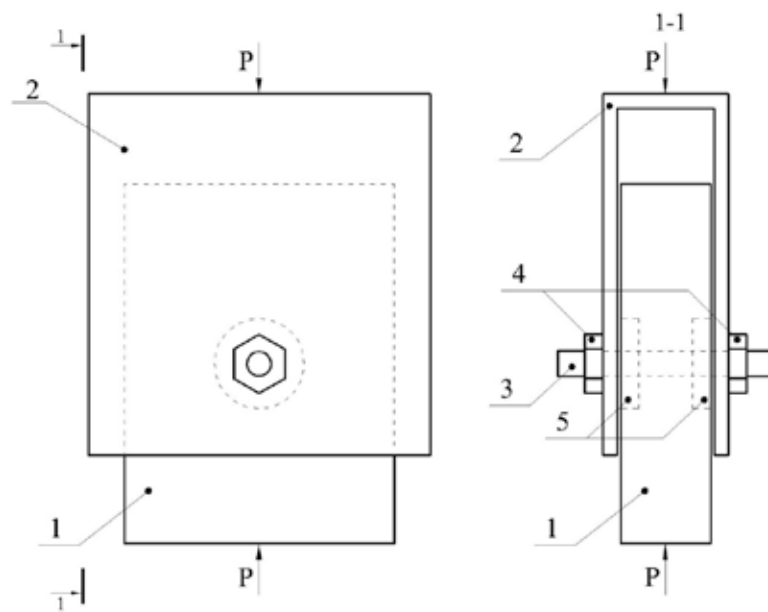


Рис. 2. Схема нагружения образца при помощи металлических накладок: 1 — деревянный элемент; 2 — металлическая рама; 3 — стяжной болт; 4 — гайки; 5 — вклеенные шайбы

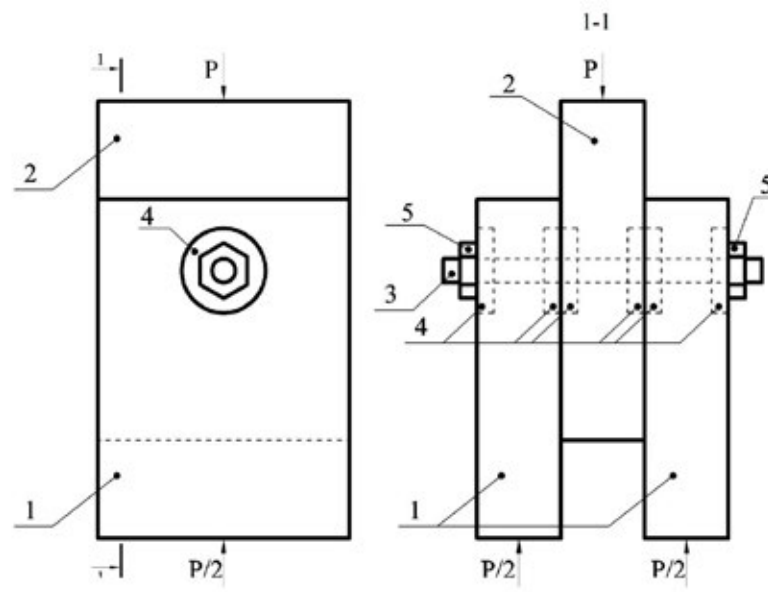


Рис. 3. Схема нагружения трехсоставного образца: 1 — крайний элемент; 2 — средний элемент; 3 — стяжной болт; 4 — вклеенные шайбы; 5 — гайки



Рис. 4. Маркировка образцов на клеенных стальных шайбах

Таблица 1. Основные характеристики испытываемых образцов

Марка	Параметры					Кол-во образцов	Назначение серии образцов	
	a, мм	b, мм	c, мм	D _{шр} , мм	t, мм			
ВШ-50-6-А	200	150	50	50	6	5	Передача нагрузки через металлические накладки	
ВШ-50-8-А					8	5		
ВШ-50-10-А					10	5		
ВШ-60-8-А		200	50	60	8	3		
ВШ-80-8-А		200	50	80	8	3		
ВШ-50-10-Б	200	150	50	50	10	2	Передача нагрузки через деревянные элементы с клееными шайбами (трех составной образец)	
ВШ-60-6-Б	200	150	50	60	6	5		
ВШ-60-8-Б					8	5		
ВШ-60-10-Б					10	5		
ВШ-80-6-Б	200	150	50	80	6	5		
ВШ-80-8-Б					8	5		
ВШ-80-10-Б					10	5		
ВШ-100-8-Б	200	150	50	100	8	5		
ВШ-100-10-Б					10	5		
ВШ-50-6-АГ	300	200	50	50	50	10		3
ВШ-80-8-АГ	200				80	8	5	
ВШ-100-8-АГ	300				100	8	2	
ВШ-60-8-БГ	200				60	8	5	
ВШ-60-8-БГ2	300				60	8	5	
ВШ-80-8-БГ	200				80	8	5	
ВШ-100-6-БГ	300				100	6	5	
ВШ-100-8-БГ	300				100	8	5	
ВШ-100-10-БГ	300				100	10	5	
ВШ-60-8-БШ	200				150	50	60	8
ВШ-60-8-БК	200	300	50	60	8	2	Зависимость разрушающей нагрузки от наличия в гнезде клеевой прослойки	
ВШ-80-8-АУ0°	200	150	120	60	10	5	Зависимость разрушающей нагрузки от угла α° между линией действия нагрузки и направлением волокон древесины образца	
ВШ-80-8-АУ45°	200	150	120	60	10	5		
ВШ-80-8-АУ60°	200	150	120	60	10	5		
ВШ-80-8-АУ90°	200	150	120	60	10	5		

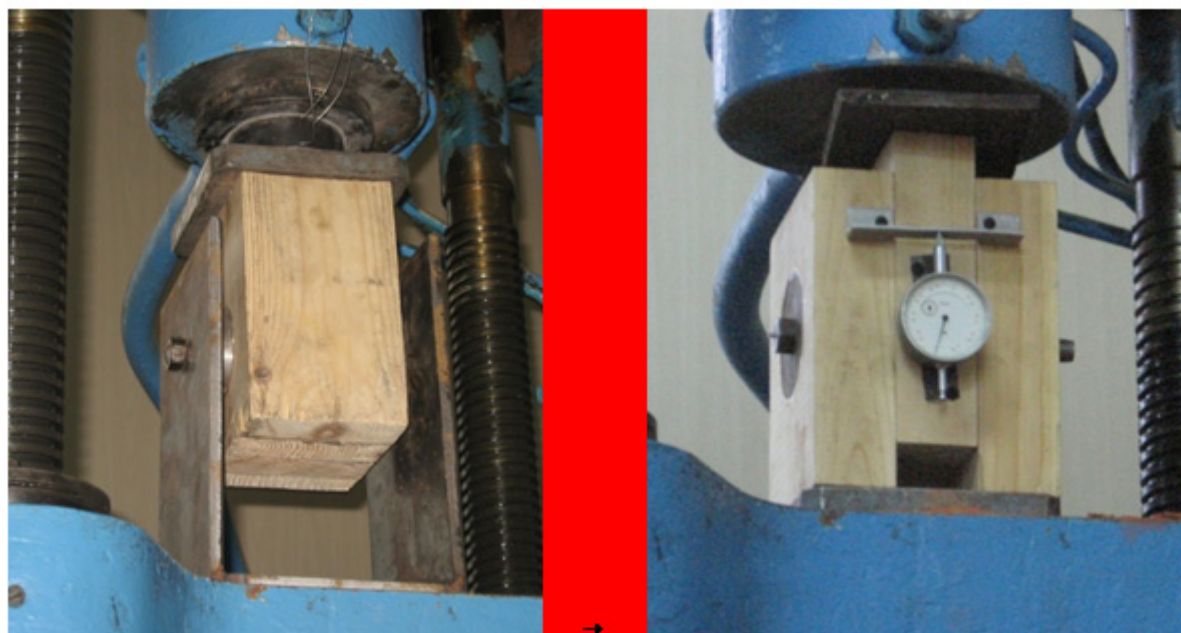


Рис. 5. Испытание образцов: а) — передача нагрузки через металлические накладки, б) — передача нагрузки через деревянные элементы

ставляет примерно $0,1 - 0,05 P_{\text{разр}}$. Общий вид испытания показан на рисунке 5.

Перед приложением нагрузки и в дальнейшем после каждой ступени нагружения снимались отсчёты по индикаторам. Скорость нагружения принималась непрерывной и равномерной с фиксацией начального и конечного времени. В процессе испытаний осуществлялся осмотр образцов, фиксировались характер и вид их раз-

рушения, величина разрушающей нагрузки и время действия нагрузки. Результаты заносились в журнал испытаний. Испытание образцов проводилось возрастающей нагрузкой с доведением образцов до их полного разрушения. За разрушающую нагрузку принималась такая ее величина, когда рост деформации сдвига в образцах в определенный интервал времени действия нагрузки происходил без заметного увеличения нагрузки.

Литература:

1. Арискин М. В Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст] / Арискин М. В., Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева, Гарькин И. Н. // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 27–31
2. 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.

Разработка методики экспериментальных исследований соединений деревянных конструкций с применением клеенных стальных шайб

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;
Родина Екатерина Вячеславовна, магистр;
Гуляев Дмитрий Владимирович, инженер
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Анализ экспериментальных данных является наиболее эффективным инструментом при создании новых, эффективных строительных конструкций (на пример [1], [2], [3]).

Методика экспериментальных исследований включает в себя следующие вопросы:
— разработка технологии изготовления образцов с клееными шайбами;

- выбор формы и размеров образцов;
- выбор клеевой композиции;
- подготовка и контроль образцов перед испытанием;
- установление способа нагружения, передачи нагрузок, выбор испытательной установки и назначение нормативных и контрольных нагрузок;
- порядок измерений и наблюдений в процессе испытаний;
- проведение испытаний образцов;
- обработка результатов испытаний;
- анализ результатов испытания образцов.

Методика экспериментальных исследований предусматривала изучение возможного влияния на работу сое-

динений на клеенных шайбах таких факторов, как:

- диаметр стальной шайбы $D_{ш}$;
- толщина стальной шайбы t ;
- размеры деревянного элемента a , b , c ;
- шаг установки шайб в деревянном элементе;
- способ передачи усилия от одного элемента другому;
- зависимость несущей способности соединений от угла между направлением волокон древесины и линией действующего усилия соединяемых элементов.

Материалом для испытываемых образцов принята древесина сосны, т.к. эта порода имеет наиболее широкое применение в строительстве при изготовлении несущих деревянных конструкций.

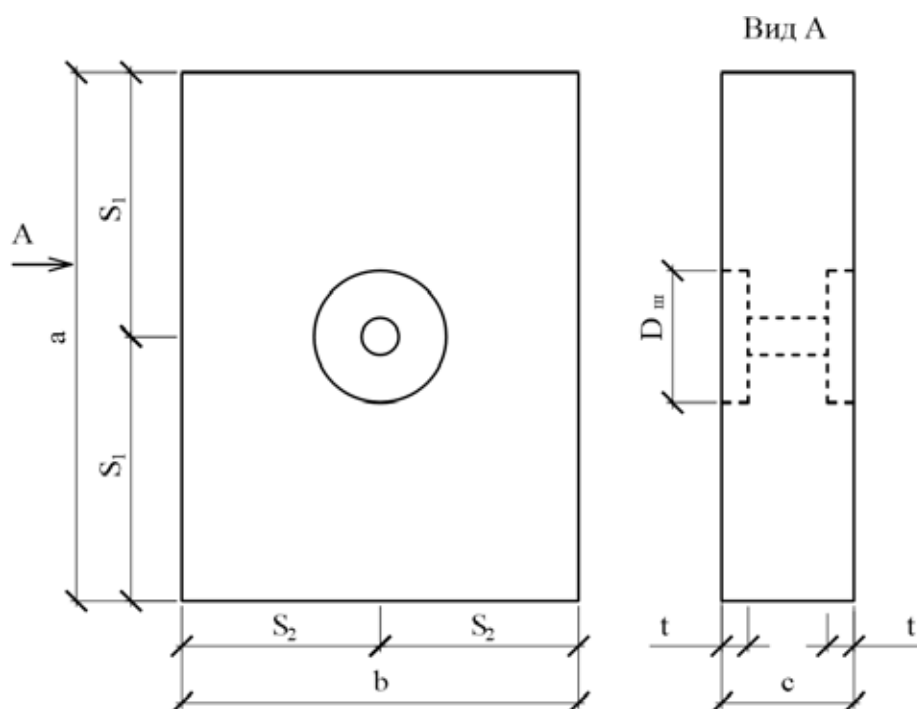


Рис. 1. Основные параметры образцов



Рис. 2. Общий вид металлических шайб



Рис. 3. Общий вид испытываемого образца

Форма и размеры образцов, назначаемые исходя из схемы их испытания на сдвиг при сжатии, приняты с соблюдением ориентировочных размеров размещения шайб (шага расстановки S_1, S_2). Ориентировочные размеры S_1 и S_2 принимались в зависимости от $D_{ш}$. В качестве основного образца принимался дощатый элемент с размерами (a, b, c). Основные параметры испытываемых образцов показаны на рисунке 1.

Металлические шайбы изготавливались из стали класса С255. Диаметр стальных шайб $D_{ш}$ назначался исходя из анализа ранее применяемых в деревянных конструкциях шпонок шайб. Для исследования приняты размеры $D_{ш} = 50, 60, 80, 100$ мм.

Толщина шайб t принималась равной 4; 6; 8; 10 мм. Общий вид шайб и образцов показан на рисунках 2, 3.

Соединение с использованием клеенных стальных шайб — новый вид соединения деревянных конструкций, основанный на достоинствах металлических шайб в сочетании с монолитностью клеевой композиции. Следовательно, изготовление таких соединений должно быть схоже с изготовлением уже известных видов соединений деревянных конструкций. Так, в вопросы по разработке технологии изготовления соединений с применением ВШ вошли такие важные аспекты, как:

- выбор инструментов и механизмов;
- выбор клеевой композиции;
- изготовление образцов с использованием ВШ.

В работе [4] более подробно и полно была описана технология изготовления образцов деревянных конструкций на клеенных стальных шайбах.

Литература:

1. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Способ проката двутаврового профиля сечения из низколегированной стали // Строительная механика и расчёт сооружений.: № 4 — 2011, с. 51–55 Москва ЦНИСК им.Курчренко
2. 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.
3. Арискин М. В Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст] / Арискин М. В., Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева, Гарькин И. Н. // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — С. 27–31
4. Арискин М.В. Изготовление соединений на клеенных стальных шайбах / Арискин М.В., Гуляев Д.В., Агеева И.Ю. // Альманах современной науки и образования — Тамбов, 2013.

Исследование некоторых свойств цементов с тонкодисперсной добавкой

Баженова Ольга Юрьевна, кандидат технических наук, доцент;
Баженова Софья Ильдаровна, кандидат технических наук, доцент
Московский государственный строительный университет

Баженов Марат Ильдарович, кандидат технических наук, руководитель проекта
ООО «Горгеострой» (г. Москва)

В данной работе рассматривается возможность использования тонкодисперсных минеральных порошков при создании композиционных вяжущих. Исследовались цементные системы при введении в них добавки Микродур®. Показано, что введение добавки значительно улучшает физико-технические свойства вяжущего.

Ключевые слова: тонкодисперсное вяжущее, направленная кристаллизация, активность, гидратация, цементные системы.

Investigation of Some Properties of Cements with a Fine Addition

Olga Bazhenova, Sofia Bazhenova, Marat Bazhenov

In this paper discusses the use of finely dispersed mineral powders when creating composite binding. We investigated the cement systems with the introduction of the additives Mikrodur. It is shown that the introduction of additive significantly improves the physical and technical properties of the binder.

Keywords: fine-dispersed astringent, directional solidification, activity, hydration, cement systems.

За последние годы в технологии вяжущих и бетонов существенно возрос интерес к особо тонкодисперсным минеральным порошкам, которые, в основном, используются в качестве активных минеральных добавок или инертных наполнителей к цементам [1]. Эффективность их использования обусловлена несколькими причинами. Прежде всего, это возможность обеспечить более оптимальный гранулометрический состав цементного вяжущего, путем увеличения доли частиц с размерами от 0,01 до 4,0–5,0 мкм, которая в обычном портландцементе составляет не более 30–35% с преобладающим количеством частиц размером от 1,0 до 5,0 мкм.

Присутствие таких тонкодисперсных частиц в цементе обеспечивает его более плотную упаковку, повышает связность цементного теста и стойкость к расслаиванию, а в сочетании с супер- или гиперпластификатором увеличивает текучесть смеси. Тонкодисперсные добавки, обладающие гидравлической активностью и развитой удельной поверхностью, кроме того, ускоряют твердение и повышают прочность цементного камня и бетона [2, 3].

Около пятнадцати лет назад на строительном рынке Германии появилось особо тонкодисперсное минеральное вяжущее (ОТДВ) Микродур®, предназначенное для приготовления инъекционных суспензий, которые, благодаря оптимально подобранному фракционному составу, обладают высокой пенетрационной способностью.

В работе использовались портландцемент М 500 ДО, минералогический состав которого приведен в табл. 1, и ОТДВ Микродур марки R-X с удельной поверхностью около 22000 см²/г и следующим гранулометрическим со-

ставом: содержание частиц размером менее 2 мкм — 45%, менее 4 мкм — 80%, менее 6 мкм — 97%.

В данном случае тонкодисперсные частицы ОТДВ Микродур будут выступать в качестве центров направленной кристаллизации, вокруг которых будут образовываться новые структуры, которые приведут к ускорению гидратационных процессов, а, следовательно, к получению матрицы вяжущего с улучшенными физико-механическими свойствами.

ОТДВ Микродур вводилось в состав цемента в количестве 2%, 5% и 8%. Определение нормальной густоты и сроков схватывания полученных цементов проводилось по ГОСТу 310.1–76 и 310.3–76. Прочность при сжатии определялась на образцах-кубиках 20x20x20 мм, изготовленных из теста нормальной густоты, в возрасте 3, 7 и 28 суток. Хранение образцов осуществлялось по ГОСТу 310.4–81. Полученные результаты приведены в табл. 2 и 3.

Таким образом, мы видим, что введение в цементную систему тонкодисперсной минеральной добавки позволяет снизить водопотребность полученного вяжущего, ускорить процессы схватывания и твердения цемента, а также повысить его конечную прочность. Если прочность образцов в возрасте 3 и 7 суток не значительно отличается от контрольной, то в возрасте 28 суток прирост прочности на образцах с содержанием ОТДВ Микродур 2% и 5% составляет 22%, а с содержанием 8% — до 40%. Уменьшение водопотребности цемента при введении в его состав тонкодисперсного компонента можно объяснить наличием в ОТДВ значительного количества пластификаторов.

Таблица 1. Состав портландцементного клинкера

Компонент	MgO	SO ₃	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Содержание по массе, %	0,64	2,46	61,5	13,59	6,08	16,54

Таблица 2. Физико-механические свойства цементов с тонкодисперсной добавкой

№	Содержание ОТДВ Микродур, %	Нормальная плотность, %	Сроки схватывания, час-мин.	
			начало	конец
1	-	26,25	2–55	3–35
2	2	26,5	2–35	3–35
3	5	25,0	2–30	3–15
4	8	25,5	2–25	3–05

Таблица 3. Влияние добавки Микродура на прочность цементов

№ п/п	Содержание ОТДВ Микродур, %	Прочность при сжатии (R _{сж}), МПа, в возрасте			Прирост прочности в 28 суток, %
		3 сут.	7 сут.	28 сут.	
1	-	57,0	68,0	76,6	-
2	2	52,8	65,0	93,3	22
3	5	56,9	71,8	93,4	22
4	8	58,4	70,5	107,0	40

Заключение. Применение в технологии цементов и бетонов тонкодисперсных минеральных добавок, сочетающих в себе высокую реологическую и химическую активность, открывает широкие возможности улучшения технологических свойств цементных систем и бетонных смесей и направленного воздействия на формирование структуры цементного камня. При этом получают цементные системы, в которых тонкодисперсная мине-

ральная добавка играет роль центров направленной кристаллизации, и гидратация в этих композициях протекает более интенсивно. Помимо этого, введение микродобавок в цементы приводит к микроармированию цементного камня, упрочнению его структуры, создает возможность получения новых видов многокомпонентных модифицированных вяжущих нового поколения.

Литература:

1. Байдаков О.С. Применение материалов «Mikrodur» для инъекционных работ при укреплении грунтов и усилении конструкций. // Метро и тоннели. — 2005. — № 6. — С. 34–38.
2. Панченко А.И., Харченко И.Я. Особо тонкодисперсное минеральное вяжущее «Микродур»: свойства, технология и перспективы использования // Строительные материалы. — 2005. — № 10. — С. 76–78.
3. Алексеев С.В. Микродур — инъекционное минеральное вяжущее и опыт его применения / Международная научно-техническая конференция «Технологии, оборудование, материалы, нормативное обеспечение и мониторинг для тоннельного строительства и подземных частей высотных зданий». — М.: Тоннельная ассоциация России, 2006. — с. 198–200.

Исследование пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание ртути атомно-абсорбционным методом

Белокаменская Анна Михайловна, аспирант;

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Мазаев Алексей Николаевич, аспирант;

Ребезов Ярослав Максимович; студент

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (Челябинск)

Максимюк Николай Несторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, профессор;

Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Питание является одним из важнейших факторов, опосредующих связь человека с внешней средой и определяющих состояние здоровья населения [1–5]. Рациональное питание создает условия для нормального физического и умственного развития организма, поддерживает высокую работоспособность, оказывает существенное влияние на возможность организма противостоять воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды физической, химической и биологической природы. В то же время пища может быть источником и носителем большого числа потенциально опасных для здоровья человека химических и биологических веществ [6–11]. Из тяжелых металлов, обнаруживаемых в продуктах питания, выделяют: свинец, мышьяк, кадмий, ртуть. Перечисленные химические вещества при хроническом воздействии на организм человека вызывают канцерогенный, мутагенный, эмбриотоксический эффект, нарушение клеточного метаболизма, нарушение развития, крови, болезни гормональной, репродуктивной, иммунной, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, заболевания почек, печени, желудочно-кишечного тракта и кожи. Одним из самых опасных и высокотоксичных элементов является ртуть, обладающая кумулятивными свойствами. Токсичность ртути зависит от вида ее соединений, которые по-разному и всасываются, метаболизируются и выводятся из организма. Наиболее токсичны ни алкилртутные соединения с короткой цепью — метилртуть и этилртуть. Механизм токсического действия ртути связывают с ее взаимодействием с SH-группами белков. Блокируя их, ртуть изменяет свойства или инактивирует ряд жизненно важных ферментов. Неорганические соединения ртути нарушают обмен аскорбиновой кислоты, пиридоксина, кальция, меди, цинка, селена, органические — обмен белков, цистеина, аскорбиновой кислоты, токоферолов, железа, меди, марганца, селена. Клиническая картина хронического отравления организма небольшими дозами ртути получила название микромеркуриализма [12].

Защитным эффектом при воздействии ртути на организм человека обладает цинк и особенно селен. Предполагают, что защитное действие селена обусловлено обра-

зованием нетоксичного селенортутного комплекса за счет деметилирования ртути. Токсичность неорганических соединений ртути снижают аскорбиновая кислота и медь при их повышенном поступлении в организм, органических — протеины, цистин, токоферолы. Избыточное потребление с пищей пиридоксина усиливает токсичность ртути [6, 12, 13].

Рассмотрение и анализ данных практического применения одного из современных методов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание токсичных элементов, в т.ч. ртути является актуальной задачей [14–18].

На базе лаборатории ФФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области в г. Магнитогорске» были осуществлены исследования по определению содержания ртути в пробах продовольственного сырья и пищевых продуктов. Анализ осуществлялся в соответствии с МИ 2740–02 «Массовая концентрация общей ртути в пищевых продуктах и продовольственном сырье. Методика выполнения измерений атомно-абсорбционным методом». Методика включает в себя предварительную подготовку проб путем деструкции «открытым» либо «закрытым» способом. Диапазон измерений от 0,0025 до 0,25 мг/кг включительно. Метод основан на окислении ртути, содержащейся в образце, в двухвалентный ион в кислой среде, восстановлении ее в металлическую форму и замера на атомно-абсорбционном спектрометре. Данный вид атомизации в кварцевой кювете называют методом «холодного пара». При этом восстановление проводят при помощи сильного восстановителя — хлорида олова (SnCl_2) в соляной кислоте. Ртутный атомный пар образуется непосредственно при восстановлении и отгоняется в кварцевую кювету, которая не требует нагревания. Преимуществом данной техники является высокая чувствительность и низкий уровень мешающих влияний матрицы, так как мешающие компоненты остаются в жидкой фазе. Атомный пар в кварцевой кювете просвечивается излучением на длине волны одной из резонансных линий определяемого элемента. Аппаратно данный метод реализуется в виде ртутно-гидридных приставок к атомно-абсорбционному спектрометру.

Таблица 1. Мониторинг результатов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание ртути за последние 5 лет

Год	Итого	Диапазон концентраций, мг/кг				
		менее 0,0025	0,0025–0,005	0,005–0,008	0,008–0,01	0,01–0,05
Группа продуктов — «Мясо и мясные продукты»						
2012	34	18	1	3	12	0
2011	15	6	1	3	5	0
2010	55	32	0	10	13	0
2009	127	93	2	10	22	0
2008	51	23	7	8	13	0
ВСЕГО исследований	282	172	11	34	65	0
Группа продуктов — «Птица и птицеводческие продукты»						
2012	18	10	1	1	6	0
2011	19	11	1	4	3	0
2010	38	27	2	6	3	0
2009	48	33	0	2	13	0
2008	26	17	3	1	5	0
ВСЕГО исследований	149	98	7	14	30	0
Группа продуктов — «Молоко, молочные продукты, включая масло и сметану»						
2012	32	9	16	6	0	1
2011	26	10	13	1	2	0
2010	89	64	22	3	0	0
2009	91	67	16	4	4	0
2008	76	45	29	1	1	0
ВСЕГО исследований	314	195	96	15	7	1
Группа продуктов — «Рыба, рыбные продукты и другие гидробионты»						
2012	35	20	0	4	3	8
2011	20	11	2	3	4	0
2010	19	10	1	2	6	0
2009	47	42	0	1	4	0
2008	27	22	0	0	4	1
ВСЕГО исследований	148	105	3	10	21	9
Группа продуктов — «Хлебобулочные и кондитерские изделия»						
2012	28	13	2	2	11	0
2011	34	15	7	8	3	1
2010	77	51	8	11	7	0
2009	118	82	3	11	22	0
2008	51	7	7	16	21	0
ВСЕГО исследований	308	168	27	48	64	1
Группа продуктов — «Овощи, столовая зелень»						
2012	13	6	3	1	3	0
2011	18	5	5	2	6	0
2010	17	8	2	4	3	0
2009	37	34	0	2	1	0
2008	29	22	0	5	2	0
ВСЕГО исследований	114	75	10	14	15	0

Построение градуировочного графика выполняют по методу наименьших квадратов с помощью программного обеспечения спектрометра. График строят в координатах «интегральное значение абсорбции» — «массовая концентрация ртути» с использованием для аппроксимации данных параболической функции. Концентрация ртути в градуировочных растворах должна находиться в пределах диапазона рабочих концентраций: от 0,1 до

10,0 мкг/дм³ [19–21].

Взаимосвязь между значениями массовой доли ртути X (мг/кг) и получаемом на анализаторе значением массовой концентрации ртути X (мкг/дм³) рассчитывают по формуле (1):

$$X(\text{мг} / \text{кг}) = \frac{X(\text{мкг} / \text{дм}^3) \cdot V(\text{см}^3)}{10^3 \cdot m(\text{г})}, \quad (1)$$

где V — объем мерной колбы; m — масса пробы.

Мониторинг результатов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание ртути за последние 5 лет представлен в таблице 1.

Анализ данных мониторинга результатов исследования проб пищевых продуктов за последние пять лет показывает, что наибольшее число результатов исследований

приходится на диапазоны менее 0,0025 мг/кг. Содержание ртути во всех исследуемых образцах пищевых продуктов и продовольственного сырья не превышает предельно допустимых концентраций, что свидетельствует об отсутствии антропогенного загрязнения и низком уровне поступления этого элемента в организм человека с пищевыми продуктами.

Литература:

1. Наумова Н. Л., Функциональные продукты. Спрос и предложение (монография) / Н.Л. Наумова, М.Б. Ребезов, Е.Я. Варганова. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. — 78 с.
2. Ребезов М.Б. Экология и питание. Проблемы и пути решения. / Ребезов М.Б., Наумова Н.Л., Альхамова Г.К., Лукин А.А., Хайруллин М.Ф. // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 8–2. С. 393–396.
3. Ребезов М.Б. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания. / Ребезов М.Б., Наумова Н.Л., Хайруллин М.Ф., Альхамова Г.К., Лукин А.А. // *Пищевая промышленность*. 2011. № 5. С. 13–15.
4. Наумова Н.Л. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания / Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 4–1. С. 196–200.
5. Тупиков В.А. Элементный состав волос как отражение экологической ситуации / В.А. Тупиков, Н.Л. Наумова, М.Б. Ребезов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура*. 2012. — № 21 (280). — С. 119–122.
6. Белокаменская А.М. Оценка методов инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционного и фотометрического анализа токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (монография) / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов., Зинина О.В., Максимюк Н.Н., Наумова Н.Л. — Челябинск: издат. центр ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), 2012. — 128 с.
7. Белокаменская А.М. Сравнительная оценка методов исследований содержания токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах / А.М. Белокаменская, О.В. Зинина, Л.С. Прохасько, Я.М. Ребезов // *Экономика и бизнес. Взгляд молодых: сборник материалов Международной заочной научно-практической конференции молодых ученых, 3 декабря 2012 г.* — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. С. 236–238.
8. Ребезов М.Б. Контроль качества результата анализа при реализации методик фотоэлектрической фотометрии и инверсионной вольтамперометрии в исследовании проб пищевых продуктов на содержание мышьяка / М.Б. Ребезов, И.В. Зыкова, А.М. Белокаменская, Я.М. Ребезов // *Вестник Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого*. — 2013. — № 71. — Т. 2. — С. 43–48.
9. Белокаменская А.М. Исследование пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание йода методом инверсионной вольтамперометрии / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, Н.Н. Максимюк, Б.К. Асенова // *Сборник научных трудов SWorld: по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013».* — Том 40. — Т. 2. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. — С. 3–7
10. Белокаменская А.М. Исследование содержания токсичных элементов для оценки продовольственного сырья и пищевых продуктов современными методами / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов // *Актуальные проблемы качества и конкурентоспособности товаров и услуг: мат. I междунар. научн.-практ. конф.* — Набережные Челны: НГТТИ, 2013. — с. 17–19
11. Белокаменская А.М. Применение физико-химических методов исследования в лабораториях Челябинской области / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, Я.М. Ребезов, О.В. Зинина // *Молодой учёный*. — 2013. — № 4. — С. 48–53.
12. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания, безопасность и экспертиза продовольственных товаров / В.М. Позняковский — Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1999. — 448 с.
13. Ребезов М.Б. Контроль качества результатов исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание свинца / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, О.В. Зинина, Н.Л. Наумова, Н.Н. Максимюк, А.А. Соловьева, А.А. Солнцева // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. — 2012. — № 1. — Т. 2. — С. 157–162.
14. Белокаменская А.М. Подбор современного оборудования для определения токсичных элементов с целью обеспечения качества испытаний / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов // *Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: мат. XI междунар. научн.-практ. конференции* — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. — С. 292–296.

15. Ребезов М.Б. Влияние добавок и наполнителей на физико-химические показатели сосисок / М.Б. Ребезов, А.Б. Акимжанова // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: в 3 т. Том III: Качество. Экономика. Образование. мат. III всерос. научн.-практ. конф. с междунар. уч. — Челябинск: ЮУрГУ, 2010. — Т. 3. — С. 27–28.
16. Ребезов М.Б. Химический состав аспирационных пылей зерноперерабатывающих и хлебопекарных предприятий / М.Б. Ребезов, Р.Р. Зайнутдинов, В.В. Верхотуров, Ф.Е. Трацковская // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: в 3 т. Том III: Качество. Экономика. Образование. мат. III всерос. научн.-практ. конф. с междунар. уч. — Челябинск: ЮУрГУ, 2010. — Т. 3. — С. 287–290.
17. Ребезов М.Б. Качество и безопасность молочного сырья / М.Б. Ребезов, Г.К. Альхамова, Н.Н. Максимюк, Б.Н. Талеб // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. IV междунар. научн.-практ. конференции. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — С. 278–281.
18. Ребезов М.Б. Мониторинг результатов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание свинца, кадмия и мышьяка / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, А.А. Соловьева, А.С. Доронина, М.Б. Ребезов // Ғылым. Білім. Жастар, Алматы технологиялық университетінің 55-жылдығына арналған республикалық жас ғалымдар конференциясы. — Алматы: АТУ, 2012. — Б. 158–160.
19. МИ 2740–02. Массовая концентрация общей ртути в пищевых продуктах и продовольственном сырье. Методика выполнения измерений атомно-абсорбционным методом. — Казань, 2002. — 10 с.
20. Ребезов М.Б. Контроль качества результатов определения кадмия в пищевых продуктах методом инверсионной вольтамперометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, А.Н. Мазаев, Я.М. Ребезов, Н.Н. Максимюк // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій Міністерство освіти і науки України. — Одеса: ОНАХТ, 2012. — Вип. 42. — Т. 2. — С. 378–384.
21. Ребезов М.Б. Контроль качества результатов анализа пищевых продуктов (при реализации методик фотоэлектрической колориметрии и инверсионной вольтамперометрии) / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, Н.Н. Максимюк, А.Н. Мазаев, Я.М. Ребезов // Тамақ, жеңіл өнеркәсіптері мен қонақжайлылық индустриясының, Алматы технологиялық университетінің 55 жылдығына арналған: мат. халықаралық ғылыми-тәжірибелік конф. — Алматы: АТУ, 2012. — Б. 284–287.

Совершенствование методов контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции

Боган Владимир Иванович, аспирант;

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Гайсина Алина Раисовна, студент

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Максимюк Николай Несторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, профессор

Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Расширение используемых методов анализа, появление новых методов в аналитической химии приводит к изменению структуры применяемых физико-химических методов и увеличению объемов проводимых лабораториями исследований.

Ключевые слова: физико-химические методы, лабораторные методы исследования, аналитическая химия, биотехнология.

В последнее время уделяется большое внимание контролю качества продовольственного сырья и пищевой продукции, и одними из основных показателей качества является содержание нитратов и солей тяжелых металлов [1 – 11]. Для определения содержания вредных, биологически активных веществ в продоволь-

ственном сырье и пищевой продукции широко применяются химические, физические и физико-химические методы анализа и измерений. В основе, которых лежат различные принципы воздействия на исследуемый продукт и получение отклика — аналитического сигнала. Разработанное нами техническое решение направлено

на улучшение и упрощение методики контроля качества, область применения — повышения качества продовольственного сырья и пищевой продукции, регулируя уровень содержания веществ в ходе технологического процесса их производства, а так же контролируя их в конечных продуктах.

Преимуществами предложенного метода является простота исполнения и повышение качества анализа. На результаты определения не влияет состав исследуемого образца («фона»), а так же значительно снижается инструментальная ошибка определения. В методике используются приборы (рН-метр и бюретки), которые используются в любых лабораториях по контролю качества.

В основе технического решения лежит разработанный нами потенциометрический способ определения вещества методом двойной добавки, который реализуется в двух вариантах:

1 способ: сущность метода заключается в том, что в измерительную ячейку помещают V_x миллилитров испытуемой пробы с неизвестной концентрацией определяемого вещества (s_x) и после измерения потенциала индикаторного электрода (E_x) дважды добавляют к этому раствору неодинаковые объёмы (V_1 и V_2) стандартного раствора содержащего определяемый компонент, концентрация которой известна (c_{st}). Объёмы отмеряют так, чтобы на каждом шаге добавления стандартного раствора соляной кислоты потенциал анализируемого раствора увеличился бы на определённую и одинаковую величину ΔE . Неизвестную концентрацию s_x находят при подстановке измеренных значений V_1 и V_2 в разработанное и экспериментально проверенное уравнение [12].

2 способ: сущность метода заключается в том, что в измерительную ячейку помещают V_x миллилитров испытуемой пробы с неизвестной концентрацией определяемого вещества (s_x) и после измерения потенциала индикаторного электрода (E_x) дважды добавляют к этому раствору одинаковые объёмы (V_1 и V_2) стандартного раствора содержащего определяемый компонент, концентрация которой известна (c_{st}), после каждого внесения добавки записывают показание рН-метра E_1 и E_2 . Неизвестную концентрацию s_x находят при подстановке измеренных значений V_1 и V_2 в разработанное и экспериментально проверенное уравнение [13].

Для исследования нами были выбраны ионселективные электроды марки ЭЛИС, такие как ЭЛИС-131Cu, ЭЛИС-131Cd, ЭЛИС-131Pb, ЭЛИС-121NO₃, которые предназначены для измерения активности ионов меди (II), кадмия (II), свинца (II) и нитрат-ионов соответственно.

Электроды ЭЛИС-131Cu, ЭЛИС-131Cd, ЭЛИС-131Pb чувствительны к присутствию мешающих ионов, вследствие химического сродства к материалу мембраны ионселективного электрода и в растворе сложного состава (содержащего все представленные ионы) не возможно определить индивидуальную концентрацию определённого иона, в связи с одинаковой химической природой мешающие ионы нельзя замаскировать.

При использовании электрода ЭЛИС-121NO₃, мешающее влияние оказывают сульфат и хлорид ионы, влияние которых может быть исключено использованием соответствующих буферных растворов.

При использовании соответствующего способа анализа электрод ЭЛИС-131Pb можно использовать для определения общего содержания всех ионов Hg²⁺, Ag⁺, Cu²⁺, Cd²⁺, Fe³⁺, Pb²⁺, электрод ЭЛИС-131Cd для общего определения ионов Hg²⁺, Ag⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺ и электрод ЭЛИС-131Cu для общего определения ионов Hg²⁺, Ag⁺, Fe³⁺, Cu²⁺.

Следовательно по результатам трех определений, можно косвенно вычислить содержание ионов железа (III), если из результатов анализа с электродом ЭЛИС-131Pb вычесть результаты анализа с электродом ЭЛИС-131Cd, т.е. используя электрод ЭЛИС-131Cd как электрод сравнения совместно с электродом ЭЛИС-131Pb, и суммарную концентрацию кадмия и свинца, если из результатов анализа с электродом ЭЛИС-131Cd вычесть результаты анализа с электродом ЭЛИС-131Cu в ацетатном буферном растворе, т.е. используя электрод ЭЛИС-131Cu как электрод сравнения совместно с электродом ЭЛИС-131Cd, или если из результатов анализа с электродом ЭЛИС-131Pb вычесть результаты анализа с электродом ЭЛИС-131Cu, т.е. используя электрод ЭЛИС-131Cu как электрод сравнения совместно с электродом ЭЛИС-131Pb.

Для определения качественных и количественных показателей потенциометрического определения тяжелых металлов и нитратов, был проведен ряд лабораторных исследований по изучению влияния различных факторов на результаты измерений. Все полученные данные мы объединили в общие серии по результатам, которых можно оценить возможность использования того или иного потенциометрического метода, в качестве объекта исследования использовались стандартные растворы определяемых веществ приближенные по составу к исследуемым образцам, содержание определяемого иона задавалось на минимальном уровне чувствительности электродов.

Вследствие того, что пробоподготовка для определения тяжелых металлов может проходить с помощью «мокрого» озоления с использованием концентрированных минеральных кислот, необходимо оценить влияния кислотности конечного анализируемого раствора на чувствительность ионселективных электродов. В технических характеристиках к электродам указано, что величина рН анализируемого раствора должна быть от 3 до 6, в качестве вещества задающего величину рН от 3 до 5 мы взяли серную кислоту, а для рН = 6 и в качестве контроля свежее-перегнанная дегазированная дистиллированная вода.

Чувствительность оценивалась по величине крутизны электродной функции. Для этого готовилась серия растворов с концентрациями определяемого иона $1 \cdot 10^{-6}$, $1 \cdot 10^{-5}$ и $1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ и различной величиной рН, которая задавалась концентрацией ионов H⁺ соответ-

Таблица 1. Зависимость крутизны электродной функции от величины pH

Электрод	pH ≈ 3	pH ≈ 4	pH ≈ 5	pH ≈ 6
ЭЛИС-131Cu	-25,27 мВ/рCu	-26,45 мВ/рCu	-27,15 мВ/рCu	-27,80 мВ/рCu
ЭЛИС-131Cd	-24,25 мВ/рCd	-26,65 мВ/рCd	-28,15 мВ/рCd	-28,75 мВ/рCd
ЭЛИС-131Pb	-24,35 мВ/рPb	-25,95 мВ/рPb	-27,85 мВ/рPb	-28,00 мВ/рPb

Таблица 2. Значение крутизны электродной функции для ацетатного буферного раствора

Электрод	pH = 6 (буфер)
ЭЛИС-131Cu	-27,57 мВ/рCu
ЭЛИС-131Cd	-28,00 мВ/рCd
ЭЛИС-131Pb	-27,80 мВ/рPb

Таблица 3. Значение крутизны электродной функции для буферных растворов

Буфер	S, мВ/рNO ₃
1% раствор алюмокалиевых квасцов	57,3
буфер на основе сульфата серебра и сульфата калия	53,2

венно $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³ на фоне БРОИС $0,1$ моль/дм³ KNO₃. Для каждой серии построили градуировочные графики в координатах E, мВ — рХ, угол наклона которого соответствует величине крутизны электродной функции (S). Полученные результаты представлены в таблице 1.

Как следует из полученных результатов наибольшее значения S соответствует диапазону pH ≈ 5–6.

Для того чтобы поддерживать кислотность анализируемого раствора в заданном интервале pH используем ацетатный буферный раствор с pH = 6, так как с компонентами других буферных смесей определяемые ионы кадмия, свинца и меди образуют малодиссоциирующие соединения.

По аналогии, определим значение величину крутизны электродной функции при использовании буферной смеси, полученные значения приведены в таблице 2.

При определении содержания тяжелых металлов методом градуировочного графика погрешность определения составляет 25% при стандартном отклонении 50%. Это обусловлено не постоянством стандартного электродного потенциала электродов от серии к серии, при практически не изменой величине крутизны электродной функции.

Таким образом, наиболее целесообразно для дальнейших исследований использовать метод стандартных добавок, в котором при обработки результатов анализа величина стандартного электродного потенциала электродов не учитывается.

При использовании метода стандартных добавок погрешность определения составляет 15% при стандар-

тном отклонении 3%. Для определения чувствительность электрода ЭЛИС-121NO₃ в присутствии БРОИС, оценили величину крутизны электродной функции на фоне 1% раствора алюмокалиевых квасцов и буфера на основе сульфата серебра и сульфата калия. Для этого готовилась серия растворов с концентрациями определяемого иона $1 \cdot 10^{-5}$, $1 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³ на фоне БРОИС.

Для каждой серии построили градуировочные графики в координатах E, мВ — рNO₃, угол наклона которого соответствует величине крутизны электродной функции (S). Полученные результаты представлены в таблице 3.

При определении содержания нитрат-ионов методом градуировочного графика погрешность определения составляет 10% при стандартном отклонении 5%, а при использовании метода стандартных добавок погрешность определения составляет 5% при стандартном отклонении 3%.

Благодаря использованию экспрессного потенциометрического метода контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции сокращаются сроки проведения экспертизы, уменьшаются затраты на проведения и увеличивается точность анализа [14].

Возможно, использование данного метода для контроля качества продуктов и сырья в полевых условиях с использованием переносных pH-метров. Предложенный алгоритм расчетов концентрации исследуемого вещества может быть реализован для анализа жидких образцов с помощью автоматических поточных анализаторов (титраторов).

Литература:

1. Белокаменская А. М. Оценка методов инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционного и фотометрического анализа токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (монография) / А. М. Белокаменская, М. Б. Ребезов., Зинина О. В., Максимюк Н. Н., Наумова Н. Л. — Челябинск: издат. центр ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), 2012. — 128 с.
2. Белокаменская А. М. Сравнительная оценка методов исследований содержания токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах / А. М. Белокаменская, О. В. Зинина, Л. С. Прохасько, Я. М. Ребезов // Экономика и бизнес. Взгляд молодых: сборник материалов Международной заочной научно-практической конференции молодых ученых, 3 декабря 2012 г. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. С. 236–238.
3. Ребезов М. Б. Контроль качества результата анализа при реализации методик фотоэлектрической фотометрии и инверсионной вольтамперометрии в исследовании проб пищевых продуктов на содержание мышьяка / М. Б. Ребезов, И. В. Зыкова, А. М. Белокаменская, Я. М. Ребезов // Вестник Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого. — 2013. — № 71. — Т. 2. — С. 43–48.
4. Белокаменская А. М. Исследование пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание йода методом инверсионной вольтамперометрии / А. М. Белокаменская, М. Б. Ребезов, Н. Н. Максимюк, Б. К. Асенова // Сборник научных трудов SWorld: по материалам международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013». — Том 40. — Т. 2. — Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. — С. 3–7
5. Белокаменская А. М. Исследование содержания токсичных элементов для оценки продовольственного сырья и пищевых продуктов современными методами / А. М. Белокаменская, М. Б. Ребезов // Актуальные проблемы качества и конкурентоспособности товаров и услуг: мат. I междунар. научн.-практ. конф. — Набережные Челны: НГТТИ, 2013. — с. 17–19
6. Белокаменская А. М. Применение физико-химических методов исследования в лабораториях Челябинской области / А. М. Белокаменская, М. Б. Ребезов, Я. М. Ребезов, О. В. Зинина // Молодой ученый. — 2013. — № 4. — С. 48–53.
7. Ребезов М. Б. Контроль качества результатов исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание свинца / М. Б. Ребезов, А. М. Белокаменская, О. В. Зинина, Н. Л. Наумова, Н. Н. Максимюк, А. А. Соловьева, А. А. Солнцева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. — 2012. — № 1. — Т. 2. — С. 157–162.
8. Белокаменская А. М. Подбор современного оборудования для определения токсичных элементов с целью обеспечения качества испытаний / А. М. Белокаменская, М. Б. Ребезов // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: мат. XI междунар. научн.-практ. конференции — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. — С. 292–296.
9. Ребезов М. Б. Мониторинг результатов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание свинца, кадмия и мышьяка / М. Б. Ребезов, А. М. Белокаменская, А. А. Соловьева, А. С. Доронина, М. Б. Ребезов // Ғылым. Білім. Жастар, Алматы технологиялық университетінің 55-жылдығына арналған республикалық жас ғалымдар конференциясы. — Алматы: АТУ, 2012. — Б. 158–160.
10. Ребезов М. Б. Контроль качества результатов определения кадмия в пищевых продуктах методом инверсионной вольтамперометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии / М. Б. Ребезов, А. М. Белокаменская, А. Н. Мазаев, Я. М. Ребезов, Н. Н. Максимюк // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. — Одеса: ОНАХТ, 2012. — Вип. 42. — Т. 2. — С. 378–384.
11. Ребезов М. Б. Контроль качества результатов анализа пищевых продуктов (при реализации методик фотоэлектрической колориметрии и инверсионной вольтамперометрии) / М. Б. Ребезов, А. М. Белокаменская, Н. Н. Максимюк, А. Н. Мазаев, Я. М. Ребезов // Тамақ, жеңіл өнеркәсіптері мен қонақжайлылық индустриясының, Алматы технологиялық университетінің 55 жылдығына арналған: мат. халықаралық ғылыми-тәжірибелік конф. — Алматы: АТУ, 2012. — Б. 284–287.
12. Патент № 2413211 Российская Федерация, МПК G01N27/42. Способ потенциометрического определения вещества / Голованов В. И., Боган В. И.; заявитель и патентообладатель «Южно-Уральский государственный университет». — № 2009147066/28; заявл. 17.12.2009; опубл. 27.02.2011.
13. Заявка на патент № 2011132706 Российская Федерация. Способ потенциометрического определения вещества / Голованов В. И., Боган В. И.; заявитель и патентообладатель «Южно-Уральский государственный университет». заявл. 03.08.2011.
14. Метод двойной стандартной добавок как способ контроля правильности определения нитрата в воде потенциометрическим методом. / Голованов В. И., Боган В. И. Научный совет РАН по аналитической химии Эколого-

аналитическая ассоциация «Экоаналитика» Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН «Методы анализа и контроля качества воды». — М., 2012. — 51 с.

Некоторые подходы к анализу и синтезу сложных систем

Будылина Евгения Александровна, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель
Московский государственный машиностроительный университет

Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, доцент;
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор;
Сухов Ярослав Игоревич, студент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Системный объект в наиболее общем виде обладает свойствами:

- создается ради определенной цели и в процессе достижения этой цели функционирует и развивается (изменяется);

- управление системой осуществляется по информации о состоянии объекта и внешней среды на основе моделирования поведения рассматриваемой системы;

- состоит из взаимосвязанных компонентов, выполняющих определенные функции в его составе;

- свойства системного объекта не исчерпываются суммой свойств его компонентов; все компоненты при их совместном функционировании обеспечивают новое свойство, которым не обладает в отдельности каждый из компонентов (возможность управления свойствами целостной системы).

Таким образом, фактически проектирование системы сводится к построению ее сложной модели [1..3]. Предполагается, что компоненты системы в свою очередь могут рассматриваться как системы. Проектируемая система является компонентом системы более высокого порядка (надсистемы). Определяется иерархия систем — расположение частей или элементов целого в порядке от высшего к низшему. Проект системы объединяет частные, взаимосвязанные, взаимообусловленные модели. Отражает значительное число параметров и связей между ними, не всегда простых для формализованного описания. В этом смысле о проекте системы можно говорить, как о большой сложной модели, отражающей все свойства будущей реальной системы. Проект представляет собой ряд зависимостей между целями проектирования, возможными целями их достижения, окружающей средой и ресурсами.

Многоуровневая иерархическая структура критериев качества [4] сложной системы приводит к необходимости решения задачи многокритериальной оптимизации в условиях неопределенностей целей. Критерии качества системы должны давать количественную оценку. Интересующая характеристика системы может определяться различными способами, как прямыми измерениями, так и на основе косвенных измерений. Предпочтение, естест-

венно, отдается методу, требующему простых измерений и легкой интерпретации результатов и их формализации. Выбор целевой функции (формализация цели) всегда или почти всегда — большая проблема. Цели часто оказываются противоречащими друг другу. Несмотря на кажущуюся бессмысленность, фраза «добиться максимума производства с минимумом затрат» правильно отражает тенденции, интересы оперирующей стороны. Рассмотренная ситуация типична: она показывает, что, даже зная цели оперирующей стороны, исследователь операции ещё не может приступить к решению оптимизационной задачи. Для того чтобы свести задачу исследования операции к стандартной задаче оптимизации, необходимо сформулировать и дополнительные гипотезы, не вытекающие из постановки задачи.

Как сформулировать единую цель, если критериев много:

$$q_1(\mathbf{x}) \rightarrow \max, q_2(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \dots, q_m(\mathbf{x}) \rightarrow \max,$$

а ресурс для их достижения находится только в «одних руках»? Здесь математика не может дать однозначного ответа на этот вопрос, но может помочь принять решение и сделать правильный выбор. В этом заключается и проблема основная проблема многокритериальности (неопределённости целей). Она типична при проектировании сложной системы (объекта) различной природы. Одновременная оптимизация по всем критериям невозможна в принципе; возможен лишь некоторый компромисс в сочетании требуемых качеств. Например, пусть целевая вектор-функция $\mathbf{q}(x) = (q_1(x), q_2(x))$, x — единственный управляемый фактор (рис. 1). Решением оптимизационной задачи $q_1(x) \rightarrow \max$ при ограничении

$$q_2(x) \geq (q_2^*)_1 \text{ будет } x = a_1, (q_{1m})_1 = q_1(a_1);$$

$$\text{а при ограничении } q_2(x) \geq (q_2^*)_2 \text{ будем иметь } x = a_2, (q_{1m})_2 = q_1(a_2).$$

Решения же при ограничениях $q_1(x) \geq q_1^*$; $q_2(x) \geq (q_2^*)_2$ вовсе нет, так как интервалы $[a_3, b_3]$ и $[a_2, b_2]$ не перекрываются. Если возможна расстановка приоритетов

в критериях качества, задача сводится к однокритериальной оптимизации.

Основным методом исследования является математическое моделирование (фактически всегда итеративное), в том числе имитация процессов функционирования системы. Разработка математических моделей начинается с оценки функциональных характеристик, являющихся показателями эффективности, надёжности, помехозащищенности, качества управления и других важных свойств (формально представляются некоторыми функционалами). Далее методами структурного анализа (частные свойства количественно оцениваются структурными характеристиками системы) в системе выделяются подсистемы, находящиеся в заданных отношениях, что дает возможность представить систему в виде совокупности объектов с хорошо изученными типичными структурами. Выделяются типичные режимы функционирования, проводится оценка достижимости, управляемости и наблюдаемости, анализируется асимптотическое поведение.

Очевидны преимущества построения математической модели системы на принципах системного анализа с использованием гибкой модульной структуры [5] и с возможностью оптимизации взаимосвязей при максимально возможной унификации модулей по классам систем (для конкретной характеристики объекта используются оригинальные отдельные модули). Естественно, структурная и параметрическая идентификация с корректировкой характеристик системы при обязательном учете экспериментальных данных, должны осуществляться с требуемой точностью моделирования характеристик. Методика идентификации должна быть увязана с перечнем рассматриваемых характеристик систем (ее структуры и свойств); должен быть разработан перечень допустимых отклонений характеристик модели от характеристик разрабатываемого объекта и методика корректировки характеристик частных моделей (модулей) для устранения указанных отклонений [6,7].

Эффективность математического моделирования при синтезе сложных систем в значительной степени опреде-

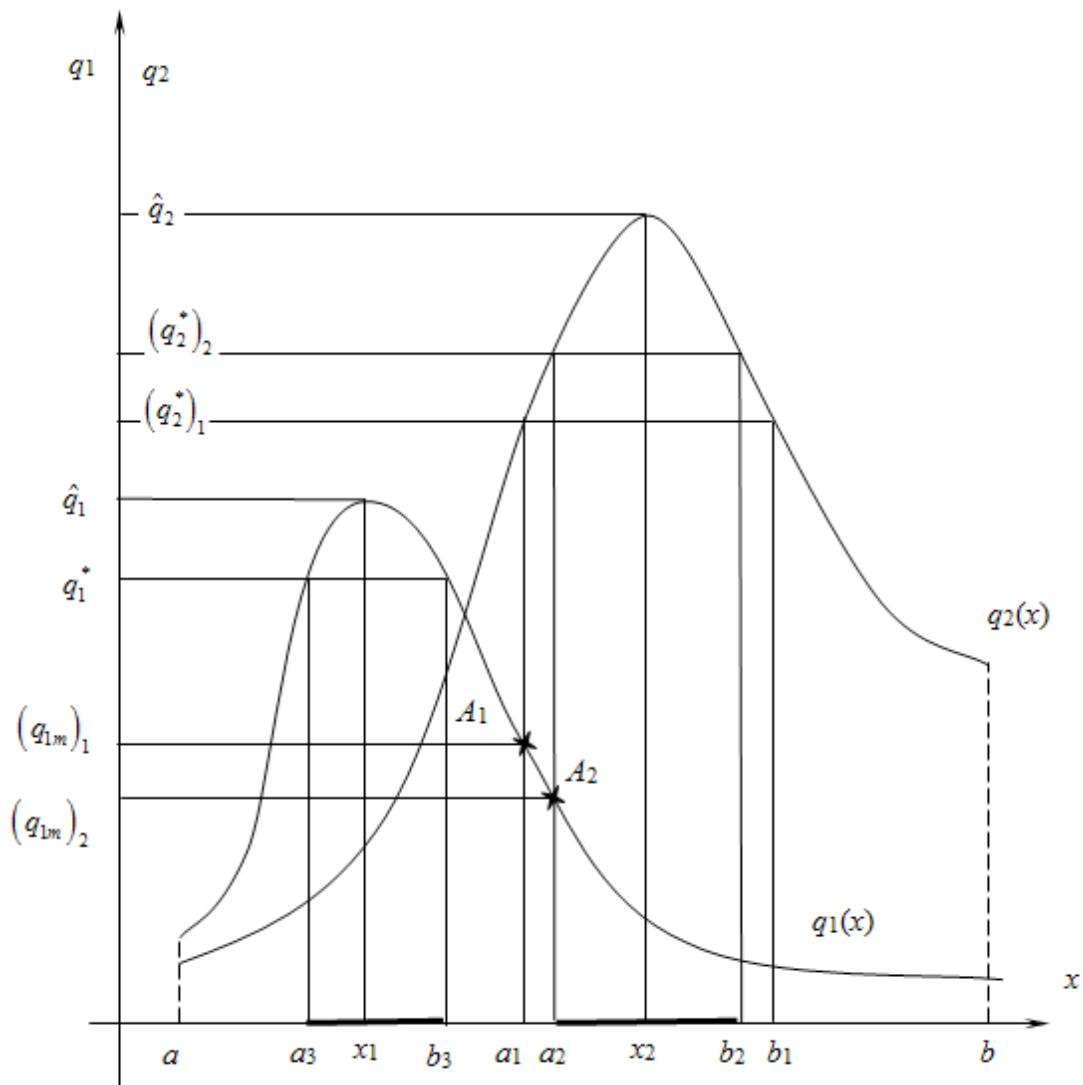


Рис. 1. Двухкритериальная задача при одном управляемом факторе

ляется тем, насколько точно разработанная иерархическая структура системы отражает взаимодействие между элементами и подсистемами на разных уровнях иерархии. Первичной при проектировании сложной системы является иерархическая структура критериев качества. При необходимости детализация исследуемого объекта производится на ее основе. Учитываются установленные связи между частными критериями качества (свойства системы), элементный состав системы и межэлементные взаимодействия. Нередко взаимодействия включают в состав частных критериев, что неправомерно, хотя именно на основе изучения взаимодействий и определяется иерархическая структура собственно системы. Часто не делают различия между элементами иерархических структур критериев качества и собственно системы; элемент системы нельзя рассматривать как элемент некоторого уровня иерархической структуры критериев качества. Разработка иерархических структур, как критериев качества, так и собственно системы, зависит от уровня изучения межэлементных взаимодействий в системе. Так что решение задачи синтеза сложной системы, в основном, определяется степенью изученности взаимодействий между ее элементами. Детализация иерархической структуры критериев качества — задача более простая, чем детализация структуры самой системы. В этом и состоит главная концепция системного подхода, предполагающего познание системы не только, изучая его части, но и рассматривая систему одновременно во всем комплексе проблем и на всех уровнях организации, в том числе — с учетом влияния внешней среды. Каждая из подсистем выполняет в системе некоторую обобщенную функцию. В целостной

сложной системе изменение любого элемента оказывает воздействие на другие элементы системы и ведет к ее изменению. Этим-то и объясняется невозможность разложения целостной системы на отдельные компоненты без потери ее интегративных (системообразующих) свойств.

Как и любая другая научная методология, системный подход опирается на эксперимент и ориентирован на выявление закономерностей, непосредственно следующих из наблюдений и экспериментов, поставленных на основе принятой исследователем теоретической концепции, исходя из целей и задач исследователя (носят прагматический характер). Созданная на основе выявленных факторов и закономерностей модель (модели) объекта фактически заменяет теорию и становится источником последующих выводов и гипотез. Декомпозиция системы субъективна; выбором разбиения системы на подсистемы определяется простота модели системы и возможность ее использования для последующего анализа и прогнозирования ее поведения.

Подытоживая, отметим, возможность представления сложной системы конечным множеством моделей, позволяющих исследовать определенное свойство или группу ее свойств по одной или нескольким упрощенным (узкоориентированным) моделям (должны быть проще системы). Создание полной модели для сложной системы практически бесполезно, ибо она будет столь же сложной, как и сама система.

Непосредственные реализации предложенных подходов к анализу и синтезу сложных систем, имеющих модульную иерархическую структуру, подробно рассматривались в [1–7].

Литература:

1. Данилов А. М., Гарькина И. А. Методология проектирования сложных систем при разработке материалов специального назначения / Известия ВУЗов Строительство. 2011. № 1. — с. 80–85.
2. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Махонин А. С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях / Молодой ученый. — № 5. 2013. — с. 42–45.
3. Гарькина И. А., Данилов А. М. Управление в сложных технических системах: методологические принципы проектирования / Региональная архитектура и строительство. — № 1. 2012. — с. 39–42.
4. Прошин А. П., Данилов А. М., Гарькина И. А., Королев Е. В. А., Смирнов В. А. Синтез строительных материалов со специальными свойствами на основе системного подхода / Известия ВУЗов. — № 7. — 2003. — с. 43–47.
5. Гарькина И. А., Данилов А. М., Лапшин Э. В., Юрков Н. К. Системные методологии, идентификация систем и теории управления: промышленные и аэрокосмические приложения / Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2009. № 1. — с. 3–11.
6. Данилов А. М., Домке Э. Р., Гарькина И. А. Формализация оценки оператором характеристик объекта управления / Информационные системы и технологии. 2012 № 2 — с. 5–10.
7. Гарькина И. А., Данилов А. М., Смирнов В. А. Флокуляция в дисперсных системах / Системы управления и информационные технологии. 2009. № 2.3 (32). — С. 344–346.

Сельский солнечный дом с гелиотеплицами, солнечными батареями и водонагревательной установкой

Вардияшвили Афтандил Аскарлович, кандидат технических наук, доцент
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Хужакулов Сайдулла Мирзаевич, старший преподаватель
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Вардияшвили Асфандияр Аскарлович, преподаватель;
Вардияшвили Аскар Билал оглы, доктор технических наук, профессор
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

В Узбекистане накоплен значительный опыт проведения научных и экспериментальных исследований в области применения альтернативных источников энергии, прежде всего солнечной энергии, по которым разработки проводятся в течение многих десятилетий.

Ежегодный прирост потребностей человечества во всем мире на электрическую энергию и глобальные проблемы экологии представляют актуальность разработки и внедрения источников альтернативной энергетики. Источниками альтернативной энергетики, разработанными и внедренными по настоящее время являются: энергии солнца, ветра, воды, биомассы, геотермальных вод. Как подчеркнуто в Указе Президент РУз «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии» от 1 марта 2013 года перспективным для нашей Солнечной страны являются использование солнечной энергии и биотоплива.

В связи с растущим дефицитом органического топлива (нефти, газа) и обострением проблемы охраны окружающей среды в настоящее время за рубежом и у нас в республике вопрос об использовании возобновляемых и нетрадиционных источников энергии стал более актуальной проблемой. Результаты многолетних исследований показывают, что использование энергии Солнца и нетрадиционных источников энергии для получения холода, для теплохладоснабжения теплиц, охлаждения домов является наиболее естественным, экологически чистым и экономически целесообразным способом.

Целью работы является разработка принципиальной схемы солнечного дома с гелиотеплицами, солнечными батареями и солнечной водонагревательной установки для горячего водоснабжения отопления и освещения помещения площадью 100 м².

Энергетическая политика XXI века будет основываться на использовании нетрадиционных, возобновляемых, экологически чистых источников энергии: солнечная энергия, энергия биогаза, ветра, тепло Земли, воды, наружного воздуха и т.п. Одним из значительных подтверждений этого тезиса является одобренная Комиссией Европейских сообществ в начале 2008 года программа по борьбе

с глобальным изменением климата, предусматривающая увеличение доли использования возобновляемых источников энергии с 8,5 до 20 % [1].

Общий поток энергии E , излучаемой Солнцем во всех длинах волн в окружающее пространство, составляет $3,86 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$ ($3,86 \cdot 10^{33} \text{ эрг/с}$).

Земля получает от Солнца $1,57 \cdot 10^{18}$ кВт.ч/год энергии, что в десятки тысяч раз больше энергии, чем годового потребления человечеством всех видов энергии [1].

Как показывают результаты многолетних исследований, в южных районах республики, почти весь жаркий период года (апрель-октябрь), характеризуется устойчивой и сухой погодой. В этот период интенсивность солнечного излучения — освещенность достигает до $850\text{--}900 \text{ Вт/м}^2$ а влагосодержание воздуха колеблется в пределах $5\text{--}15 \text{ г/кг}$, т.е. имеет высокий термодинамический потенциал сушки, что создает благоприятные условия для отопления домов и зданий подогрева и опреснения воды, сушки фруктов, табака, древесины и других материалов [2].

В солнечных теплицах в режиме работы с использованием теплоты дымовых газов от малой котельной экономия энергии составляет $55\text{--}65\%$ т.е. $30\text{--}32 \text{ кг. у.т./м}^2$ инвентарной площади теплицы. При сушке сельхозпродуктов в солнечных сушильных установках с 1 кв. метра экономия топлива составляет $10\text{--}13 \text{ м}^3$ /день природного газа. Водонагреватель в летний период при солнечной радиации $700\text{--}800 \text{ Вт/м}^2$ и наружной температуре атмосферы $30\text{--}32 \text{ }^\circ\text{C}$, позволяет получить с каждого квадратного метра поверхности $1200\text{--}1400 \text{ кДж}$ тепла с температурой горячей воды $50\text{--}55^\circ\text{C}$, в условия г. Карши, составляет $0,18\text{--}0,2 \text{ т.у.т/год}$ [2].

Выращивание овощей в условиях защищенного грунта является весьма энергоемким процессом, требующим значительных расходов дефицитных энергоресурсов.

Снижение энергозатрат на эти цели, в том числе за счет применения солнечной энергии, и отходного тепла теплогенерирующих установок являются одним из путей энергосбережения, особенно в условиях перехода к рыночным

отношениям. Так, в среднем по республике на обогреве 1 га защищенного грунта требуется до 4 Гкал/час или более 560 т.у.т./час.

Так, для теплоснабжения одного тепличного комбината площадью 6 га в год расходуется до 5 млн. м³ или 6,4 тыс. т.у.т. При этом надо учесть, что до 30% общей потребности в тепле покрывается за счёт использования солнечной энергии [2]. В работе рассматривается вопрос использования продуктов сгорания газового топлива для обогрева теплиц и подкормки растений углекислотой, т. е. подача отходящих дымовых газов с содержанием 10–12% углекислого газа от малой котельной, работающей на природном газе Шуртанского месторождения, где используются одновременно охлажденные дымовые газы для подкормки растений и тепло для обогрева теплицы с целью обеспечения прохождения нормального фотосинтеза. Для климатических условий Республики потреблении тепловой энергии, выраженное в натуральных показателях расхода условной топливы (кг/м²), составляет: при выращивании томатов 55–75; огурцов 50–70; и роз 45–55.

Из общего потребления тепловой энергии в ночное время расходуется 75%, днем 25%. Теплотери в теплицах состоят из потерь через ограждающие конструкции и грунт. Коэффициент теплопроводности однослойного стеклянного ограждения составляет 6,33 Вт/м² °С, двухслойного стеклянного ограждения 3,4 Вт/м² °С, двухслойной полиэтиленовой пленки 5,1 Вт/м² °С. Самым эффективным способом снижения затрат на отопление теплиц считаются двухслойные стационарные ограждения. В воздушной прослойке с толщиной не менее 10 мм отсутствует циркуляция воздуха, является эффективной теплоизоляцией, снижается её теплопроводность в два раза. По сравнению с одинарным остеклением экономия энергии составляет 30–40% [2, 5].

Отдача тепла трубной системой обогрева при температуре теплоносителя 60–80°С осуществляется на 50% излучением и на 59% конвекцией. Эффективность системы обогрева с низким расположением труб в зоне роста растений достигает 10%.

В условиях работы теплицы площадью 200 м² при использовании отходящих газов от котельных, работающих на природном газе концентрацию углекислого газа в воздухе внутри теплицы установили на уровне 0,2÷0,3%, т. е. в десять раз больше природной с содержащем 10÷12 углекислого газа, из расчета 10÷20 г на 1 м³ объема теплицы.

Следует отметить что, в солнечной теплице в режиме работы с использованием теплоты дымовых газов от малой котельной экономия энергозатрат составляет 45÷55%, т. е. 25÷30 кг. усл. т/м² инвентарной площади теплицы [5].

Нами разработан способ комбинированного использования солнечной энергии и вторичных энергоресурсов в гелиотехническом комплексе «теплица — солнечный сельский дом» с целью экономии энергии и утилизации дымовых газов в контактных теплообменниках.

Наиболее приемлемым вариантом с позиции энергетического анализа является режим одновременно существующей потребности в охлаждении и отоплении оба потребителя могут быть соединены друг с другом посредством теплового насоса. Периоды кондиционирования воздуха в солнечном сельском доме и эксплуатации теплиц хорошо сочетаются, так как один из них — теплица является потребителем тепла а другой — требует охлаждения (рис. 1).

В совместной системе тепло- и хладоснабжения теплиц и солнечного сельского дома 18 тепловой насос (ТН) 14 устанавливается между солнечным домом 18, и теплицы 12. Солнечный дом 18, охлаждается с ТН, 14

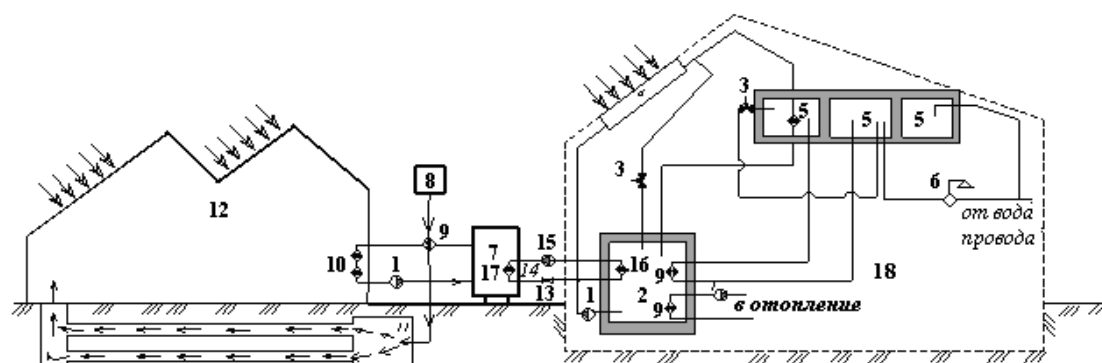


Рис. 1. Принципиальная схема системы тепло- и холодоснабжения солнечного сельского дома с гелиотеплицами: 1-циркуляционный насос; 2-аккумулирующий бак горячей воды; 3-электромагнитные вентили; 4-солнечный водонагреватель; 5-бак горячей воды для теплоснабжения сельского дома; 6-потребитель горячей воды; 7-бак горячей воды для системы отопления теплицы; 8-малая котельная — источник тепла дымовых газов; 9-водяной теплообменник; 10-отопительный прибор; 11-внутрипочвенный теплоаккумулирующий канал; 12-солнечная теплица; 13-регулирующий вентиль теплового насоса; 14-теплонасосная установка; 15-компрессор теплового насоса; 16-испаритель теплового насоса; 17-конденсатор теплового насоса; 18-солнечный сельский дом.

тепла вентиляционных выбросов отнимается испарителем ТН 16. Затем пары хладагента сжимается в компрессоре 15 и становится перегретым. Конденсатор ТН 17 погружен в бак — аккумулятор 2, где происходит конденсация паров хладагента и вода нагревается до $50 \div 60^\circ\text{C}$. С помощью циркуляционного насоса 1 горячая вода из бака — аккумулятора 2 проходит через водяной теплообменник 9, где вторично нагревается отходными дымовыми газами 8, до температуры $90 \div 100^\circ\text{C}$ и поступает в отопительный прибор 10 теплицы. При необходимости охлажденные продукты сгорания 8 можно подавать через внутрипочвенный теплоаккумулирующий канал 11, и затем в теплицу для подкормки растений углекислым газом. Солнечный водонагреватель 4 предназначен для отопления солнечного дома и регулируются вентилями 3 и 13. Солнечная батарея 5 м^2 площадью, представляет собой последовательно-параллельное соединение отдельных кремниевых фото преобразователей, устанавливается на крыше солнечного сельского дома площадью 100 м^2 для обеспечения его освещением в течение всего года.

Концентрация углекислого газа в воздухе внутри теплицы устанавливается на уровне $0,2 \div 0,4\%$ при подаче отходящих дымовых газов от котельных из расчета $10 \div 20 \text{ г}$ на 1 м^3 объема теплицы в день в отопительный период.

На гелиополигоне, на котором размещены опытные гелиотеплицы с теплоаккумулирующей системой, солнечные опреснители, солнечные водонагреватели с баком аккумулятором, воздухонагреватели и др., выполняются экспериментальные работы по теплотехнике, холодильной технике, отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха, которые позволяют получить экспериментально-теоретические результаты по исследованию теплиц, опреснителей и солнечных домов.

Использование солнечной энергии в теплицах, и солнечном доме может с экономить значительную часть энергии, но всё же её недостаточно для полного теплового обеспечения.

Литература:

1. Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А. и др. Ресурса и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. / С пб; Наука, 2007 г. — 314 с.
2. Возобновляемые источники энергии. / В кн.: Первое национальное сообщение Республики Узбекистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Фаза 2. Главное Управление по гидрометеорологии при КМ Республики Узбекистан — Ташкент, 2001. — С. 34–36.
3. Вардияшвили Аф. А., Вардияшвили А. Б. и др. К вопросу поступления эффективной солнечной радиации в здания и помещения сб. науч. тр. рес. н-пр. конфер. «Повышение энергоэффективности жилых и общественных зданий Узбекистана» ТАСИ 7–8 сентября 2012 г. г. Ташкент, с. 37–39.
4. В. Г. Лабейш. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. — С-Пб. 2003 г. СЗТУ, — 79 с.
5. С Такака, Р. Суда. Жилые дома с автономным солнечным теплохладоснабжением. Перевод с яп. Под. ред. М. М. Колтун., Г. А. Гухман., М. Стройиздат, 1989 г. — 184 с.
6. Вардияшвили Аф. А., Вардияшвили А. Б. и др. К вопросу энергетического режима гелиотеплиц, обогреваемых непосредственным сжиганием в них природного газа. Сб. матер. рес. н-техн. конфер. ТГТУ. Ташкент; 2010 г. — с. 153–156.

Поэтому комбинированное использование солнечной энергии и энергетических отходов промышленных предприятий и теплогенерирующих установок в теплицах, солнечном доме позволит повысить возможность полного исключения прямого и косвенного потребления ископаемого топлива.

Полученные результаты экспериментальных и расчетных исследований солнечной теплицы с площадью 200 кв. м. с использованием тепловых отходов (теплоты дымовых газов), подтверждают реальную возможность комбинированного использования солнечной энергии и бросового тепла энергетических установок и при этом экономия энергозатрат составляет $32\text{--}34 \text{ кг. у.т.с.}$ 1 м^2 инвентарной площади теплицы.

Выполненные исследования и предварительные расчеты показывают что, за счет применения тепловых насосов в системе теплохладоснабжения солнечного дома энергосбережение составляет $30\text{--}40\%$ от общих затрат энергии [3, 4, 5].

Предлагаемый способ комбинированного использования солнечной энергии и нетрадиционных источников энергии в теплицах — и солнечном доме, позволяет применение теплоты конденсации вторичного пара, дымовых газов для тепло хладоснабжения теплицы — и подкормки выращиваемых растений с углекислотой в период, когда солнечная радиация низкая и дает возможности полного исключения прямого и косвенного потребления топливных ресурсов.

Таким образом исследование и предварительные расчеты показывают, что предлагаемая экспериментальная система теплоснабжения и кондиционирования воздуха предназначенная для многоквартирного солнечного, сельского дома с улучшенной теплоизоляцией, рассчитанного на проживание семьи из 5 человек в отапливаемом доме площадью 100 м^2 , обеспечивает в течении всего года горячим водоснабжением, освещением и отоплением.

Теоретический расчет и исследование естественной освещенности комбинированных гелиоустановок с прозрачным пленочным покрытием

Вардияшвили Афдандил Аскарлович, кандидат технических наук, доцент;
Вардияшвили Аскар Билал огли, доктор технических наук, профессор
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент, проректор по науке
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Вардияшвили Асфандияр Аскарлович, соискатель, преподаватель
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Хужакулов Сайдулла Мирзаевич, соискатель, старший преподаватель;
Рузикулов Гулом, ассистент
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

В работе изучены процессы переноса и преобразования энергии при радиационном теплообмене в ограждениях солнечных установок, с учетом поглощения и рассеяния лучистой энергии в полупрозрачных средах и спектральности оптических характеристик.

Как известно, на ограждающих прозрачных поверхностях низкопотенциальных гелиоустановок (теплицы, сушилки, опреснители-овощехранилище) образуется капельная конденсация, которая оказывает значительное влияние на радиационные характеристики прозрачного ограждения. Для выявления количественного и качественного влияния капельной конденсации на радиационный баланс на поверхностях ограждения необходимо иметь спектральные и интегральные оптические характеристики прозрачного ограждения, покрытого капельным конденсатом. В известной нам литературе отсутствуют данные о влиянии капельной конденсации на оптические свойства прозрачных ограждений гелиотеплиц [1, 2, 3].

В работе приводятся результаты многолетних измерений падающей суммарной солнечной радиации в условиях г. Карши, для расчета входящих солнечной радиации в гелиотеплицы с полуцилиндрическим прозрачным покрытием и методика определения естественной освещенности важной светотехнической характеристики гелиотеплицы. Зависимости падающей и входящей солнечной радиации в гелиотеплицы от угла падения а также освещенность последней дается в виде графиков рис. 1 и таблиц 1, 2.

С целью составления теплового баланса гелиоустановок и расчета количества тепла, вносимого за счет солнечной радиации, необходимо данные о количестве падающей на гелиоприемник суммарной солнечной радиации, которое определяется из выражения

$$Q = S_H + S_D$$

где S_H , S_D — плотности направленной солнечной и диффузной радиации.

Известно [1, 2], что для любой широты, времени для периода года и ориентации поверхности высоты стояния солнца определяются по формуле

$$\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \tau \quad (1)$$

где φ — географическая широта местности, град.
 δ — угол солнечного склонения, град. τ — часовой угол, отсчитываемый от истинного полудня.

Величина угла склонения может иметь предельные значения $\delta \cong \pm 23,5^\circ$. Наибольшая высота стояния солнца для каждой местности определяется по формуле

$$h_{\max} = 90 + 23,5 - \varphi, \quad (2)$$

где 23,5 — широта тропика (параллельная экватору), град.

Количество тепла, поступающего от солнечной радиации на плоскую поверхность, гелиоустановок составляющую с горизонтом угла α равна

$$S_\alpha = S_H \cdot \sin(h + \alpha), \text{ при } \alpha = 90 - h; \text{ т.е}$$

$$S_\alpha = S_H \cdot \sin(h + 90 - h) = S_H \quad (3)$$

Следовательно, величина падающей солнечной радиации равна величине солнечной радиации для данной географической широты, так как в этом случае плоская поверхность гелиоприемника перпендикулярна направлению солнечного луча. Для поверхностей составляющих с горизонтом углы $\alpha < 90 - h$ и $\alpha > 90 - h$, солнечная радиация будет соответственно уменьшаться.

Вследствие наклона гелиоприемника диффузная радиация, отраженная от неба, попадает на приемник не от всей небесной полусферы, а лишь от некоторой ее части т. е.

$$S_D = E_D \left(1 - \frac{\alpha}{180} \right). \quad (4)$$

Суммарная солнечная радиация составляет

$$Q = S_H + S_D = E_H \cos i + E_D \left(1 - \frac{\alpha}{180} \right), \quad (5)$$

где i — угол между направлением солнечных лучей и нормалью к плоскости приемника определяемого по выражению

$$\cos i = \sin(\varphi - \alpha) \sin \delta + \cos(\varphi - \alpha) \cos \delta \cdot \cos \tau \quad (6)$$

Здесь E_H , E_D — плотности направленной и диффузной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность соответственно.

Приход солнечной радиации на перпендикулярную солнечным лучам поверхность, замеряли на гелиоплощадке Каршинского госуниверситета актинометром АТ-50 в комплексе со стрелочным гальванометром ГСА-1. Замеры приходов суммарной радиации на горизонтальную поверхность диффузной солнечной радиации производились пиранометром и альбедометром АГ 3х3.

Для пункта Карши $\varphi = 39^\circ$ вычислены результаты измерений [5], по определению количества ежегодно падающей суммарной радиации на горизонтальную поверхность и представлены в виде графиков рис. 1. Жирной сплошной линией на этом рис. 1. показано среднее значение подающей солнечной радиации за последние 10 лет.

Как видно из рисунка, отклонение максимума и минимума от средней величины не превышает более 10–12 %, что свидетельствует о более стабильном характере прихода солнечной радиации в условиях г. Карши.

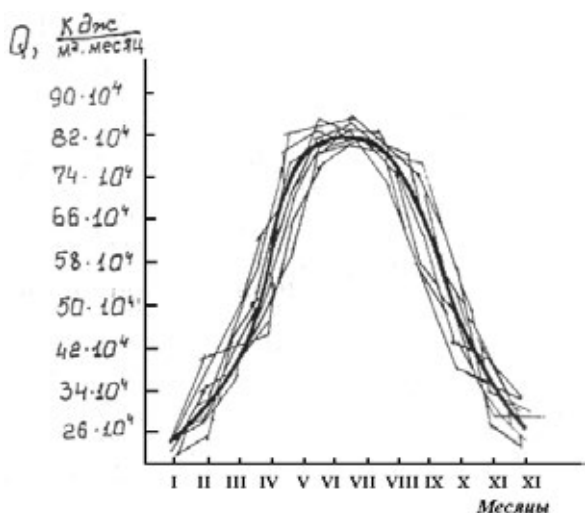


Рис. 1. Количество ежегодно падающей средней суммарной солнечной энергии на горизонтальную поверхность (1998–2008 г. г.).

В последнее время во многих южных районах республики строятся теплицы и парники, имеющие в основном форму полуцилиндра, покрываемые прозрачной пленкой как в госуниверситете.

Для исследования естественной освещенности и радиационного режима в 2012–2013 годах при Каршинском госуниверситете построена и испытана гелиотеплица с полуцилиндрическим прозрачным покрытием с полезной площадью 100 м² с ориентацией юг-север.

Известно, что естественная освещенность является одной из важных характеристик, широко используемых как в исследовательской, так и в практической деятельности при проектировании и эксплуатации гелиотеплиц. Нами при исследовании гелиотеплиц систематически производились актинометрические расчеты и измерения. (S — прямая, D — рассеянной, Q — суммарной солнечной радиации) [4, 5].

Следовательно, целесообразно определение освещенности гелиотеплиц производить путем расчета по актинометрическим данным, полученных расчетным путем и путем прямых измерений.

На основании результатов измерений и вычислений приводим расчет входящей солнечной радиации в гелиотеплицы полуцилиндрическим прозрачным пленочным покрытием таблицы 1 и 2.

Мощность прямой солнечной радиации, падающей на элементарную полосу полуцилиндра параллельной его оси равна

$$dW = S \cdot \ell \cdot r d\beta \cdot \cos i \quad (7)$$

где S — прямая солнечная радиация, ℓ, r — длина и радиус полуцилиндра, β — угол между горизонтом и нормалью к элементарной полосе полуцилиндра, i — угол падения солнечных лучей на элементарную площадку.

Мощность прямой солнечной радиации, входящей в гелиотеплицы через элементарную полосу равна

$$dW_i = K_{ax} \cdot dW, \quad (8)$$

где K_{ax} — коэффициент вхождения лучистой энергии, падающей под углом i .

Интегрируя (8) от нуля до β_0 , находим

$$W_i = S \cdot \ell \cdot r \int_0^{\beta_0} K_{ax} \cos i d\beta, \quad (9)$$

где β_0 — угол между горизонтальной линией, перпендикулярной теплицы и парнику и перпендикуляром, восстановленным на поверхности полуцилиндра в точке касания солнечного луча.

Поскольку K_{ax} является сложной функцией и зависит от многих оптических и метеорологических параметров, решение подынтегральное выражение усложняется. Поэтому интеграл (9) заменяем суммой

$$W_i = S \ell r \sum K_{ax} \cos \Delta\beta = S \ell r \sum Z_i \quad (10)$$

Принимаем угол $\Delta\beta = 15^\circ = 0,262 \text{ рад}$,

Зависимость $K_{ax} = f(i)$ определяем опытным путем для 1-слоистой и 2-слоистой пленочного покрытия теплицы таблицы 1, 2 при помощи актинометра по формуле

$$K_{ax} = \frac{S_i}{S},$$

где S_i — прошедшая через пленку солнечная радиация при угле падения i .

Таким образом, зная величину $\sum Z_i$, по формуле (10) находим мощность прямой солнечной радиации, входящей в гелиотеплицы полуцилиндрического типа в различное время суток. Суммируя, определяем

$$Q_{i\delta} = \sum W_i \tau_i \quad (11)$$

Общая энергия, входящая в гелиотеплицу, равна

$$Q = S_{np} + S_{рассе}. \quad (12)$$

Таблица 1

Высота Солнца, град.	Прямая радиация	Суммарная радиация	Рассеянная радиация
5–20	50	64	80
21–30	60	67	80
31–40	64	70	80
41–75	68	70	80

Таблица 2

		22 / XII		23/II		23 /III		17/ IV	
		кВтч	$\frac{КЛК}{ч}$	кВтч	$\frac{КЛК}{ч}$	кВтч	$\frac{КЛК}{ч}$	кВтч	$\frac{КЛК}{ч}$
Через однослойное плёночное покрытие	0°	121	587,7	144	682,5	146	692,2	153	725,4
	15°	122	578,4	135	640	132	625,8	147	696,9
	30°	90,2	427,6	100	474,1	121	573,7	129	611,6
	45°	60	284,5	85	403	89	421,9	95	450,4
	60°	27	128	41	194,4	54	256	70	331,8
	75°	-	-	20	94,8	26	123,3	28	132,7
	85°	-	-	-	-	5,5	26	14	66,3
	90°	-	-	-	-	-	-	3,5	16,5
	Всего	845 (825,4)	4006,4	1030 (975,6)	4883,6	1147 (1154)	5438,3	1279 (1229,2)	6064,2
Через двухслойное плёночное покрытие	0°	90	426,7	110	521,5	112	531	116,5	552,4
	15°	86	407,7	100	474,1	107	507,3	105	497,8
	30°	62	293,9	81	384	93	440,9	90	426,7
	45°	47	222,8	52	246,5	55	260,7	57	270,2
	60°	12	50,8	19	80	28	132,7	30	142,2
	75°	-	-	5	23,7	8,5	40,3	12	56,8
	85°	-	-	3	14,2	7	33,2	8	37,9
	90°	-	-	-	-	-	-	5	23,7
	Всего	600 (586,2)	2844,8	740 (700)	3508,6	821 (838,2)	3892,6	847 (906)	4015,9

Значение в скобках — расчётные данные.

Осредненные значения световых эквивалентов (клк, кал.см⁻².мин⁻¹)

Результаты измерений и расчетов вхождения суммарной радиации и освещенности в гелиотеплице и парнике для характерных дней.

Следует отметить, что предлагаемую методику расчета входящей солнечной энергии через прозрачную полусферическую поверхность можно применить и для других гелиоустановок с полусферическими поверхностями.

Для расчета освещенности, необходимо полученные актинометрические значения Q , S_H или S_D для поверхности любой ориентации за данный срок умножить на соответствующий световой эквивалент, взятый из [2].

Средняя погрешность полученного значения E_Q , E_S или E_D при этом обычно не превышает 10 %. Для приближенных расчетов освещенности при высотах солнца более 10° можно пользоваться одним световым эквивалентом, равным для прямой радиации 65, суммарной — 70 и рассеянной — 75 клк на 1 кал х см⁻² мин⁻¹.

Литература:

1. К. Я. Кондратьев. Лучистая энергия солнца. Л. Гидрометиздат. 1954 г. стр. 324–327.
2. Н. П. Русин. Прикладная актинометрия. Л. Гидрометиздат. 1979 г.
3. Вардияшвили А. Б., Теймурханов А. Т., Ким В. Д. Экспериментальное исследование тепловых процессов в буферной прозрачной изоляции гелиотеплицы. //Гелиотехника. Ташкент «ФАН» АН РУз. — 1981 г. № 6 — С. 32–35.

4. Вардияшвили А. Б., Муродов М. О., Ким В. Д. Солнечная теплица полуцилиндрического типа с пленочным покрытием. // Гелиотехника. Ташкент «ФАН» АН РУз. — 1982 г. № 1 — С. 50–52.
5. Вардияшвили Аф.А., Мухаммадиева Х. Температурно-влажностный и световой режимы солнечной теплицы с использованием нетрадиционных источников энергии. матер. респуб. научно-прак. конфер. 24–25 декабрь 2008 г. КарГУ, г. Карши, — с. 50–53

Особенности измерения пятна контакта на круговом испытательном стенде КИИДМ-2

Васильев Юрий Эммануилович, доктор технических наук, доцент;
Каменев Владимир Васильевич, кандидат технических наук, ассистент;
Беляков Александр Борисович, инженер научно-исследовательской части;
Кольников Илья Васильевич, студент
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке эмпирических методов определения факторов влияющих на износ покрытия автомобильных дорог. В данной статье рассмотрен один из таких современных методов — универсальный комплекс для испытаний дорожных материалов (КИИДМ-2 на примере легкового автомобиля). [1].

Ключевые слова: пятно контакта, бронестекло, шина, линейная камера, касательные усилия, асфальтобетон, колесо.

В случае с прямолинейным равномерным движением форма и распределение нормальных и касательных усилий в пятне контакта зависит от ряда параметров, таких как: конструкции шины, давления в шине и скорости движения. При этом нужно разделять внешнюю и внутреннюю составляющую шины и уделить особое внимание такому фактору как температура шины. Последнее, известно всем, кто увлекается автоспортом или автогонками, например, Формулой 1, где шины специально разогревают, чтобы обеспечить заданные сцепные свойства. Но понятие сцепных свойств изначально включает в себе пятно контакта, которое в рассматриваемом случае имеет симметричную форму.

При криволинейном движении, к вышеизложенным факторам добавляются существенные касательные усилия, направленные к центру окружности, описываемой автомобилем при движении. Как следствие этих изменений пятно контакта приобретает достаточно характерный вид асимметричного искривления, смещенного в сторону поворота.

Однако при подробном рассмотрении, испытания на стенде КИИДМ-2 нельзя отнести ни к первому случаю равномерного прямолинейного движения с симметричным пятном контакта, ни к движению на повороте. Причина такого существенного отличия становится понятной, если принять во внимание конструкцию испытательного стенда, основная составляющая которого представляет собой ходовую часть реального автомобиля, жестко закрепленную к вращающейся ноге стенда. Такое крепление колеса к «ноге» стенда позволяет устанавливать произвольный угол между продольной осью «ноги» стенда и колеса (рис

3) и следовательно моделировать условия максимально приближенные к реальному движению транспортного средства, однако именно из-за такой конструкции у получаемого пятна контакта будет ряд характерных особенностей. Одна из которых заключается в следующем: так как несмотря на возможность изменения угла данное закрепление является жестким, при проведении испытания, будет появляться устойчивая сила, смещающая колесо, в итоге получается, что центробежная сила компенсируется жестким закреплением ноги вращающегося стенда. На практике это означает, что будет постоянно возникать так называемый «увод» или «занос» колеса по направлению к оси вращения стенда и следовательно пятно контакта будет искажено. Таким образом в этом случае пятно контакта будет иметь достаточно специфичную форму, несоответствующую форме пятна контакта, как при прямолинейном движении, так и при повороте.

Необходимо особенно подчеркнуть, что основной задачей данного стенда является имитация разрушения покрытия автодороги и шины. При этом и разрушение покрытия и разрушение шины имитируются в условиях близких к реальным.

Опираясь на изложенное выше, необходимо подробно остановиться на проведении прямых измерений. К сожалению, точное измерение как касательных усилий так и нормальных напряжений в настоящее время представляется невозможным однако зная приблизительное распределение усилий в пятне контакта шины и значение нормальных усилий, мы можем вывести зависимость распределения сил давления на покрытие автомобильной дороги от скорости.

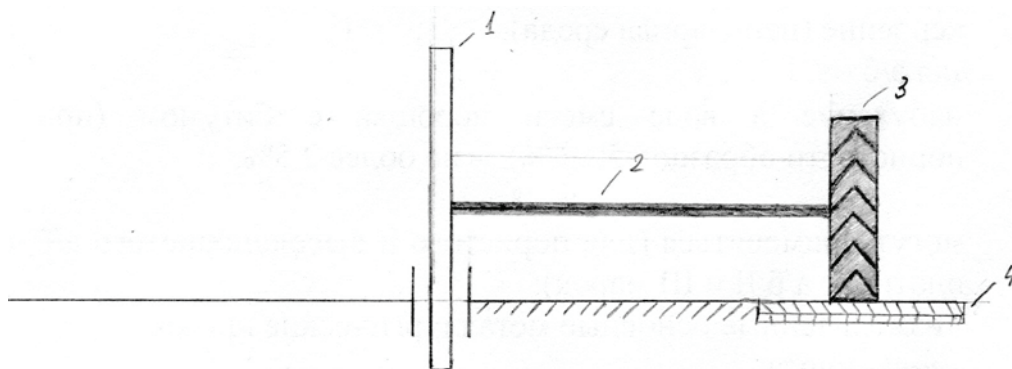


Рис. 1. Схема КУИДМ-2: 1 — центральная ось вращения, 2 — сборная штанга, 3 — колесо, 4 — покрытие кольцевого стенда

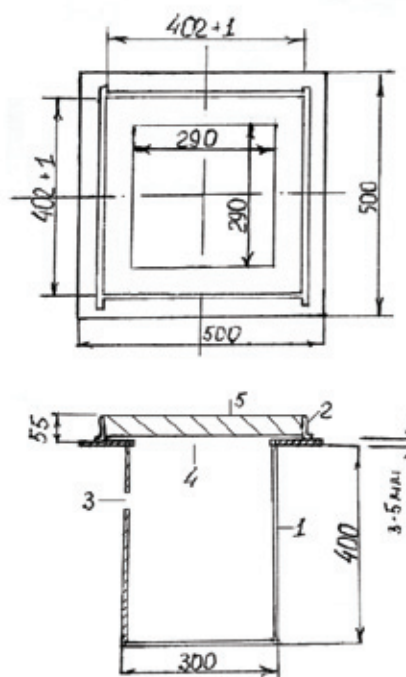


Рис. 2. Устройство для съемки пятна контакта: 1 — металлический корпус для размещения линейной камеры; 2 — ограничители для бронестекла; 3 — отверстие для проводов; 4 — отверстие для крепления линейной камеры; 5 — бронестекло

Рассмотрим два наиболее эффективных метода.

Первый метод это метод оптических измерений на жестком стекле.

Для этого необходимо установить бронестекло на одном уровне с поверхностью асфальтобетонного покрытия. Под бронестеклом будет располагаться линейная или фотокамера, таким образом, что колесо будет двигаться над постоянно работающей камерой. Благодаря тому, что камера будет фиксировать изображение движущегося колеса с разверткой по времени, станет заметна асимметрия пятна контакта.

Однако у этого метода имеется ряд особенностей, которые необходимо учесть:

Первая особенность заключается в быстром износе стекла и его помутнении, а именно: верхний слой станет

матовым. Для решения подобной проблемы и ведения съемки в диапазоне определенной степени прозрачности стекла необходимо зафиксировать верхний, покровный слой бронестекла при помощи глицерина и менять его по мере помутнения.

Альтернативным решением этой же проблемы можно считать проведение измерений на изначально матовом стекле. Такое испытание в случае предварительной подсветки даст даже более контрастное изображение темного пятна контакта на матово-светлом фоне

Вторая разновидность этого метода заключается в использовании вместо жесткого бронестекла, прозрачную среду с большей пластичностью и меньшей твердостью, к примеру, оргстекло, значительной толщины. Однако данный метод тоже не лишен нюансов.

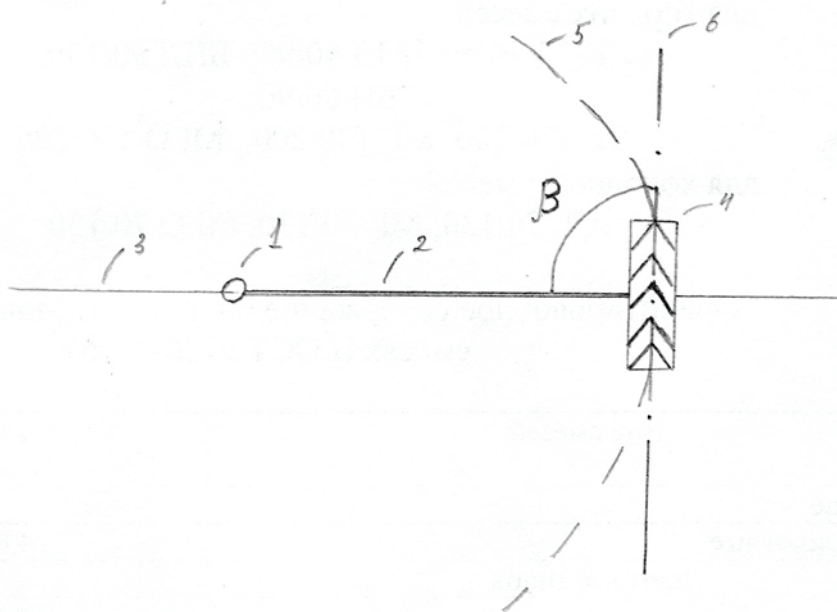


Рис. 3. Упрощенная схема вращения колеса: 1 — ось вращения стенда; 2 — «нога» вращения стенда; 3 — продольная ось ноги; 4 — колесо; 5 — окружность описываемая колесом при движении; 6 — касательная к окружности описываемой колесом при движении

В отличие от жесткого бронестекла, оргстекло будет деформироваться из-за движения колеса, и деформация эта будет носить заметный характер. Однако при использовании структурирующего света могут быть получены не менее интересные результаты.

Если испытания на жестком стекле даст лишь геометрические очертания пятна контакта, то применение стереосъемки или съемки со структурированной лазерной подсветкой позволит фиксировать прогибы покровной пластины в режиме реального времени.

Но не стоит забывать, что срок службы пластины из оргстекла, толщиной 40 мм, в таких условиях, будет сравнительно не долгов.

Второй метод — неоптический.

Данный метод связан с появлением одноточечных линейных и матричных пленочных датчиков нормального давления. Основной принцип их применения заключается в следующем: пленка, толщиной 0,3 мм, служит измерителем, приложенного к каждой точке этой пленки нормального давления. При этом получение результатов осуществляется как статистически, так и динамически. Такие устройства фиксируют распределения давления в пятне контакта шины и воспроизводят результаты замеров

в виде многоцветных изображений с высоким разрешением в режиме реального времени. Благодаря этому появляется возможность не только измерить площадь и геометрические характеристики пятна контакта шины, но и определить нагруженные и не нагруженные участки внутри периметра общей контактной площади пятна, профиль давления поперечного сечения и многое другое.

Особенно удобен этот метод по тому, что сенсоры можно установить как непосредственно на дорожном полотне, так и закрепить на движущейся планке тестовой машины. Более того существуют сенсоры которые могут быть вмонтированы под землей и при этом способны производить замеры находясь под покрытием дорожного полотна.

Но главным достоинством подобных систем является высокая надежность, достаточная для проведения лабораторных измерений.

Однако вне зависимости от применяемого метода, главной задачей подобных испытаний является создание условий максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, как покрытия автомобильной дороги, так и колеса. Более подробное освещение данной тематики читайте в следующей статье.

Литература:

1. Петров В. А. Механизм сцепления пневматического колеса с жёсткой опорной поверхностью. Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1991, № 10
2. Колбасов А. Ф. Некоторые актуальные вопросы работы автомобильной шины УДК 629.11, 2011
3. В. А. Петрушков «Оптимизация сопротивления качению методом выбега при стендовых испытаниях автомобильных шин» / Вестник машиностроения № 8, 2003

4. Ермилов В. Н., Мамаев А. Н. Экспериментальное исследование напряжений в контакте массивной резиновой шины и жесткого основания при прямолинейном качении колеса. — Произв. шин, резинотехнических и асбестотехнических изделий, 1982, № 6
5. Одинцов О. А. Разработка метода решения нелинейных контактных задач стационарного качения автомобильной шины. Дис. ... канд. т.н. Москва 2008

Динамика содержания полифенолов, аскорбиновой кислоты и качества земляничных соков при настаивании мезги

Войцеховский Владимир Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (г. Киев)

Токарь Анастасия Ефимовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Уманский национальный университет садоводства (Украина)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

В последние годы в Украине, России и Белоруссии наблюдаются увеличение промышленных и частных насаждений клубники. Значительная часть валового сбора направляется на переработку, для изготовления варенья, джемов, сульфитированного пюре, концентрированных спиртованных соков, а также натуральных купажных вин и напитков. Рынок концентрированных продуктов насыщен, но цена на концентраты из ягод не снижается [1, 2, 3]. Важной составляющей частью качества клубничного сока, кроме прозрачности, насыщенности цвета, аромата, является и биологическая ценность продукта. В современных условиях глобализации и урбанизации население испытывает недостаток незаменимых биологически активных нутриентов. Важную часть биологически активных веществ составляют растительные полифенолы, а среди витаминов — аскорбиновая кислота. Исследования показали, что систематическое их употребление способствует сохранению тонуса кровеносных сосудов, препятствует отложению холестерина, защищают от атеросклероза, диабета, препятствует возникновению болезни Альцгеймера и продлению жизни в целом. Поэтому разработка способов повышения качества и биологической ценности клубничных соков сейчас актуально [5]. С целью максимального извлечения компонентов биохимического состава ягодного сырья в производстве можно использовать дополнительную обработку мезги путем термообработки, использования ферментных препаратов и настаивания [4, 7].

Целью наших исследований было определить влияние настаивания мезги клубники на содержание полифенолов, аскорбиновой кислоты в соке и изменение качества в целом. В задачи наших исследований входило определение содержания полифенолов, аскорбиновой кислоты и качества соков из земляники, при производстве которых применяли технологический прием настаивания мезги разной экспозиции.

Место проведения, объекты и методика исследования. Опыты проведены на кафедре технологии хранения, переработки и стандартизации продукции растениеводства им. Б. В. Лесика национального университета биоресурсов и природопользования Украины и лаборатории переработки Института садоводства НААН (2009–2012 гг.). Плоды для опытов, отбирали в потребительской степени зрелости сортов Ясна, Тенира и Коралловая 100 с промышленных насаждений Института садоводства НААН.

Плоды измельчали и наполняли эмалированную посуду с добавлением SO_2 в дозе 50–75 мг/кг. Экспозиция настаивания мезги составила: 3, 6, 12, 24, 48 и 72 часа при температуре 18–22 °С. Контролем были свежееотжатый и отстоянный сок. Определение содержания общего содержания полифенолов (ПФ), антоцианов (А), аскорбиновой кислоты (АК) и качества проводили за общепринятыми методиками в виноделии [6, 8].

Результаты исследований и их обсуждение. Исследуемые образцы сортовых земляничных соков отличаются за содержанием суммы полифенолов, что обусловлено разным технологическим запасом их в ягодах. Наибольшим содержанием суммы полифенолов отличался сорт Коралловая 100 (1,365 г/дм³), а наименьшее их содержание имел сок из сорта Тенира (0,8 мг/дм³) (рис. 1).

Наблюдая за динамикой концентрации полифенолов в спиртованных соках изготовленных с применением настаивания мезги клубники мы зафиксировали их повышение через 3 часа в среднем на 10%, 6 часов — 17%, 12–36, 18–40, 24–41, 36–41, 72 часа — 41%. Можно утверждать, что использование настаивания до 12–18 часов существенно повышает биологическую ценность спиртованных соков.

Дисперсионный анализ влияния настаивания мезги земляники на концентрацию полифенолов в спиртованных соках показал, что содержание ПФ в земляничных



Рис. 1. Изменение содержания полифенолов земляничных спиртованных соков при настаивании мезги



Рис. 2. Изменение содержания антоцианов в земляничных спиртованных соках при настаивании мезги

соках приготовленных с использованием предварительного настаивания мезги, зависит от сортовых особенностей, так и от использования настаивания мезги (рис. 4А).

Важная часть полифенолов ягод земляники составляют антоцианы, которые обуславливают интенсивность окраски ягод. При формировании качества готовой продукции, в частности цвета, концентрация антоцианов и их стабильность играют важнейшую роль. При настаивании мезги в готовых спиртованных соках отмечено увеличение антоцианов через 3–6 часов в среднем на 5%, а более длительное настаивание приводит к снижению на 2–4%, что возможно связано с окислением и конденсацией антоцианов (рис. 2).

Содержание аскорбиновой кислоты важная составляющая часть формирования биологической ценности ягод земляники. В свежих плодах его концентрация по разным источникам может составлять 30–90 мг/100 г сырого продукта, но в результате измельчения ягод, значительная

часть этого компонента изменяется. Так при настаивании мезги до 6 часов концентрация АК увеличивается в среднем на 76%, а в спиртованном соке с сорта Ясна более чем в 2 раза (рис. 3). Более длительное настаивание до 18 и более часов приводит к снижению этого показателя.

Дисперсионный анализ влияния настаивания мезги земляники на концентрацию АК в спиртованных соках показал, что формирование этого показателя больше зависит от экспозиции настаивания, нежели от сортовых особенностей и от взаимодействия факторов. (рис. 4Б).

Качество готового напитка зависит от полноты аромата, вкуса и безусловно внешнего вида. Полученные образцы спиртованных соков оценивали органолептически. Анализ показал, что образцы, приготовленные с использованием настаивания 6–12 часов были по вкусу и аромату более полны и гармоничны (табл. 1). Дегустационная оценка в этих образцах бала на 0,25–0,42 балла выше нежели в контрольных. При более длительном настаивании во всех

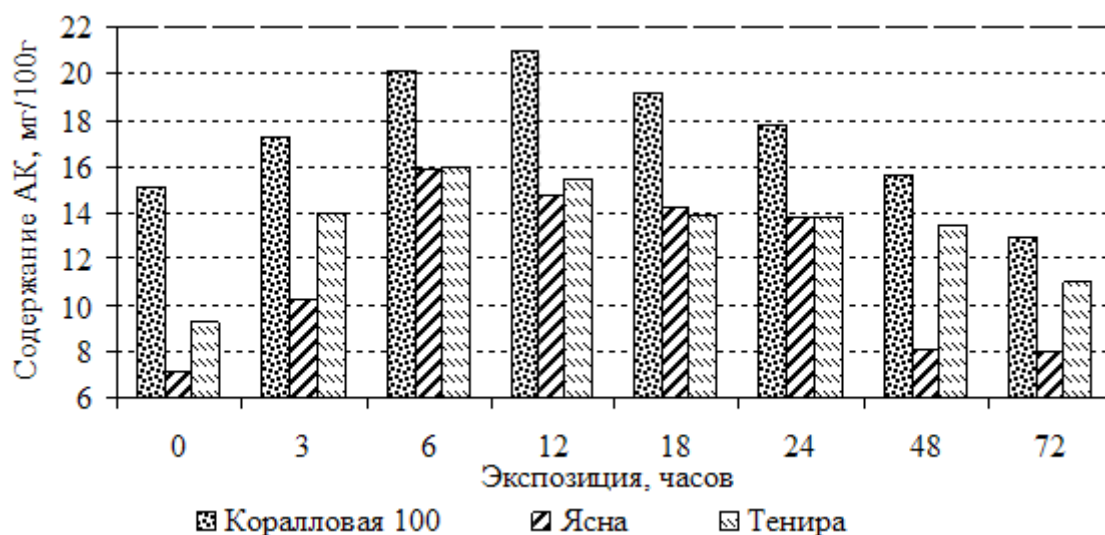


Рис. 3. Концентрация аскорбиновой кислоты (АК) в земляничных спиртованных соках, приготовленных с использованием настаивания мезги

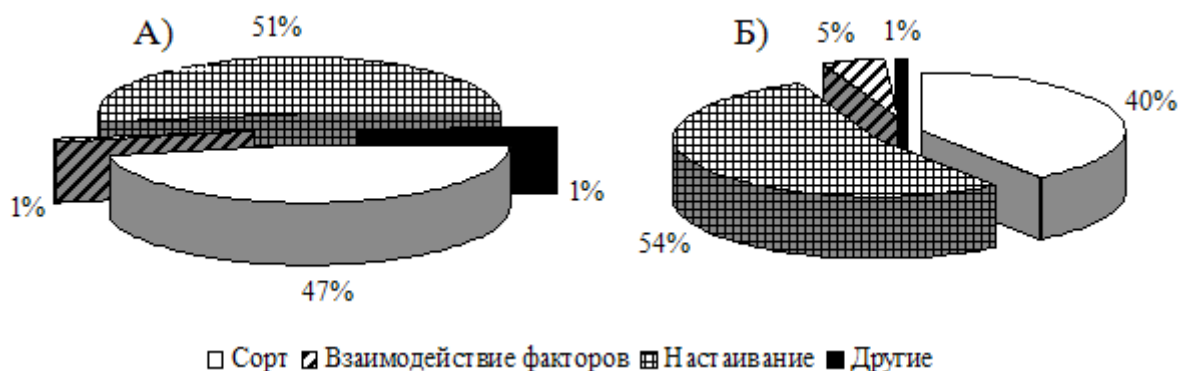


Рис. 4. Диаграмма распределения влияния технологического приема настаивания мезги земляники на концентрацию в соке: А) полифенолов; Б) аскорбиновой кислоты

Таблица 1. Дегустационная оценка образцов земляничных спиртованных соков, приготовленных с использованием настаивания, балл

Сорт	Настаивание мезги, час						
	0	6	12	18	24	48	72
Коралловая 100	8,18	8,44	8,43	8,39	8,30	8,30	8,30
Ясна	8,00	8,45	8,42	8,38	8,31	8,32	8,30
Тенира	8,13	8,41	8,39	8,36	8,25	8,20	8,10

образцах наблюдали потерю тонкого аромата. В образцах, приготовленных с использованием настаивания более 18 часов отмечали потерю свежести в аромате и прозрачности. Дисперсионный анализ влияния настаивания мезги земляники на органолептические характеристики земляничных спиртованных соков показал, что формирование этого показателя больше зависит в основном от режима настаивания (54%) и меньше — от сортовых особенностей (20%) и взаимодействия факторов (25%).

Выводы. В результате проведенных исследований изменения некоторых компонентов биохимического состава земляничных спиртованных соков приготовленных с применением предварительной обработки мезги путем настаивания с разной экспозицией установлено, что настаивание 6–12 часов способствует максимальному повышению полифенолов, антоцианов, аскорбиновой кислоты и в целом качества. Вследствие трудоемкости процесса и трудности поддержания септических условий

использование этого технологического приема затруднено, но при производстве земляничных спиртованных соков с повышенной биологической ценностью целесообразно.

Полученные данные целесообразно использовать с целью приготовления конкурентоспособных вин и напитков повышенного качества и биологической ценности.

Литература:

1. Валуйко Г. Г. Биохимия и технология красных вин / Г. Г. Валуйко. — М.: Пищепром, 1973. — 296 с.
2. Гержилова В. Г. Методы теххимического контроля в виноделии / В. Г. Гержилова. — Симферополь: Таврида, 2002. — 260 с.
3. Кондратенко П. В. Концепція розвитку плодово-ягідного виноробства в Україні / П. В. Кондратенко, О. М. Литовченко, С. Т. Тюрін. — К., 1997. — 17 с.
4. Литовченко А. М. Технология плодово-ягодных вин / А. М. Литовченко, С. Т. Тюрин. — Симферополь: Таврида, 2004. — 368 с.
5. Метлицкий Л. В. Основы биохимии плодов и овощей / Л. В. Метлицкий. — М.: «Экономика», 1976. — 344 с.
6. Методы теххимического и микробиологического контроля в виноделии / Под. ред. проф. Г. Г. Валуйко — М.: Пищевая промышленность, 1980. — С. 30–32.
7. Мехузла Н. А. Плодово-ягодные вина / Н. А. Мехузла, А. Л. Панасюк. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. — С. 3–7.
8. Сборник международных методов анализа и оценки вин и сусел / Пер. с франц. и общая ред. Н. А. Мехузла. — М.: Пищевая пром-сть, 1993. — 320 с.

Проектирование и оптимизация свойств материалов как систем

Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, доцент;
 Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор;
 Петренко Вероника Олеговна, аспирант
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Предлагается новая методология разработки материалов с использованием основных разделов системологии (рис. 1), имеющих характер самостоятельной научной дисциплины. Так, *при системном подходе* предполагается целостное видение сложного объекта; наличие доминирующей роли целого над частным, сложного над простым; невозможность познания главных свойств системы на уровне изучения *только* характеристик ее элементов (свойства системы не сводятся к сумме свойств ее элементов); количество свойств системы больше, чем сумма свойств элементов. Отношения между элементами порождают новое *особое* качество целостности — системное, *интегративное* (при отсутствии интегративного качества сложный объект не является системой). При *синергетическом подходе* порядок и хаос считаются взаимосвязанными и порождающими друг друга (хаос — не только полная дезорганизация и разрушение структуры, но и потенциальный источник нового развития более сложной и высокоорганизованной системы). В *информационном подходе* информация рассматривается как мера порядка, противостоящего хаосу; мера сложности системы; характеристика внутреннего разнообразия системы; мера вероятностного выбора одной из возможных траекторий развития. В основе *гомеостатического подхода* лежат системный подход к гармонии

и дисгармонии сложных систем; определение механизмов управления системами для поддержания путем управления интегративными параметрами системы в допустимых пределах жизненно важных для систем параметров. *Устойчивая гомеостатическая система (гомеостазис — сохранение системы) состоит из балансирующих объединенных между собой противоположностей (двойственность мира). Нарушение двойственности приводит к потере устойчивости системы.* Сохранение основных определяющих систему параметров поддерживает существование системы и определяет ее гомеостаз. *Наличие изоморфизма структур систем дает возможность переноса и распространения результатов исследований с одной гомеостатической системы в другую.* Интегративное качество системы сохраняется пока значение *системообразующего параметра* не выходит за пределы заданной области, а при выходе за пределы области частичного гомеостаза ведет к переходу системы в новое качественное состояние без разрушения системы (системный, общий гомеостаз обеспечивает сохранение интегративного качества, а частный — конкретной компоненты).

При приближении интегративных параметров системы к предельно допустимым наступает системный кризис (*система вступает в зону бифуркации*).

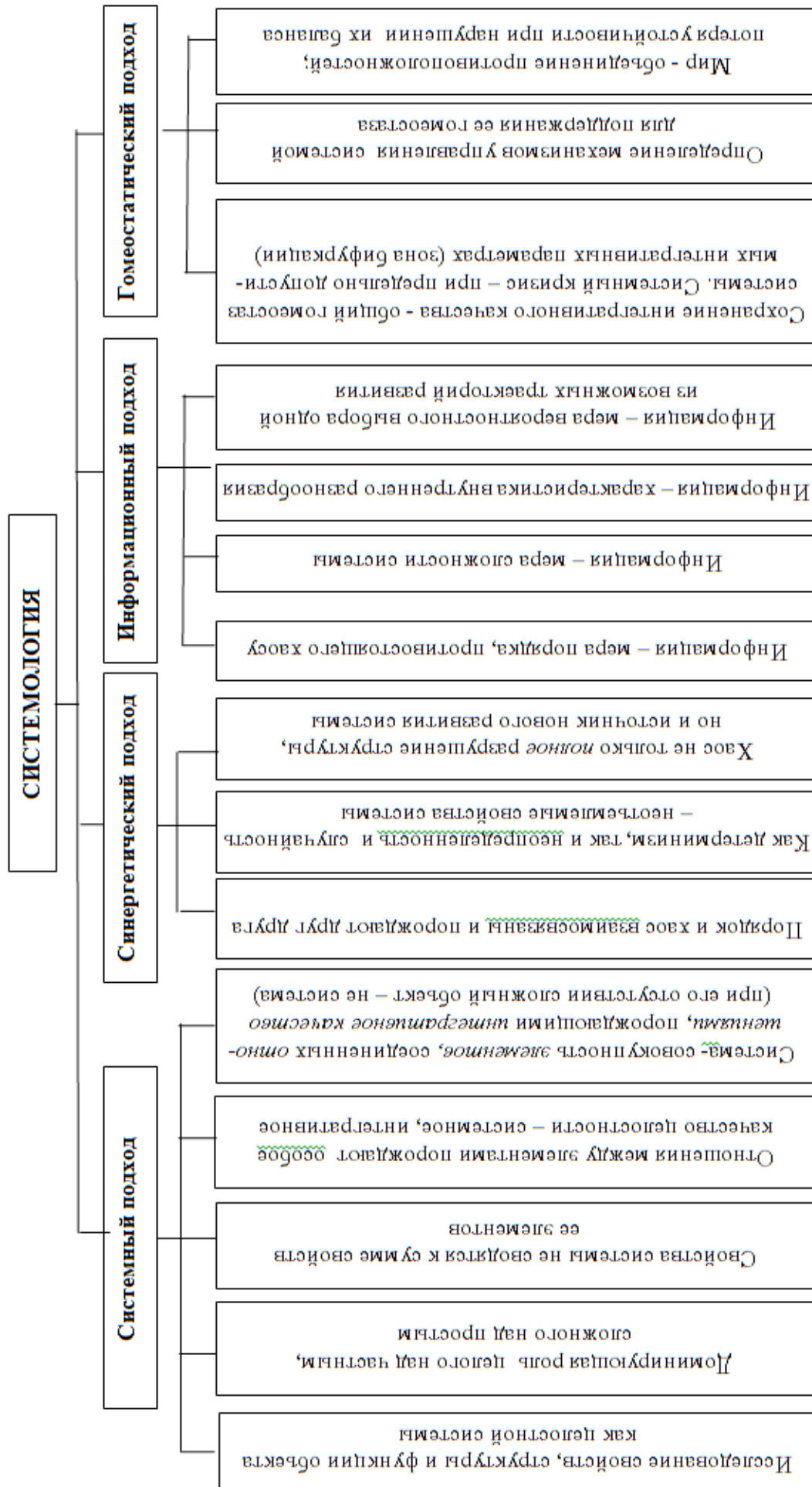


Рис. 1. Системология как новая методология научных исследований

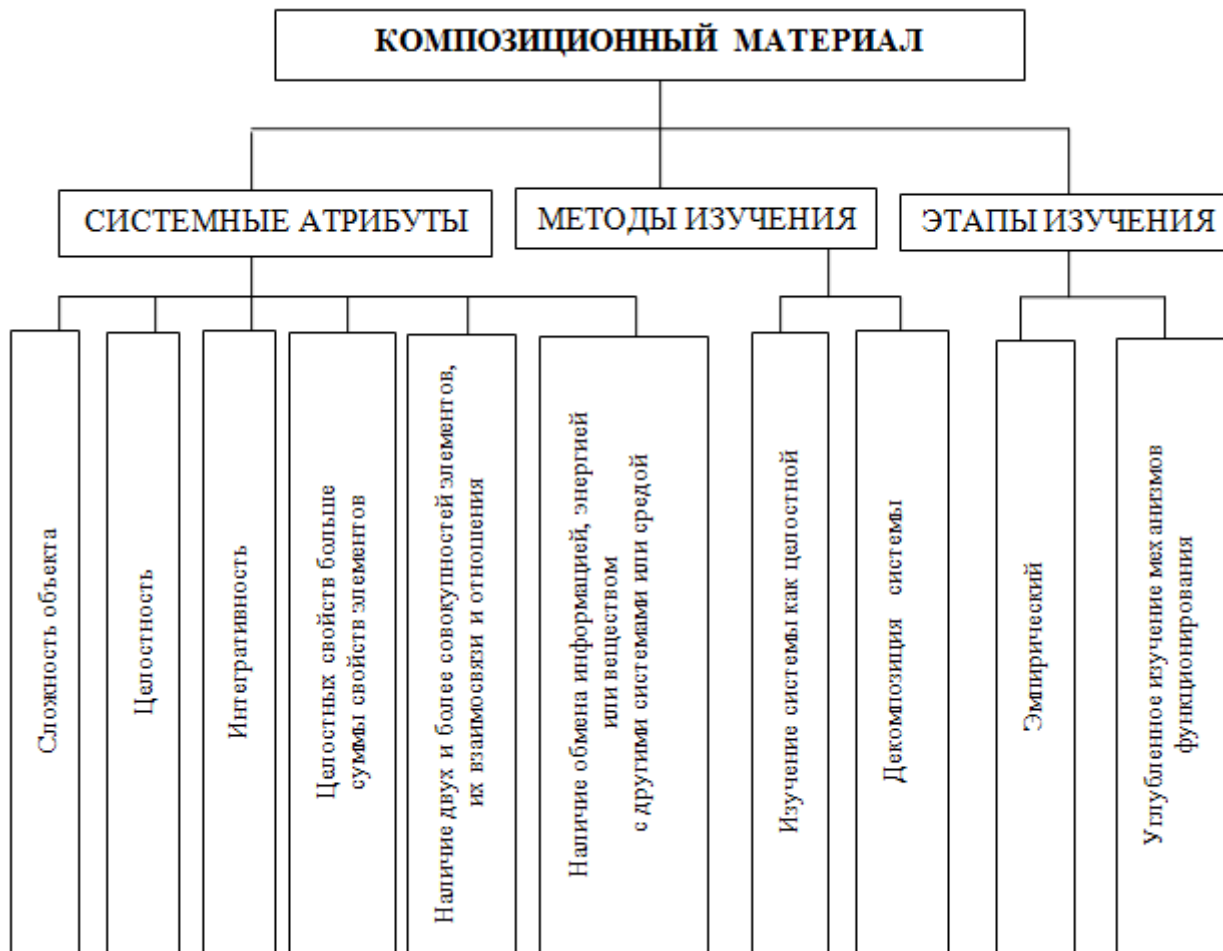


Рис. 2. Композиционный материал как система

Ограничимся проектированием композиционных материалов, как систем [1], обладающих соответствующими системными атрибутами (рис. 2).

При системном подходе к синтезу строительных материалов очевидны внутренние противоречивость и парадоксальность (рис. 3). Однако даже интегративное свойство системы (как часть структуры) на качественном уровне может изучаться по существу вне системы. Так, смачиваемость поверхности заполнителя вяжущим может быть определена в отдельном эксперименте. При этом полученные результаты могут служить *лишь* качественным описанием процесса структурообразования, не позволяющим осуществить целостное описание системы (используемый элемент декомпозиции не допускает последующего агрегирования системы).

Целостное разбиение материала возможно лишь при наличии целостно-нецелостного свойства материала как системы (*свойство принадлежит как системе в целом, так и его составным элементам*). Изучая только свойства компонентов как подсистем (при декомпозиции) нельзя судить о свойствах системы в целом.

При определении композиционного материала как системы предполагается наличие первого — це-

лостного, интегративного свойства системы. Отличительной особенностью композиционных материалов от механической смеси компонентов (свойства которой определяются как сумма свойств компонентов) является наличие границы раздела фаз, определяющей интенсивность процессов структурообразования и свойства материала. На границе раздела фаз формируется контактный слой, обеспечивающий сцепление компонентов (адгезионную прочность — *новое интегративное свойство*, которым не обладают входящие в систему элементы) и свойства материала. Объединение компонентов приводит к образованию на границе раздела фаз слоев с измененными свойствами, оказывающими влияние на процессы формирования свойств системы, отличных от характеристик компонентов (например, процессы твердения цемента в большом объеме отличаются от процессов в тонких слоях на границе раздела фаз).

Как видим, оценку и анализ композиционных материалов можно производить лишь на основе рассмотрения материала как целостной и единой системы; с другой стороны — изучение материала невозможно без анализа ее частей. Налицо парадокс целостности. Поэтому исследования структуры и свойств материала должны осу-



Рис. 3. Противоречивость системного мышления при синтезе материалов

ществляться и на основе изготовления опытных образцов с изучением межэлементных связей при сохранении целостности системы (так изучаются кинетические процессы формирования физико-механических характеристик материала).

Описание композиционного материала как системы возможно только при наличии его описания как элемента надсистемы (более широкой системы) и обратно, описание строительного материала как элемента надсистемы возможно только при наличии описания строительного материала (*парадокс иерархичности*). В частности, для строительных материалов, пригодных для использования

в заданных условиях эксплуатации, надсистемой является система «Строительные материалы». Качество материалов оценивается с учетом их места как элемента в иерархической структуре целостной надсистемы (критерий качества подсистемы является частью общего критерия качества системы, определяемого ее интегративными свойствами).

При таком подходе к проектированию выделение приоритетов и оптимизация основных параметров композиционных материалов достаточно просто осуществляется на основе междисциплинарных исследований и интеграции различных знаний для изучения отдельных аспектов [2,3].

Литература:

1. Баженов Ю. М., Данилов А. М., Королев Е. В., Гарькина И. А. Системный подход к разработке и управлению качеством материалов специального назначения / Региональная архитектура и строительство. — № 1. — 2006. — с. 45–54.
2. Баженов Ю. М., Гарькина И. А., Данилов А. М., Королев Е. В. Системный анализ в строительном материаловедении: монография — М.: МГСУ: Библиотека научных разработок и проектов. — 2012. — 432 с.
3. Скачков Ю. П., Данилов А. М., Гарькина И. А. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач / Региональная архитектура и строительство. № 1 (10), — 2011. — С.4–9.

Отказы в системах реального времени

Горбунов Владимир Владимирович, аспирант
Пензенский государственный университет

Основные характеристики надежности технической системы закладываются на этапе проектирования, в котором значительная роль отводится математическому проектированию [1].

По мере эксплуатации системы (объекта) происходит ее старение, сопровождающееся возникновением дефектов и отказов. При этом система переходит из исправного и работоспособного состояния, в предельное состояние, (рисунок 1) [2].

Для большинства технических систем и, в том числе, систем управления свойственны три участка на кривой зависимости интенсивности отказов (ИО) от времени, (рисунок 2).

На начальном этапе жизненного цикла интенсивность отказов монотонно уменьшается. Это соответствует периоду приработки, в котором проявляются и последовательно устраняются дефекты технологии изготовления.

На втором этапе жизненного цикла интенсивность отказов остается приблизительно постоянной. Это соответствует так называемому периоду нормальной эксплуатации. В этот период, как правило, возникают внезапные отказы. На третьем этапе жизненного цикла интенсив-

ность отказов постоянно возрастает. Это соответствует периоду износа, вызванного процессами старения. В этот период возникают, главным образом постепенные отказы.

Отказы в системах подразделяются по видам, признакам и характеристикой, (таблица 1) [3]

В [4] исследована структура системной сети многопроцессорной вычислительной системы, которая допускает произвольное расширение с сохранением маршрутных свойств. При расширении полного коммутатора фиксированного размера системная сеть строится как распределенный полный коммутатор, позволяющий бесконфликтно осуществлять произвольную перестановку пакетов данных посредством независимой их маршрутизации каждым абонентом (самомаршрутизации).

М.Ф. Каравай около 10 лет назад сформулировал задачу создания k -отказоустойчивых многопроцессорных вычислительных систем (МВС) реального времени с минимальным резервированием процессоров [5].

В этой задаче рассматривается система из N процессоров, которые разделяются на рабочее множество процессоров и множество процессоров $W: |W| = N - k$ горячего резерва $B: |B| = k$. Необходимо определить структуру



Рис. 1. Схема постоянных состояний и событий объектов: 1 — повреждение; 2 — отказ; 3 — переход объекта в предельное состояние; 4 — восстановление; 5 — ремонт

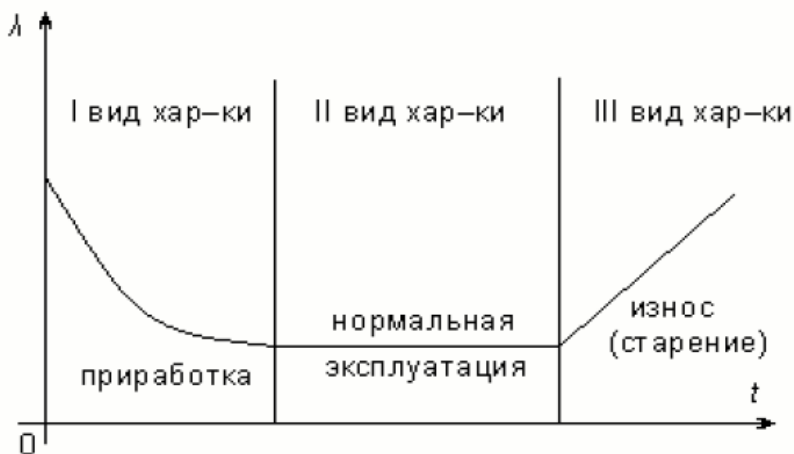


Рис. 2. Зависимость интенсивности отказов от времени

связей системы, чтобы времена исполнения прикладных задач на любом рабочем множестве процессоров были одинаковы. После отказа любых процессоров из W производится реконфигурация МВС с образованием нового состава W за счет включения в него любых t процессоров из B .

Первоначально эта задача решалась за счет симметризации связей СС относительно гамильтоновых циклов в ней (рисунок 3).

Универсальная сетевая структура (УВС) позволяет решить задачу произвольного расширения системных сетей многопроцессорных вычислительных систем (МВС) с сохранением их маршрутных свойств. Как следствие УВС позволяет обеспечить отказоустойчивость МВС реального времени по процессорам и по межпроцессорным связям.

В [6] решали задачу разработки архитектуры отказоустойчивого мультипроцессора реального времени с использованием m -процессорного кластера, имеющего

исполнительные процессоры, коммуникационный процессор для осуществления обмена по асинхронной магистрали и управляющий для администрирования кластера, распределения заданий.

Указано, что с учетом большого объема передаваемой информации и высокие требования к отказоустойчивости, самым узким местом в мультипроцессорах реального времени является канал информационного обмена. При использовании кодового разделения достигается практически неограниченное увеличение пропускной способности коммуникационной среды.

Предложенная модель отказоустойчивого мультипроцессора для решения задач обработки многомерных сигналов состоит из основного и резервного коммуникационных каналов и m -процессорных кластеров (рисунок 5).

Цель работы [7] состояла в исследовании возможности обеспечения отказоустойчивости потоковых систем на однотипных ВМ, использующих разные механизмы формирования команд.

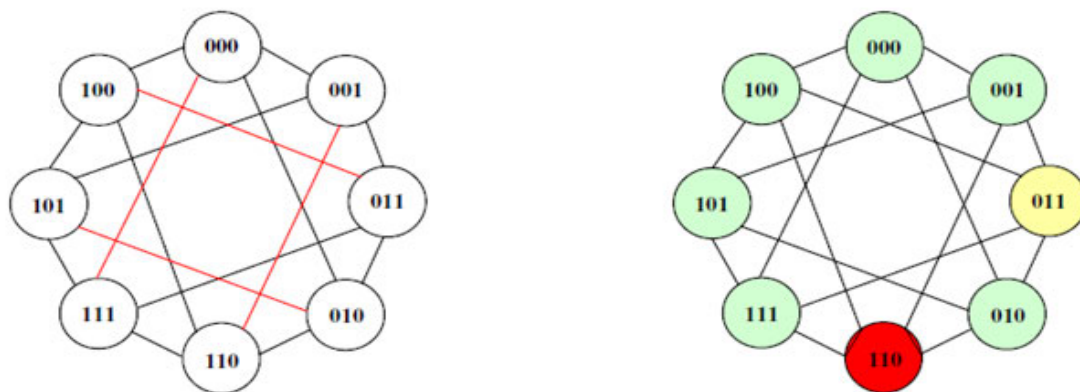


Рис. 3. Симметризация связей системной сети

Таблица 1. Классификация отказов технических систем

Признаки отказа	Вид отказа	Характеристика отказа
Характер изменения параметра до момента возникновения отказа	Внезапный	Скачкообразное изменение значений одного или нескольких параметров ТС
	Постепенный	Постепенное изменение одного или нескольких параметров за счет медленного, постепенного ухудшения качества ТС. (Например, износ поршневых колец в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания — постепенный отказ)
Связь с отказами других элементов (узлов, устройств)	Независимый (первичный)	Отказ не обусловлен повреждениями или отклонениями других элементов (узлов)
	Зависимый (вторичный)	Отказ обусловлен повреждениями или отказами других элементов (узлов, устройств). (Например, из-за пробоя конденсатора может сгореть другой элемент устройства)
Возможность использования элемента после отказа	Полный	Полная потеря работоспособности, исключающая использование ТС по назначению
	Частичный	Дальнейшее использование системы возможно, но с меньшей эффективностью
Характер проявления отказа	Сбой	Самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременному нарушению работоспособности
	Перебегающий	Многokrратно возникающий сбой одного и того же характера (то возникающий, то исчезающий), связанный с обратными случайными изменениями режимов работы и параметров устройства. (Например, снижение чувствительности прибора может произойти из-за случайного резкого уменьшения напряжения питания)
	Устойчивый (окончательный)	Отказ, устраняемый только в результате проведения восстановительных работ, является следствием необратимых процессов в деталях и материалах. (Например, выход из строя устройства из-за обрыва нити накала электронной лампы)
Причина возникновения отказа	Конструкционный	Возникает вследствие нарушения установленных правил и норм конструирования
	Производственный	Возникает из-за нарушения или несовершенства технологического процесса изготовления или ремонта ТС
	Эксплуатационный	Возникает вследствие нарушения установленных правил и условий эксплуатации ТС
Время возникновения отказа	Период приработки	Обусловлен скрытыми производственными дефектами, не выявленными в процессе контроля
	Период норм эксплуатации	Обусловлен несовершенством конструкции, скрытыми производственными дефектами и эксплуатационными нагрузками
	Период старения	Обусловлен процессами старения и износа материалов и элементов ТС
Возможности обнаружения отказа	Очевидные (явные)	
	Скрытые (неявные)	

Потоковые системы имеют существенные отличия, связанные со способом активизации команд. Существуют различные подходы к структурной организации среды формирования команд (СФК). Известны методы формирования команд в СФК на основе ассоциативной памяти (АП) и памяти с произвольным адресным доступом к ячейкам (ППД).

Для создания отказоустойчивых систем использован принцип расширяемого ядра, защищенного аппаратными методами повышения надежности. В качестве защищенного ядра служила среда формирования команд. Этот компонент системы реализован на основе запоминающих устройств, для которых хорошо разработаны аппаратные методы контроля и исправления ошибок.

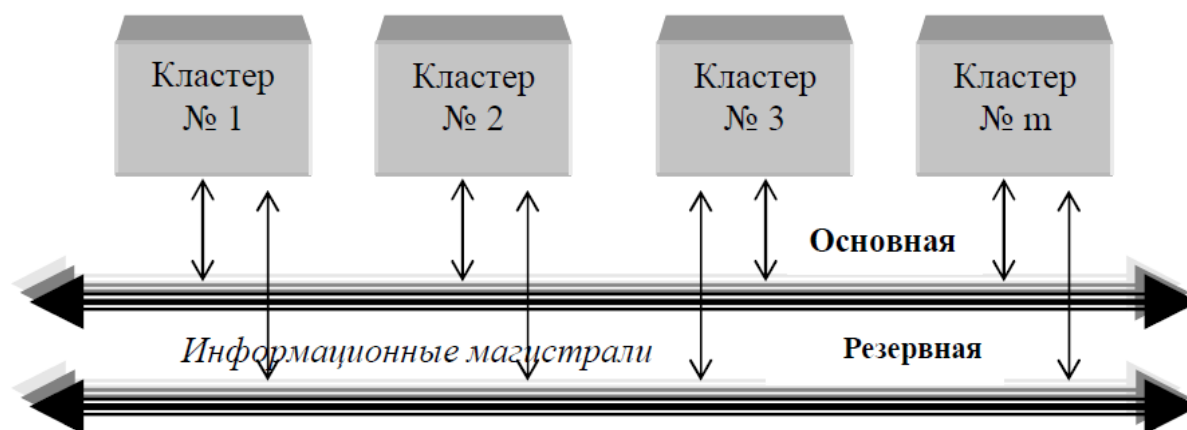


Рис. 5. Архитектура m -кластерного отказоустойчивого мультипроцессора реального времени

В [8] предложены методы и принципы построения устройств обеспечения высокой надежности и отказоустойчивости вычислительных систем на основе динамического распределения запросов, а также разработаны теоретические положения, позволяющие определить условия работоспособности систем (устройств) динамического распределения запросов в зависимости от числа отказов и их распределения по модулям и функциям.

В [9] рассмотрены вопросы динамического распределения запросов на использование функциональных ресурсов, рассредоточенных по узлам вычислительной системы.

Указано, что устойчивость вычислительных систем к отказам процессорных модулей (ПМ) узлов обеспечивается на основе статических и динамических методов перераспределения.

При реконфигурации возможно использование многовариантности алгоритмов решения задач.

Отказоустойчивость и производительность РВС зависит от реализации протоколов динамического распределения запросов через канал связи и от варианта размещения ФР по узлам.

Литература:

1. Климентьев К.Е. Системы реального времени: обзорный курс лекций/ К.Е. Климентьев. — Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2008. — 45 с.
2. Афанасьева О.В., Голик Е.С., Первухин Д.А. Теория и практика моделирования сложных систем: Учеб. пособие. — СПб: СЗТУ, 2005. — 131 с.
3. Острейковский В.А. Теория надежности: учебник для вузов по направлениям «Техника и технологии» и «Технические науки» / В.А. Острейковский. — 2-е изд., испр. — М.: Высшая школа, 2008. — 463 с. — ISBN 978-5-06-005954-0
4. Каравай М.Ф, Пархоменко П.П., Подлазов В.С. Универсальная сетевая структура для отказоустойчивых многопроцессорных систем реального времени. Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» Москва, октябрь 2010.
5. Каравай М.Ф. Применение теории симметрии к анализу и синтезу отказоустойчивых систем // *АиТ*. 1996. № 6. С. 159–163.
6. Н.А. Косолец, Л.Н. Косолец. Разработка архитектуры отказоустойчивого мультипроцессора реального времени на основе высокопроизводительного встроенного m -процессорного кластера для решения задач обработки многомерных сигналов. «Штучний інтелект» 3'2005
7. Клименко И.А., Жабина В.В. Обеспечение отказоустойчивости потоковых систем на однотипных вычислительных модулях. *Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук.пр.* — К.: Видавництво «ВЕК +», 2010. — № 51. — С. 166–171.
8. Богатырев В.А. Теория и методы обеспечения отказоустойчивости управляющих компьютерных систем с динамическим распределением запросов: диссертация... доктора технических наук: 05.13.05 — Санкт-Петербург, 2002 — Количество страниц: 301 с. ил
9. Богатырев В.А. Отказоустойчивость распределенных вычислительных систем динамического распределения запросов и размещение функциональных ресурсов. *Инженерное образование* № 1 январь 2006

Программные средства теплофизического проектирования печатных плат электронной аппаратуры

Горячев Николай Владимирович, аспирант, ведущий программист;
Юрков Николай Кондратьевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
Пензенский государственный университет

Проведён анализ существующих средств теплофизического проектирования печатных плат электронной аппаратуры. Выявлены их основные недостатки, составлена сравнительная таблица свойств исследованных программных продуктов.

An analysis of existing tools thermophysical design of electronic equipment. Identified their main drawbacks, made up a comparative table of the properties of these funds.

Введение

В настоящее время существует несколько десятков программных комплексов и систем, предназначенных для проведения теплофизического проектирования печатных плат (ПП) электронной аппаратуры (ЭА). Как правило, их работа основана на применение одного из численных методов решения прикладных задач теплообмена [1]. Из существующих сейчас программных продуктов теплофизического проектирования и анализа ЭА, следует отметить следующие, наиболее развитые системы: Ansys Icerak, FloTherm, Qfin. Из российских программ заслуживает внимание программный комплекс ТРиАНА (АСОНИКА-Т).

Анализ программных средств

ANSYS Icerak предназначен для проведения тепловых расчётов при решении задач электронной промышленности, обеспечивающий надёжные и быстрые расчёты не только теплообмена в электронных устройствах но и гидро-газо-динамики [2].

ANSYS Icerak включает в себя возможности построения расчётной модели, включая улучшенный прямой импорт геометрических моделей из специализированных

систем автоматизированного проектирования (САПР). Пакет ANSYS Icerak имеет расширенные возможности моделирования дорожек и сквозных отверстий печатных плат (рисунок 1), применение которых позволяет сократить время моделирования электронных компонентов и систем.

В ANSYS Icerak реализована возможность задания граничных условий периодичности для расчётных областей. Дополнительно ANSYS Icerak содержит библиотеки, включающие термодинамические модули охлаждения и расширенные макросы.

Продукт компании Mentor Graphics — FloTHERM основан на анализе с помощью метода конечных элементов (МКЭ).

FloTherm позволяет инженерам создать виртуальные (математические) модели электронного оборудования, выполнить тепловой анализ [3]. Позволяет проводить тестирование проекта прежде, чем он будет воплощён в виде физического прототипа. FloTHERM имеет средства интеграции с существующими САПР электроники — так называемыми ECAD системами. Так же в состав программного пакета FloTherm входят подсистемы для анализа работы теплоотводов, вентиляторов, электронных компонентов и печатных плат. FloTHERM позволяет иссле-

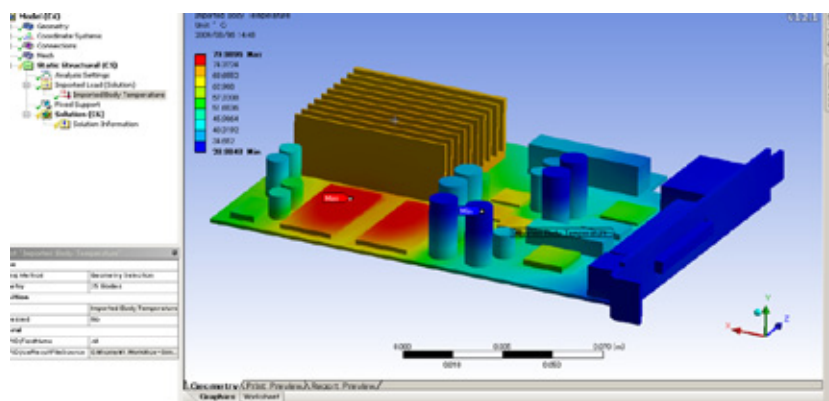


Рис. 1. Проектирование элементов ЭА в среде ANSYS Icerak

довать работу термоэлектрических преобразователей — элементов Пельтье.

Наличие мощных средств визуализации вычислений гидроаэродинамики, позволяет применять FloTHERM для анализа работы сложной ЭА.

В настоящее время FloTHERM является самой распространённой, в европейских странах, системой теплофизического проектирования ЭА основанной на применение метода конечных элементов.

Разработчиком среды теплофизического проектирования ЭА Qfin является канадская компания Qfinsoft Technology Inc. Компания занимается разработкой компьютерных средств для моделирования термодинамических и гидродинамических процессов, а также процессов горения [4].

Программный продукт Qfin ориентирован, прежде всего, на моделирование работы теплоотводов ЭА. Дополнительно, программа позволяет проводить исследование сложных систем охлаждения ЭА включающих в себя вентиляторы, термоэлектрические элементы и т. п. Также в среде Qfin существует возможность проведения теплового анализа модулей первого и второго уровней.

Преимуществом программной среды Qfin является возможность проведения теплового анализа с учётом внешних воздействий.

К недостаткам Qfin следует отнести неполную интеграцию с существующими CAD и ECAD системами. Однако, самым серьёзным недостатком Qfin является отказ разработчиков этого программного продукта распространять его на территории России.

АСОНИКА-Т разработана специалистами Красноярского Государственного Технического Университета (КГТУ) и Московского Государственного Института Электроники и Математики (МИЭМ).

Программный комплекс ТРИАНА предназначен для моделирования стационарных и нестационарных тепловых процессов, протекающих в стойках, блоках, крейтах, печатных узлах, функциональных ячейках и микросборках радиоэлектронной аппаратуры [5]. ТРИАНА позволяет реализовать следующие проектные задачи:

- определение тепловых режимов работы всех электрорадио изделий (ЭРИ) и материалов несущих конструкций и внесение изменений в конструкцию с целью достижения заданных коэффициентов нагрузки;

- выбор лучшего варианта конструкции из нескольких имеющихся вариантов с точки зрения тепловых режимов работы;

- обоснование необходимости и оценка эффективности дополнительной защиты радиоэлектронных средств (РЭС) от тепловых воздействий;

- создание эффективной программы испытаний аппаратуры на тепловые воздействия (выбор испытательных воздействий, выбор наиболее удачных мест установки датчиков).

Программный комплекс ТРИАНА позволяет анализировать следующие типы конструкций: микросборки, ра-

диоды и теплоотводящие основания, гибридно-интегральные модули, блоки этажерочной и кассетной конструкции, шкафы, стойки, а также нетиповые (произвольные) конструкции.

Подсистема даёт возможность провести анализ стационарного и нестационарного тепловых режимов аппаратуры, работающей при естественной и вынужденной конвекциях в воздушной среде, как при нормальном, так и при пониженном давлении. При анализе нетиповых конструкций определяются температуры выделенных изотермических объёмов; при анализе типовых узлов — температуры ЭРИ, а также дискретное температурное поле типовых узлов и их интегральные температуры.

Полученные в результате расчёта температуры используются в качестве граничных условий для моделирования теплового режима печатного узла с помощью средств комплекса ТРИАНА, в результате которого могут быть получены температуры всех ЭРИ.

Дополнительно следует отметить, что программный комплекс ТРИАНА имеет качественное методическое обеспечение [6], [7].

Заключение

Проведя анализ основных систем теплофизического проектирования, необходимо отметить, что хотя они и являются мощными инженерными средствами проектирования, но каждая из них содержит в себе ограничения и недостатки. В частности, отсутствуют открытые базы данных унифицированных конструкций теплоотводов, крайне мал уровень автоматизации при выборе способа охлаждения. Недостаточно внимания разработчики систем теплофизического проектирования ЭА уделяют организации информационного обмена с используемыми на территории России CAD и ECAD системами, такими как Mentor PADS, Mentor-ExpeditionPCB, Cadence, Altium и т.д. Отсутствуют аппаратные средства оценки эффективности систем охлаждения — лабораторные и исследовательские стенды. Хотя, именно комплексное исследование математической модели и прототипа разрабатываемой системы охлаждения ЭА, способно обеспечить максимальную надёжность и качество серийного изделия.

В результате проведенного исследования, выявлены недостатки существующих средств теплофизического проектирования. С учётом требований изложенных в работе [8], составлена сравнительная таблица.

Учитывая современное развитие информационных технологий, необходимо создание новых, комплексных средств теплофизического проектирования узлов и модулей ЭА. Подобные программно-методические комплексы должны работать в едином информационном поле уже существующих САМ/CAD и ECAD систем. Также, крайне важно иметь в составе подобных комплексов, инструмент проведения натурального эксперимента. Подобные комплексы, объединяющие как известные

Таблица 1. Сравнительная таблица средств теплофизического проектирования ЭА

Параметр	<i>Ansys Icepak</i>	<i>FloTHERM</i>	<i>Qfin</i>	<i>TPuANA</i>
Возможность проведения натуральных экспериментов	нет	нет	нет	нет
Наличие базовых конструкций радиаторов и систем охлаждения	нет	нет	В закрытом формате	нет
Моделирование режимов работы радиатора	да	да	да	нет
Возможность инженерного расчёта радиатора	нет	нет	нет	нет
Интеграция с существующими САПР EDA	Не полная	Не полная	Не полная	Не полная
Метод моделирования (условно)	МКЭ	МКЭ	МКЭ	МКР

программные так и новые аппаратные средства уже разрабатываются в ВУЗах России [9,10].

Применение таких программно-методических комплексов, в сочетании с ECAD системами, позволит со-

кратить сроки, повысить качество разрабатываемой радиоаппаратуры и в соответствии с CALS — технологиями организовать весь жизненный цикл устройства.

Литература:

1. Дульнев Г. Н. Методы расчёта теплового режима приборов/ Г. Н. Дульнев, В. Г. Парфёнов, А. В. Сигалов. — М.: Радио и связь, 1990. — 240 с.
2. Ansys Icepak 12.0. Powerful Fluid Dynamics Software for Thermal Management of Electronic Systems: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ansys.com/assets/brochures/ansys-icepak-12.0.pdf>
3. FloTHERM Electronics Cooling CFD Software — Mentor Graphics: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mentor.com/products/mechanical/products/flotherm>
4. Qfin 4.0: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.qfin.net/drupal/qfin4>
5. Латышев П. Н. Каталог САПР. Программы и производители/ П. Н. Латышев. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. — 608 с.
6. Жаднов В. В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств/ В. В. Жадное, А. В. Сарафанов. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 464 с.
7. Исследование тепловых характеристик РЭС методами математического моделирования: Монография/ В. И. Коваленко, О. В. Межевов, С. В. Работин, А. В. Сарафанов, М. В. Тюкачев, Ю. Н. Кофанов, В. В. Гольдин, В. Г. Журавский.; Под ред. А. В. Сарафанова. М.: Радио и связь, 2003. 456 с.
8. Горячев Н. В. Концепция создания автоматизированной системы выбора теплоотвода электрорадиоэлемента / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. 2010. № 11. С. 171–176.
9. Горячев Н. В. Стенд исследования тепловых полей элементов конструкций РЭС / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, П. Г. Андреев, В. А. Трусов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2008. Т. 2. С. 162–166.
10. Горячев Н. В. Совершенствование структуры современного информационно-измерительного комплекса / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 433–436.

Качество как основа конкурентоспособности мясopодуктов

Дуць Анна Олеговна, студент;

Полтавская Юлия Андреевна, студент;

Губер Наталья Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Хайруллин Марс Фаритович, кандидат технических наук;

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, профессор

Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Современный рынок насыщен множеством производителей, которые вынуждены существовать в условиях жесткой конкуренции. Определяющим параметром конкурентоспособности продукции является ее качество. По методике И.М. Лифица проведены исследования влияния качества на конкурентоспособность колбасы вареной «Докторской», выработанной по ГОСТ 52196.

Ключевые слова: качество, колбаса вареная «Докторская», конкурентоспособность, показатели качества, методика Лифица.

В настоящее время рынок пищевых продуктов насыщен широким ассортиментом продукции различного характера, способной удовлетворить различные вкусы потребителя [1, 2, 3]. Одними из важнейших характеристик, влияющими на выбор потребителя, являются: органолептические, физико-химические и экономические [4, 5].

Современный рынок насыщен множеством производителей, которые вынуждены существовать в условиях жесткой конкуренции, основой «жизни» в которой является высокое качество производимой продукции. Так что же такое качество? На наш взгляд, объективным можно считать следующее определение качества продукции: качество — это совокупность всех признаков и свойств продукции (товара, услуги и т.д.), способная удовлетворять требования, предъявляемые к ней нормативной документацией, а также требования потребителей. [6]. Следовательно, при производстве того или иного продукта, производитель обязан учитывать как требования нормативной документации, так и предпочтения покупателей. Идеальной схемой в данном случае является соотношение цены и качества продукции, что наилучшим образом скажется на конкурентоспособности данного продукта [7, 8].

На кафедре «Прикладная биотехнология» было проведено анкетирование 638 жителей г. Челябинска. Отбор респондентов проходил в соответствии со связанными квотами по полу и возрасту, и отдельно — по образованию. Было установлено, что мясные продукты ежедневно употребляют 266 респондентов (41,7% опрошенных) [9, 10, 11]. Необходимо всесторонне изучать потребительские предпочтения для проектирования и разработки инновационных мясopодуктов с заданными характеристиками [12, 13, 14, 15, 16].

Учитывая высокую популярность мясных продуктов, нами было принято решение изучить конкурентоспособность вареных колбас местных производителей на примере докторской колбасы, произведенной по ГОСТ 52196–2011. Первая «Докторская» колбаса была выпу-

щена в 1936 году. Целевое назначение — оздоровление подорвавшего здоровье населения в результате гражданской войны. Название «Докторская» вареная колбаса приобрела из-за своего «полезного» состава: мясо (свинина нежирная, говядина первого сорта), молоко, специи (соль и др.) и яйца. На данный момент состав и качественные характеристики (органолептические, физико-химические показатели и показатели безопасности) докторской колбасы четко регламентированы ГОСТ Р 52196 и СанПиН 2.3.2.1078 [17, 18].

Цель данной работы — оценка влияния качества продукции (вареная колбаса «Докторская»), представленной производителями Челябинской области, на ее конкурентоспособность. На наш взгляд, именно вареная колбаса «Докторская» является одним из наиболее распространенных и доступных мясopодуктов, в следствие чего и было решено провести данное исследование.

Оценка конкурентоспособности продукции была выполнена по методике И.М. Лифица, которая позволяет оценить уровень конкурентоспособности продукции, на основе анализа ее органолептических и физико-химических свойств. Данная методика позволяет проводить оценку как по совокупности характеристик, так и только по органолептическим показателям [19].

Для проведения исследования, нами были взяты пять образцов продукции (колбаса вареная «Докторская», произведенная по ГОСТ 52196), изготовленная наиболее известными производителями на региональном рынке: «Агрофирма — Ариант» — образец 1, «Княжий Сокольник» — образец 2, «Таврия» — образец 3, МПК «Ромкор» — образец 4, «Калинка» — образец 5.

Нами была сформирована группа экспертов, которая и проводила органолептический анализ зашифрованных образцов [1]. Исследование конкурентоспособности образцов выполнялось по методике И.М. Лифица, которая дает определенный алгоритм действий [3].

Сначала необходимо выбрать базовые образцы и значения показателей качества, такими значениями могут

Таблица 1. Результаты балльной оценки образцов продукции

Образцы	Показатель					
	Внешний вид	Консистенция	Цвет и вид фарша на разрезе	Запах и вкус	М. Д. Б., %	М. Д. Ж., %
Коэффициент весомости	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
базовый	5	5	5	5	не менее 13%	не более 22%
1	5	5	4	5		
2	4	5	4	5		
3	4	4	5	3		
4	4	5	3	2		
5	5	5	1	4		

Таблица 2. Относительные показатели качества исследуемых образцов

Образцы	Показатель, q_i					
	Внешний вид	Консистенция	Цвет и вид фарша на разрезе	Запах и вкус	М. Д. Б., %	М. Д. Ж., %
базовый	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0,8	1		
2	0,8	1	0,8	1		
3	0,8	0,8	1	0,6		
4	0,8	1	0,6	0,4		
5	1	1	0,2	0,8		

служить показатели, приведенные в ГОСТ 52196, или же значения «идеального» продукта, полученные в результате социологического опроса. Далее необходимо определить номенклатуру показателей качества, которые будут оценены (т.е. выбираются основные, самые важные, по мнению экспертов, показатели качества). Нами были выбраны органолептические показатели: внешний вид, консистенция, цвет и вид фарша на разрезе, запах и вкус, жировая доля белка и жира. Выбор остановился на данных категориях показателей, т.к. на наш взгляд они являются наиболее первостепенными при выборе продукта рядовым потребителем [3, 9, 20].

После выбора номенклатуры показателей колбасы вареной «Докторской», мы определяем коэффициенты весомости для каждого, из выбранных показателей (используется метод фиксированной суммы, т.е. сумма весомостей всех показателей должна быть равна 1).

Были определены относительные показатели качества, результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Определяем групповой показатель качества, результаты приведены в таблице 3, и уровень конкурентоспособности (K). В данном случае, результаты аналогичны результатам предыдущего подсчета, т.к. групповой показатель качества базового образца равен 1.

Интегральный показатель конкурентоспособности ($K_{\text{инт}}$) продукции, который и дает нам представление о со-

отношении цены и качества продукта представлен в таблице 4.

В результате проведенных исследований мы выявили, что наивысшим показателем конкурентоспособности обладает образец 1 («Агрофирма — Ариант») показатель конкурентоспособности (K) равен 2,047, а интегральный показатель конкурентоспособности ($K_{\text{инт}}$) — 0,009. В результате можно сделать вывод, что наивысшим показателем конкурентоспособности обладает образец 1 — колбаса вареная «Докторская», производитель «Агрофирма — Ариант». По мнению экспертной группы, данный образец обладает наивысшими потребительскими свойствами, что наглядно отражается в показателе конкурентоспособности. По мнению экспертной группы, данный образец обладает наивысшими потребительскими свойствами, что наглядно отражается в показателе конкурентоспособности.

В этой связи другим оцениваемым производителям колбасных изделий рекомендуем для повышения конкурентоспособности продукции проработать соотношение «цена — качество» до достижения требуемого уровня конкурентоспособности. А для более наглядного «эталона», к которому необходимо стремиться, наилучшим вариантом может стать «портрет» колбасного изделия, составленный самими потребителями в ходе опроса или анкетирования.

Таблица 3. Групповые показатели качества продукции

Образцы	Групповой показатель, I_i
базовый	1
1	2,047
2	0,917
3	0,777
4	0,647
5	0,797

Таблица 4. Показатель конкурентоспособности

Образцы	Показатель		
	Средняя розничная цена, C , руб/кг	Уровень конкурентоспособности, K	Интегральный показатель конкурентоспособности, $K_{\text{инт}}$
базовый	250	1	0,004
1	225	2,047	0,009
2	327	0,917	0,002
3	322	0,777	0,002
4	289	0,647	0,002
5	268	0,797	0,003

Литература:

1. Ребезов М. Б., Ассортимент продукции мясоперерабатывающего предприятия / М. Б. Ребезов, Е. Ю. Кожевникова, А. И. Попова // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: в 3 т. Том III: Качество. Экономика. Образование. мат. III всерос. научн.-практ. конф. с междунар. уч. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — Т. 3. — С. 88–94.
2. Ребезов М. Б. Экология и питание. Проблемы и пути решения. / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Альхамова Г. К., Лукин А. А., Хайруллин М. Ф. // Фундаментальные исследования. 2011. № 8–2. С. 393–396.
3. Наумова Н. Л., Функциональные продукты. Спрос и предложение (монография) / Н. Л. Наумова, М. Б. Ребезов, Е. Я. Варганова. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. — 78 с.
4. Хайруллин М. Ф. Изучение существующих аналогов и создание модели перспективного биомясoproducta «Мясные снеки» / М. Ф. Хайруллин, А. О. Дуць // Молодой ученый. — 2013. — № 1. — С. 26–28.
5. Ребезов М. Б. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания. / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Хайруллин М. Ф., Альхамова Г. К., Лукин А. А. // Пищевая промышленность. 2011. № 5. С. 13–15.
6. Ребезов М. Б., Определение потребностей потребителей / М. Б. Ребезов, К. Е. Трапезникова, Е. С. Вайскрובה // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов. — Кемерово: КемТИП, 2008. — Вып. 15. — С. 104–106.
7. Ребезов М. Б., Использование статистических методов для анализа качества и безопасности пищевых продуктов / М. Б. Ребезов, Е. П. Грашина // Качество продукции, технологий и образования: мат. III всерос. научн.-практ. конф. — Магнитогорск: МГТУ, 2008. — С. 135–138.
8. Ребезов М. Б., Применение диаграммы Исикавы для анализа качества и и безопасности пищевых продуктов / М. Б. Ребезов, Е. П. Грашина // // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов. — Кемерово: КемТИП, 2008. — Вып. 15. — С. 104–106.
9. Хайруллин М. Ф. О потребительских предпочтениях при выборе мясных продуктов / Хайруллин М. Ф., Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Лукин А. А., Дуць А. О. // Мясная индустрия. 2011. — № 12. — С. 15–17.
10. Наумова Н. Л. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания / Наумова Н. Л., Ребезов М. Б., // Фундаментальные исследования. 2012. № 4–1. С. 196–200.
11. Ребезов М. Б., Оценка предпочтений покупателей колбасных изделий в г. Челябинске / М. Б. Ребезов, А. И. Попова // Научный поиск: мат. II научн. конф. аспирантов и докторантов. Технические науки. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — Т. 1. — С. 278–280.

12. Хайруллин М. Ф. Создание инновационных продуктов питания / Хайруллин М. Ф., М. Л. Лакеева, Е. Я. Варганова, А. О. Дуць // Качество продукции, технологий и образования: мат. VII всерос. научн.-практ. конф., с междунар. уч. — Магнитогорск: МГТУ, 2011. — С. 189–191.
13. Ребезов М. Б., Патентный поиск проектирования функциональных продуктов питания / М. Б. Ребезов, О. В. Зинина, О. В. Несмеянова, Н. Н. Максимюк, Б. К. Асенова // Научное обеспечение инновационного развития животноводства: мат. XX междунар. научн.-практ. конф. — Жодино: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», 2013. — С. 435–436.
14. Соловьева А. А., Инновационные технологии в производстве пищевых и сельскохозяйственных продуктов / А. А. Соловьева, М. Б. Ребезов, А. Н. Нургазезова, К. Дайырханова // Қазақстанның тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібі: қазіргі жағдайы мен даму болашағы: мат. халықаралық ғылы-тәжірибелік конф., 31 мамыр 2013 ж. — Семей: Шәкәрім атынд. Семей мемлекеттік университеті, 2012. — Б. 137–139.
15. Ребезов М. Б., Инновационные технологии / М. Б. Ребезов, Наумова Н. Л., Зайнутдинов Р. Р., Альхамова Г. К., Лукин А. А. и др. // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. IV междунар. научн.-практ. конф. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — С. 282–285.
16. Асенова Б. К., Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов / Б. К. Асенова, К. Ж. Амирханов, М. Б. Ребезов // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: мат. междунар. научн.-практ. конф. (22–24 апреля 2013 года). — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. — С. 313–317.
17. ГОСТ 52196 — Изделия колбасные вареные. Технические условия. — М.: Госстандарт, 2011. — 32 с.
18. СанПиН 2.3.2.1078 Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — Введ. 2001–11–14. — М.: Изд-во стандартов, 2002. — 362 с.
19. Лифиц И. М. Конкурентоспособность товаров и услуг: уч. пособие / И. М. Лифиц — М.: Высшее образование; Юрайт — Издат, 2009. — 460 с.
20. Ребезов М. Б., Анализ ассортимента и оценка качества колбас для детского питания / М. Б. Ребезов, А. И. Попов, А. А. Колоскова, И. А. Алексеева // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: в 3 т. Том I: Пищевая промышленность. Агропромышленный комплекс: мат. III всерос. научн.-практ. конф. с междунар. уч. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — Т. 1. — С. 126–133.

Профессиональная надежность водителя автомобильного транспорта

Дятлов Максим Николаевич, старший преподаватель;
 Долгов Кирилл Олегович, кандидат технических наук, доцент;
 Тодоров Алексей Николаевич, старший преподаватель.
 Волгоградский государственный технический университет

Высокий уровень автомобилизации, способствуя более полному удовлетворению перевозочных потребностей на рынке транспортных услуг, имеет и ряд негативных последствий, прежде всего аварийность на транспорте.

Обстоятельства, при которых совершаются происшествия, чрезвычайно разнообразны. Но анализ причин, вызвавших происшествия, показал их известную общность, что позволило свести эти причины в однородные по характеру группы:

- несоблюдение правил движения водителями и пешеходами;
- несоблюдение водителями правильных приемов управления автомобилями, т.е. применение таких приемов, которые создают возможность заносов, опрокидывания, потери управления или поломки и порчи механизмов;
- понижение работоспособности водителей вследствие переутомления или под влиянием причин, вызыва-

ющих изменения самочувствия и неправильное восприятие дорожной обстановки;

- неудовлетворительное техническое состояние автомобилей и несоблюдение правил технического использования их;

- неудовлетворительное состояние и содержание дорог;

- неправильная организация движения [1, с. 703].

Как правило, дорожно-транспортные происшествия вызываются одновременно несколькими причинами.

Обычно показатели аварийности жестко связывают с уровнем автомобилизации. Тем не менее, анализ дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в наиболее развитых странах показывает, что, несмотря на высокие темпы автомобилизации, имеются возможности в общегосударственном масштабе добиться значительного снижения ДТП и поддерживать достаточно стабильно эти показатели аварийности. В качестве примеров можно

привести такие страны, как Япония, Германия, США, Англия, Швеция и другие.

Такие существенные результаты в решении проблемы обеспечения безопасности дорожного движения были достигнуты за счет реализации общегосударственных комплексных программ борьбы с аварийностью. Эти программы были направлены на инженерное обеспечение организации дорожного движения. Были выделены значительные капиталовложения в строительство и содержание дорог, совершенствование системы организации дорожного движения, внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением, разработку конструкций безопасных автомобилей, улучшение программ подготовки водителей.

Общей проблемой для всех стран вне зависимости от уровня автомобилизации является диспропорция в темпах роста численности автопарка и протяженности улично-дорожной сети. Это обстоятельство способствует перенасыщению улично-дорожной сети транспортными потоками, усложнению условий движения, снижению скорости сообщения, задержкам на перекрестках. Недостаточная пропускная способность элементов улично-дорожной сети приводит к возникновению заторовых ситуаций.

Высокий уровень автомобилизации создает существенные проблемы при организации стояночного режима. Значительное количество автомобилей, стоящих на магистральных улицах городов, снижает пропускную способность, создает помехи маршрутному транспорту.

Постоянное увеличение численности автопарка вовлекает в процесс дорожного движения большую массу водителей-новичков, имеющих слабые навыки вождения автомобиля, что обостряет проблему обеспечения безопасности дорожного движения.

Структурные изменения, произошедшие в последние годы на автомобильном транспорте, привели к возникновению множества мелких и средних предприятий, занимающихся оказанием транспортных услуг. Как правило, уровень деятельности по обеспечению безопасности движения на таких предприятиях не соответствует современным требованиям [2, с. 3].

Применительно к транспортному процессу структурную схему системы эксплуатации автомобильной тех-

ники с некоторыми условностями можно представить состоящей из четырех основных элементов: «водитель—автомобиль—дорога—среда» (ВАДС) (рис. 1).

Высокие технико-эксплуатационные характеристики автомобиля, его исправность, подогнанное по росту сиденье, хорошая обзорность, информативность контрольно-измерительных приборов, легкость работы с органами управления, соответствующий санитарно-гигиеническим требованиям микроклимат в кабине способствуют сохранению высокой работоспособности водителей, а, следовательно, повышают их надежность.

Дорога имеет свои параметры. К ним относятся: ширина проезжей части, конфигурация в плане и профиле, состояние покрытия, границы (тротуар, кювет, обочина). К дороге имеют отношение находящиеся на ней и в придорожном пространстве транспортные средства, пешеходы, животные, светофорные объекты, дорожные знаки и разметка, неподвижные препятствия. Обустройство дороги, и уровень организации дорожного движения могут облегчать или затруднять работу водителя и, таким образом, оказывать прямое влияние на его надежность.

Среда движения характеризуется освещенностью, влажностью, температурой, ветром, запыленностью, видимостью, а также солнечной геомагнитной активностью и перепадами барометрического давления. От большей части отрицательных воздействий среды водитель должен быть защищен соответствующим техническим обустройством автомобиля [3, с. 7].

Главным оператором этой системы, несомненно, является водитель, который должен всегда предвидеть, в какой ситуации может оказаться, и знать, каким образом в ней действовать. Водитель должен быстро и точно реагировать на раздражители, оценивать значение окружающих объектов, технические данные автомобиля, которым он управляет, принимать правильное решение для выполнения маневрирования транспортным средством. Часто водителю приходится действовать мгновенно с целью предотвращения дорожно-транспортного происшествия [4, с. 95].

Надежность водителя — это способность безошибочного вождения транспортного средства при различных дорожных и погодных условиях в течение рабочего времени. Надежность определяется комплексом взаимосвязанных

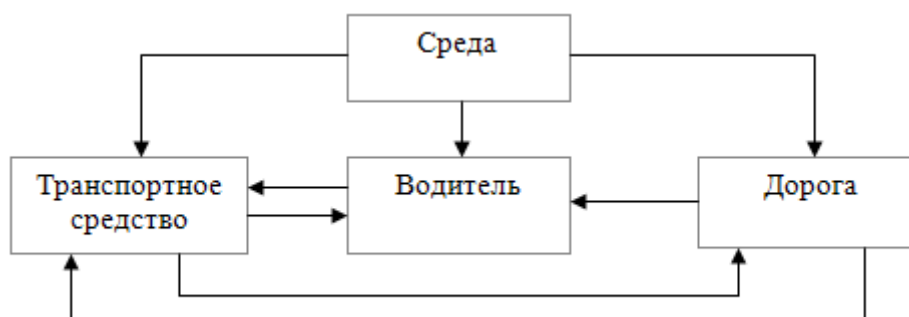


Рис. 1. Структурная схема системы ВАДС

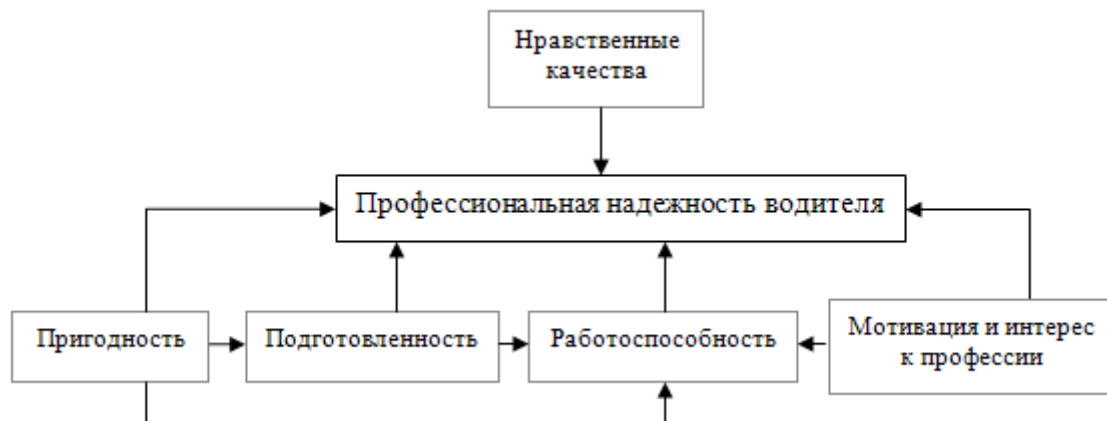


Рис. 2. Основные факторы, определяющие профессиональную надежность водителя

медико-биологических, психофизиологических и внешних факторов (рис. 2). Одно из основных мест в этом комплексе занимает уровень работоспособности водителя. Вместе с тем до настоящего времени неясен вопрос, какой уровень работоспособности водителя и в каких условиях обеспечивает его достаточную надежность как звена упомянутой системы.

Учитывая, что ошибка водителя может угрожать здоровью и жизни как самого водителя, так и других людей, требования к его работоспособности должны быть достаточно высокими. [5, с. 121].

Высокая работоспособность — это состояние человека, позволяющее ему выполнять работу с высокой производительностью и высокими качественными показателями в течение определенного времени. При сниженной работоспособности водитель может допустить грубые ошибки при управлении транспортным средством, которые нередко приводят к ДТП [3, с. 7].

Множество действующих на водителя факторов определяют эффективность его труда. Выделяют субъективные — зависящие от водителя и объективные — внешние по отношению к водителю факторы, влияющие на эффективность операторской деятельности (рис. 3).

К субъективным факторам относят: психологическое и физическое состояние водителя, состояние здоровья, уровень подготовленности к данному виду операторской деятельности и т.д. Под постоянными субъективными факторами понимают совокупность всех физических, физиологических и психических свойств личности водителя и их влияние на успешность трудовой деятельности. Такая группа временных субъективных факторов, как нарушение здоровья, утомление, эмоциональные возбуждения, управление автомобилем в состоянии алкогольного опьянения, под воздействием лекарственных или наркотических средств, оказывают существенное влияние на функциональные возможности водителя.

Объективные факторы, в свою очередь, делятся на аппаратные, зависящие от функционирования техники, и средовые, зависящие от рабочей среды, в которой дей-

ствует водитель. Аппаратурные факторы определяются организацией рабочего места водителя, формой и видом предъявления потока рабочей информации, особенностями систем, контролирующих выполнение деятельности. Средовые факторы определяются условиями обитаемости, обстановкой, организацией деятельности (режимы труда и отдыха, количество рабочих смен и др.) [6, с. 90].

Причинами снижения работоспособности водителей чаще всего являются утомление, употребление алкоголя, болезненное состояние, сильное эмоциональное возбуждение, депрессивное состояние, прием некоторых лекарственных средств, курение и т.д.

Важным компонентом обеспечения надежности водителя является мотивация. Она выражается в заинтересованности человека в процессе работы, результатах труда, удовлетворенности работой в целом. Мотивация обеспечивается и поддерживается режимом труда, оплатой труда, условиями работы, состоянием рабочего места, отношениями с коллективом предприятия и другими факторами. Поощряя желательные и наказывая нежелательные формы поведения водителя можно достичь необходимого эффекта [7, с. 17].

Вопрос мотивации трудовой деятельности является чрезвычайно важным и актуальным. Известно, что работоспособность человека существенно меняется в зависимости от уровня и особенностей мотивации.

Если водитель не проявляет интереса к сфере профессиональной деятельности, то снижает эффективность своей работы, так как у него отсутствует потребность повышать свое мастерство и квалификацию.

Исследования и жизненные ситуации доказывают, что интерес к работе, трудолюбие, чувство ответственности, скромность и другие положительные человеческие качества, соответствуют надежным водителям.

Ни одно из свойств личности водителя не оказывает столь непосредственного влияния на безопасность дорожного движения и не характеризует надежность самого водителя, как его нравственность.



Рис. 3. Основные факторы, влияющие на работоспособность водителя в пути

Среди водителей немало таких, которые не считаются ни с кем и ни с чем. Они считают себя достойнее всех прочих водителей. Для достижения своих эгоистических намерений они с легкостью и необузданным азартом превышают допустимую скорость, выполняют необоснованно опасные маневры, создавая много опасных ситуаций. Рано или поздно с большой вероятностью они совершают ДТП различной тяжести [8, с. 21].

Пригодность водителя в настоящее время устанавливается путем его медицинского освидетельствования.

Однако, обследуя состояние здоровья и функции органов зрения и слуха человека, мы еще не получаем полных данных, позволяющих судить о способностях будущего водителя.

Процесс управления автомобилем связан с решением задач, требующих высокого уровня развития психофизиологических качеств человека. Наиболее ярко психофизиологические особенности водителя проявляются в условиях дефицита времени, высокой интенсивности движения автомобилей, больших скоростей, при управлении автомобилем в темное время суток, в сложной дорожной обстановке и т. п. [9, с. 5].

Приведенные примеры показывают, что психофизиологические качества водителя имеют не только большое значение, но иногда оказывают решающее влияние на безопасность движения.

В настоящее время разработано большое количество технических средств, применяемых для исследования психофизиологических функций и характеристик с целью

проведения профессионального отбора на различные виды перевозок [10].

Таким образом, предрасположенность будущих водителей к дорожно-транспортным происшествиям, может быть выявлена специальными методами психофизиологического обследования.

С увеличением количества транспортных средств, скорости и интенсивности их движения повышаются требования к профессиональной подготовки водителей.

Использование различных тренажеров позволяет быстрее овладеть водительскими навыками и совершенствовать их [11].

Профессиональная надежность водителя характеризуется большим количеством параметров, показателей и факторов. Это очень емкое понятие. Водитель занимает особое место в системе ВАДС и имеет непосредственное отношение к ее надежности.

Численность водителей в последние годы значительно увеличилась. Эти изменения привели к существенному увеличению удельного веса молодых, начинающих водителей, у которых нет опыта и навыков управления транспортными средствами. Поэтому водитель, управляющий транспортным средством, должен быть всегда готов уступить дорогу тому, кто совершил ошибку.

Безупречного и абсолютно надежного водителя не существует. Какого бы уровня мастерства не достиг водитель, всегда можно добиться большего. Каждый водитель, не зависимо от возраста, опыта и уровня мастерства, должен всегда учиться на чужих и своих ошибках и не повторять их.

Литература:

1. Боровский Б. Е. Водителю 2 и 1 класса. Л. Лениздат, 1970. — 768 с.
2. Коноплянко В. И., Гуджоян О. П., Зырянов В. В., Березин А. С. Безопасность движения: Учебное пособие. — Кемерово: Кузбассвузиздат, 1998. — 72 с.
3. Автотранспортная психология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. Н. Романов. — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 224 с.
4. Основы управления транспортными средствами и безопасность движения: Учеб. пособие / С. В. Филимонов, С. Г. Талышев, Ю. В. Илясов — Пенза: Изд — во Пенз. гос. ун — та, 2007. — 98 с.
5. Вайсман А. И. Гигиена труда водителей автомобилей. М.: Медицина, 1988. — 192 с.

6. Сергеев С. Ф. Инженерная психология и эргономика: Учебное пособие. М.: НИИ школьных технологий, 2008. 176 с.
7. ЧЕЛОВЕК-ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА: Учебное пособие / А. Г. Петрушин, Ю. Я. Комаров; Волгоград. Гос. Техн. ун-т. — Волгоград, 1996. — 105 с.
8. Искусство управления автомобилем: Справ. пособие / А. И. Куперман, М. Б. Афанасьев: — М.: Высш. шк., 2003.-263 с. : ил.
9. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей. Игнатов Н. А., Мишуринов В. М., Мушегян Р. Т., Сергеев В. А. — М., Транспорт. 1978. — 88 с., ил.
10. Дятлов М. Н. Приборы психофизиологического обследования водителей / М. Н. Дятлов // Молодой ученый. — 2013. — № 4. — С. 59–61.
11. Дятлов М. Н. Электронные системы обучения водителя транспортного средства / М. Н. Дятлов // Молодой ученый. — 2013. — № 3. — С. 52–56.

Оптимизация времени проектирования с использованием современных машиностроительных САПР

Дятлов Максим Николаевич, старший преподаватель;
Федотов Михаил Юрьевич, студент;
Федотова Наталья Викторовна, кандидат педагогических наук, доцент
Волгоградский государственный технический университет

Важнейшей проблемой, которую предстоит решать в ближайшее время в области информационных технологий, является электронное описание изделий в процессах конструирования, технологической подготовки производства и производства продукции. Перед промышленностью стоит задача реального перехода предприятий к действительно безбумажным технологиям проектирования, производства и эксплуатации продукции [1].

В настоящее время прогрессивным методом автоматизированного проектирования является разработка и совершенствование конструкции объекта проектирования с использованием современных систем компьютерного трехмерного моделирования. С помощью современных систем проектирования можно создавать многовариантные параметрические и динамические модели, проверять их свойства и поведение на компьютере до запуска в опытную партию и производство, что позволяет существенно сократить количество ошибок проектирования и ускорить реализацию проекта [2].

Одним из наиболее важных этапов проектирования машиностроительных изделий является этап конструирования. Значимость его не только в том, что на этом этапе формируется концептуальный облик будущего изделия, но и в том, что именно на этапе конструирования создаются математически точные геометрические модели как отдельных деталей, так и всего изделия, которые будут играть определяющую роль на всех последующих этапах жизненного цикла изделия.

В настоящее время все существующее программное обеспечение автоматизированного проектирования принято классифицировать по функциональной полноте. По этому признаку оно условно делится на три уровня. К ни-

жнему уровню относятся программы, реализующие 2D модели в виде чертежей и эскизов. На среднем уровне располагаются программные комплексы, которые позволяют создавать трехмерную геометрическую модель сравнительно несложного изделия, в основном методом твердотельного моделирования. Наиболее мощные (тяжелые) программные системы сквозного проектирования и производства расположены на верхнем уровне. В них реализовано поверхностное моделирование. Они предназначены для создания объектов сложной формы (поверхностные формы самолетов, автомобилей, бытовой техники) [1].

Машиностроительные САПР среднего уровня — это системы геометрического моделирования, которые позволяют работать с формами в трехмерном пространстве. К наиболее часто используемым графическим редакторам относятся AutoCAD, КОМПАС, SolidWorks и другие (таблица 1).

Эти системы были созданы для того, чтобы преодолеть проблемы, связанные с использованием физических моделей в процессе проектирования. Эти системы создают среду, подобную той, в которой создаются и изменяются физические модели. Визуальная модель, созданная с использованием системы геометрического моделирования, может выглядеть точно так же, как физическая, но она нематериальна.

Их общее назначение — создание трехмерных моделей деталей и сборочных изделий. Проектирование происходит на уровне твердотельных моделей с использованием конструкторских библиотек, с привлечением современного математического аппарата для проведения необходимых расчетов.

Таблица 1. Типичные САПР среднего уровня

Фирма и страна производитель	Autodesk, США	Siemens PLM Software, США	Dassault Systemes, США	АО «АСКОН», Россия	АО «Топ Системы», Россия
Программные продукты	Inventor Series, Inventor Professional	Solid Edge	Solid Works	КОМПАС-3D	T-Flex CAD 3D

Каждая из систем проектирования среднего уровня наряду с общими возможностями, объединяющими их, обладает дополнительными свойствами и функциями моделирования [3].

Оптимальное проектирование предполагает создание технического объекта не только выполняющего заданные функции, но и отвечающие некоторым заранее установленным критериям качества.

Самый низкий уровень оптимального проектирования предполагает нахождение лучшего варианта конструкции, основанное на подборе нескольких, выполненных без использования вычислительной техники, математических моделей и соответствующих методов оптимизации вариантов.

При более высоком уровне задачи оптимального проектирования, сформулированные в виде математических моделей, решаются с применением соответствующих математических методов оптимизации и на базе ЭВМ. К высшему уровню относятся задачи оптимального проектирования, решаемые в рамках САПР.

В САПР задачи оптимизации могут решаться на всех этапах процесса проектирования. Так, на этапе эскизной проработки задача оптимального проектирования может состоять в определении рациональных значений необходимого числа основных параметров проекта, определяющих будущий облик технического объекта. На этапах технического и рабочего проектирования задачи оптимизации могут носить более глубокий характер, охватывающий вопросы определения оптимальных значений основных параметров как объекта в целом, так и отдельных узлов и деталей.

В процессе разработки САПР проблема оптимального проектирования заключается в решении следующих основных вопросов:

- определение этапов процесса автоматизированного проектирования, сопровождаемых решением тех или иных задач оптимизации;
- построение математических моделей оптимизации и разработка машинных алгоритмов;
- создание или заимствование программного обеспечения решения задач оптимизации;
- разработка системы диалогового формирования и просмотра вариантов объекта проектирования с определением значений тех или иных показателей качества а также формирования математических моделей и управления процессом решения соответствующих задач.

— оптимизация времени разработки

Совершенствование конструкции при проектировании обеспечивается ее оптимизацией по одному или нескольким критериям. Для различных механизмов критериями эффективности конструкции могут быть приняты: высокая надежность, минимальное межосевое расстояние или масса, габаритные размеры и стоимость, наибольший КПД, высокая точность и т.д. При этом часто критерии могут быть противоречивыми.

При оптимизации по одному критерию задача решается наиболее просто. Например, решение можно получить перебором различных вариантов конструкции и выбором наилучшего. Решение многокритериальных задач более сложно. Многокритериальная оптимизация используется, когда одного критерия для оценки качества недостаточно.

В условиях развития САПР формализация процесса автоматизированного поиска технических решений и оптимизация параметров машиностроительных узлов вызывает значительные трудности и требует применение специальных эвристических методов принятия решений, численных методов оптимизации и больших ресурсов по времени и мощности ЭВМ.

Таким образом, можно сделать вывод, что конструирование — многовариантно. Оптимальным в общем случае следует считать вариант, который обеспечивает нужные показатели работы при минимальных затратах.

Руководство предприятий повсеместно начинает осознавать эффективность вложений в передовые информационные технологии.

В свою очередь, растут и требования, предъявляемые заказчиками к САПР.

Количество пользователей подобных пакетов очень велико, и это создает проблему перегрузки программ функциями, которые многим пользователям могут быть и не нужны. В то же время у отдельных групп пользователей возникают специфические требования, своевременно не учтенные разработчиками основного программного пакета или не представляющие интереса для большинства других пользователей.

По этим причинам в программах массового распространения часто содержатся средства для расширения их функциональности силами самих пользователей.

В качестве простейшего примера средств расширения программного пакета можно назвать макросы — сред-

ства, позволяющие запомнить часто повторяющуюся последовательность команд пакета и затем воспроизводить ее всего одной новой командой.

Другим вариантом расширения программных пакетов является использование специализированных языков программирования. Это может быть целесообразно, когда требуется работать со сложными структурами данных и объемными исходными текстами, разработки которых язык VBA не слишком удобен.

Распространен еще один способ наращивания функциональности пакета — разработка дополнительных модулей (Plug-in) на компилируемых языках программирования общего назначения, таких как Pascal, Си или Си++.

Таким образом, можно выделить три основных способа расширения функциональности программных пакетов:

- язык Visual Basic for Applications;
- специфический язык программирования;
- дополнительные модули [4, с. 203].

Каким бы большим ни был набор библиотек к графической системе, он все равно не сможет охватить все множество различных отраслей промышленности и в полной

мере удовлетворить требованиям всех категорий пользователей. Это характерно не только для инженерной графики, моделирования или автоматизации производства. В наше время, когда стало нормой внедрять информационные технологии везде, сфера их использования бывает иногда значительно шире их же возможностей. Спектр задач конструирования стал настолько обширным, что решение некоторых из них как стандартными, так и прикладными средствами, предоставленными компанией-разработчиком программного обеспечения, может отнимать много времени и быть нерациональным, а иногда даже невозможным [5, с. 485].

Преимуществом современных машиностроительных систем проектирования является открытость для развития со стороны пользователей — как профессиональных программистов, так и рядовых инженеров. Кроме базовых продуктов и библиотек они включают инструменты и приложения для создания пакета пользовательских библиотек. Все эти дополнительные возможности позволяют автоматизировать повторяющиеся действия, исключить ошибки пользователей и оптимизировать сроки реализации проекта.

Литература:

1. Ханов Г. В., Асеева Е. Н., Дятлов М. Н. Твердотельное геометрическое моделирование в ходе подготовки магистров. // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. № 8 (68) / ВолгГТУ. — Волгоград, 2010. — 220 с. (Сер. Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе. Вып. 7). — С. 199–203.
2. Использование твердотельного моделирования при графической подготовке студентов ВолгГТУ / Ханов Г. В., Федотова Н. В., Тодоров А. Н., Дятлов М. Н. // Изв. ВолгГТУ. Серия «Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе». Вып. 9: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — Волгоград, 2012. — № 11 (98). — С. 160–162.
3. Ханов Г. В., Дятлов М. Н. Анализ машиностроительных САПР среднего уровня. // II Международная научно-техническая конференция «Прогрессивные технологии в современном машиностроении» г. Пенза, июнь 2006 г.
4. А. Богуславский Си++ и компьютерная графика. Лекции и практикум по программированию на Си++. — М.: Компьютер Пресс, 2003. — 352 с. : ил.
5. Кидрук М. И. Компас-3D V10 на 100% (+CD): Питер, 2009. — 560с.: ил. — (Серия «На 100%»).

Расчет общей жесткости упругих элементов жидкостного автобалансирующего устройства, установленных без предварительного натяжения и сжатия

Желтушкин Леонид Сергеевич, аспирант

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал), Донской государственный технический университет (г. Шахты)

Одним из наиболее перспективных направлений снижения вибрации стиральных машин при центробежном отжиме является использование жидкостных автобалансирующих устройств (АБУ) пассивного действия.

В настоящее время активно ведутся разработки конструкции жидкостного АБУ ([1], [2], [3]), представляющего стиральный барабан с двойными боковыми стенками, внутреннее пространство между которыми ограничено герметичными эластичными элементами и заполнено рабочей жидкостью (рис. 1).

Причем, боковые поверхности внутренней и наружной емкостей барабана связаны между собой с помощью упругих элементов, позволяющих перемещаться внутренней емкости под воздействием центробежной силы от неуравновешенных масс текстильных изделий в период отжима. Таким образом возникает уравновешивающая сила от массы ра-

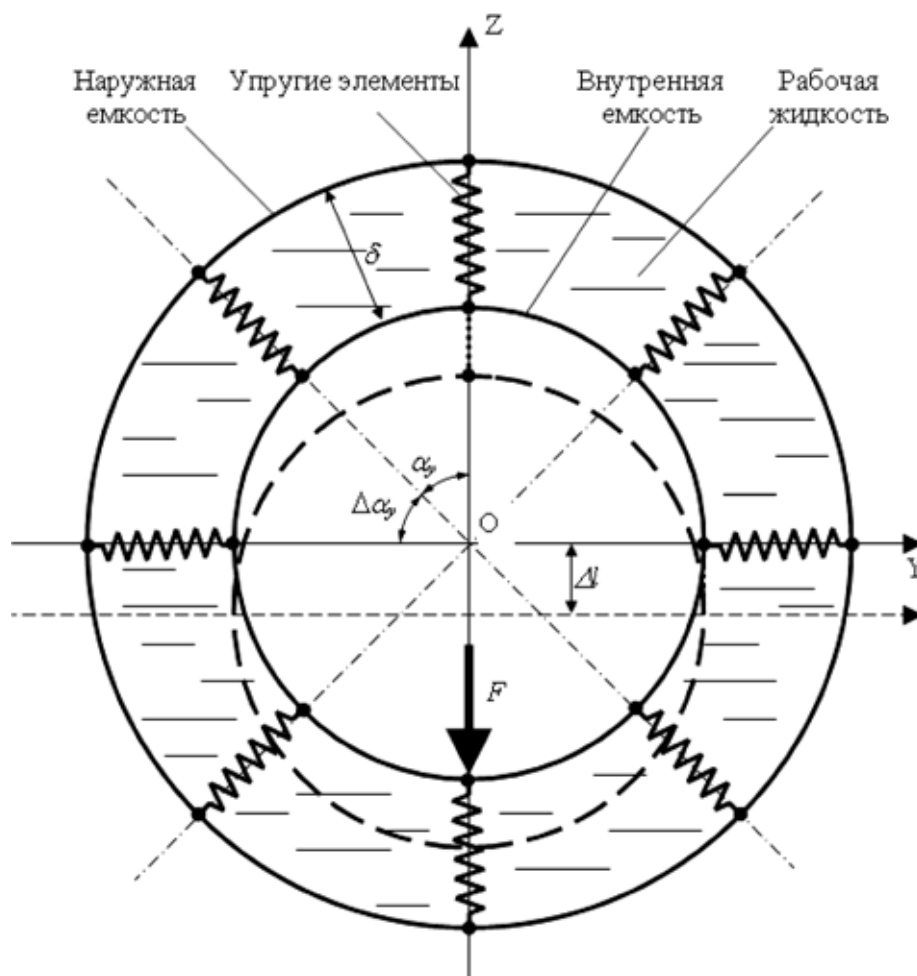


Рис. 1. Схема жидкостного АБУ: F — центробежная сила, приложенная к внутренней емкости в результате неравномерного распределения текстильных изделий; Δl — смещение внутренней емкости под действием силы F ; δ — расстояние между боковыми поверхностями емкостей барабана; α_y — угол между осью упругого элемента и линией действия приложенной силы F ; $\Delta\alpha_y$ — угол между осями упругих элементов

бочей жидкости, перемещающейся в противоположном действию центробежной силы направлении. Синхронное вращение внутренней и наружной емкостей обеспечивается за счет четырехзвенного шарнира, устанавливаемого между торцевыми задними стенками емкостей.

В работе [4] приведена методика расчета параметров пространственной ориентации упругих элементов АБУ данного типа. Однако, вопросы, связанные с определением общей жесткости системы и, соответственно, суммарных сил упругого сопротивления при действии на внутреннюю емкость внешней силы, являются в настоящее время неизученными.

При исследовании общей жесткости Σc_y системы упругих элементов АБУ примем условие, что коэффициент жесткости при растяжении $c_{y,p}$ равен коэффициенту жесткости при сжатии $c_{y,сж}$, т. е. $c_y = c_{y,p} = c_{y,сж}$, что соответствует большинству типов применяемых в технических системах пассивных (т. е. неуправляемых) упругих элементов в их рабочем диапазоне и, в том числе, наиболее распространенным упругим элементам — стальным витым цилиндрическим пружинам.

Для определения общей жесткости упругих элементов рассматриваемой системы АБУ следует учитывать, что возможны следующие варианты установки упругих элементов (пружин):

- 1) без предварительного натяжения и сжатия;
- 2) с предварительным натяжением;
- 3) с предварительным сжатием.

В первом случае, когда упругие элементы устанавливаются без предварительного натяжения и сжатия, при перемещении внутренней ёмкости на величину Δl под действием приложенной силы часть упругих элементов растягиваются, а другая часть, противоположно расположенных упругих элементов, сжимаются.

Очевидно, что в этом случае общая жёсткость Σc_y системы упругих элементов АБУ будет определяться суммой жёсткостей всех упругих элементов системы в направлении вектора смещения внутренней ёмкости, т. е. в направлении действия приложенной к внутренней ёмкости силы F .

Анализ схемы устройства АБУ позволил установить, что жесткость каждого упругого элемента c_{yF} вдоль направления действия приложенной к внутренней ёмкости силы F может быть определена по формуле:

$$c_{yF} = c_y \cos \left[\alpha_y - \arctan \left(\frac{\Delta l \sin \alpha_y}{\delta + \Delta l \cos \alpha_y} \right) \right],$$

где α_y — угол наклона оси упругого элемента относительно линии действия приложенной к внутренней ёмкости силы F ; Δl — перемещение внутренней ёмкости под действием силы F ; $\delta = (D_n - d_o)$ — расстояние между боковыми стенками наружной и внутренней ёмкостями; D_n — диаметр наружной ёмкости; d_o — диаметр внутренней ёмкости.

Тогда при наличии в системе n_y упругих элементов, установленных через равные промежутки, равные углу $\Delta \alpha_y = \frac{360}{n_y} = \frac{2\pi}{n_y}$, общая жёсткость Σc_{yF} системы упругих элементов АБУ вдоль направления действия приложенной к внутренней ёмкости силы F будет равна:

$$\sum_{i=1}^{i=n} c_{yFi} = n_y c_y \sum_{i=1}^{i=n} \cos \left\{ \left(\alpha_{y1} + (i-1) \Delta \alpha_y \right) - \arctan \left[\frac{\Delta l \sin \left(\alpha_{y1} + (i-1) \Delta \alpha_y \right)}{\delta + \Delta l \cos \left(\alpha_{y1} + (i-1) \Delta \alpha_y \right)} \right] \right\},$$

где α_{y1} — угол наклона оси упругого элемента, наиболее близко расположенного относительно линии действия приложенной к внутренней ёмкости силы F .

Очевидно, что при изменении угла наклона α_{y1} в диапазоне возможных его значений $\alpha_{y1} = 0 \dots \Delta \alpha_y$ будут происходить изменения общей жесткости системы Σc_{yF} также в диапазоне ее возможных значений, т. е. от минимального Σc_{yFmin} (максимального Σc_{yFmax}) до максимального Σc_{yFmax} (минимального Σc_{yFmin}) значения.

Для адекватного реагирования системы АБУ на воздействие приложенной силы F при различной ее случайной ориентации относительно упругих элементов системы, определяемой углами α_{y1} и $\Delta \alpha_y$, необходимо, чтобы диапазон разброса значений Σc_{yF} был минимальным. Можно предположить, что для выполнения этого условия необходимо иметь как можно большее количество упругих элементов n_y и их число должно быть четным.

Исходя из конструктивных соображений можно также предположить, что наименьшее возможное количество упругих элементов должно быть не менее шести, т.е. $n_y \geq 6$.

Для оценки разброса значений Σc_{yF} при $n_y = 6$ ($\Delta \alpha_y = 60^\circ$, $\alpha_{y1} = 0 \dots 60^\circ$), $n_y = 7$ ($\Delta \alpha_y = 51,43^\circ$, $\alpha_{y1} = 0 \dots 51,43^\circ$), $n_y = 8$ ($\Delta \alpha_y = 45^\circ$, $\alpha_{y1} = 0 \dots 45^\circ$), $n_y = 9$ ($\Delta \alpha_y = 40^\circ$, $\alpha_{y1} = 0 \dots 40^\circ$) примем исходные расчетные данные с учетом конструктивных особенностей стиральных машин: $c_y = 500$ Н/м; $\delta = 0,05$ м; $\Delta l = 0,01$ м.

На рис. 2–5 показаны зависимости общей жесткости Σc_{yF} системы упругих элементов АБУ при различных значениях количества упругих элементов n_y и угла α_{y1} .

Разброс значений общей жесткости $\Delta \Sigma c_{yF}$ системы упругих элементов АБУ составил:

при $n_y = 6$	–	82,47 Н/м (4,40 %);
при $n_y = 7$	–	208,40 Н/м (9,94 %);
при $n_y = 8$	–	40,73 Н/м (1,61 %);
при $n_y = 9$	–	145,39 Н/м (5,24 %).

Полученные данные показывают, что наибольший разброс значений общей жесткости $\Delta \Sigma c_{yF}$ наблюдается для нечетного количества упругих элементов n_y . Кроме этого, показано, что с увеличением значения n_y разброс $\Delta \Sigma c_{yF}$ уменьшается. Это подтверждает сделанное выше предположение, что для адекватного реагирования системы АБУ на воздействие приложенной силы F количество упругих элементов n_y должно быть четным и иметь максимально возможное значение.

Результаты и рекомендации, полученные в статье, могут быть использованы при проектировании жидкостного АБУ с рациональными параметрами системы упругих элементов.

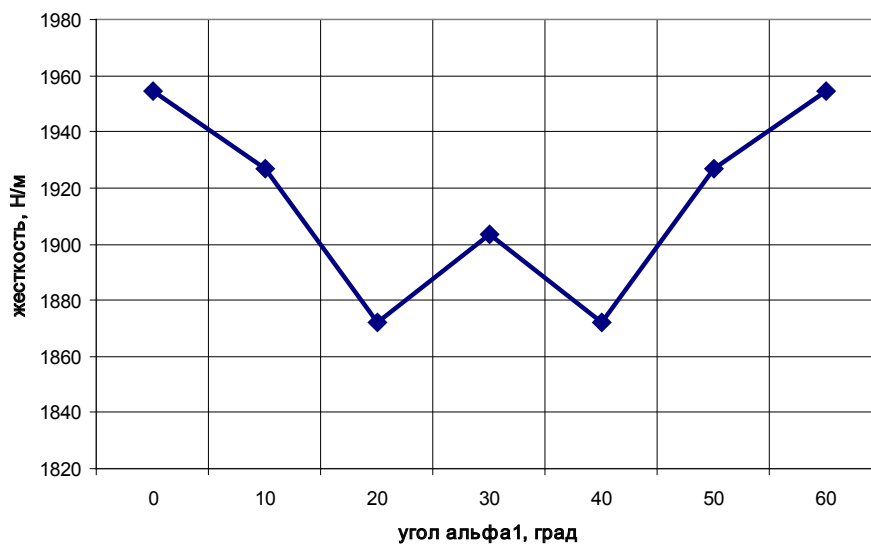


Рис. 2. Зависимость общей жесткости Σc_{yF} при $n_y=6$ и $\alpha_{y1}=0...60^\circ$

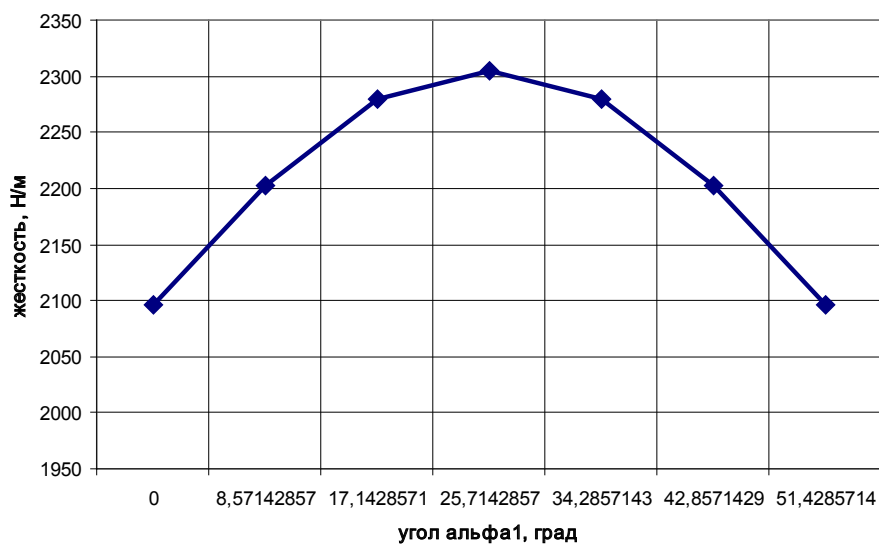


Рис. 3. Зависимость общей жесткости Σc_{yF} при $n_y=7$ и $\alpha_{y1}=0...51,43^\circ$

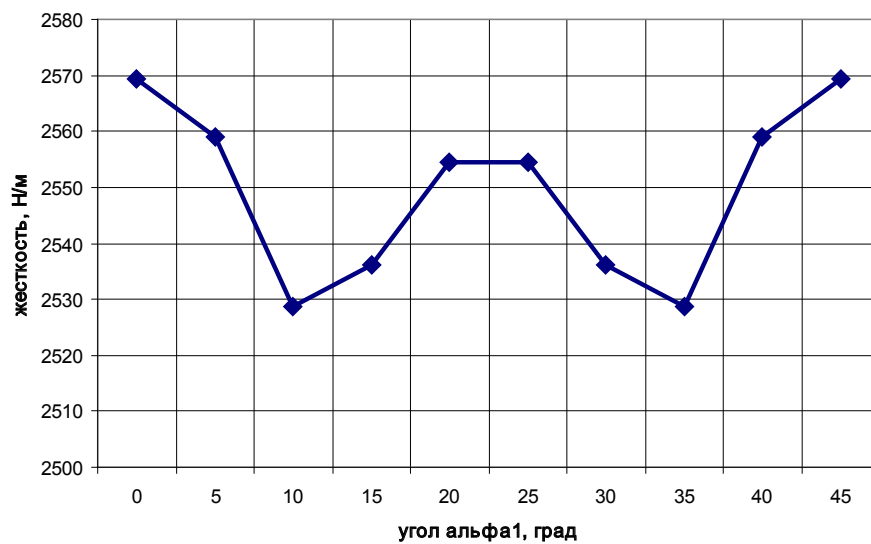
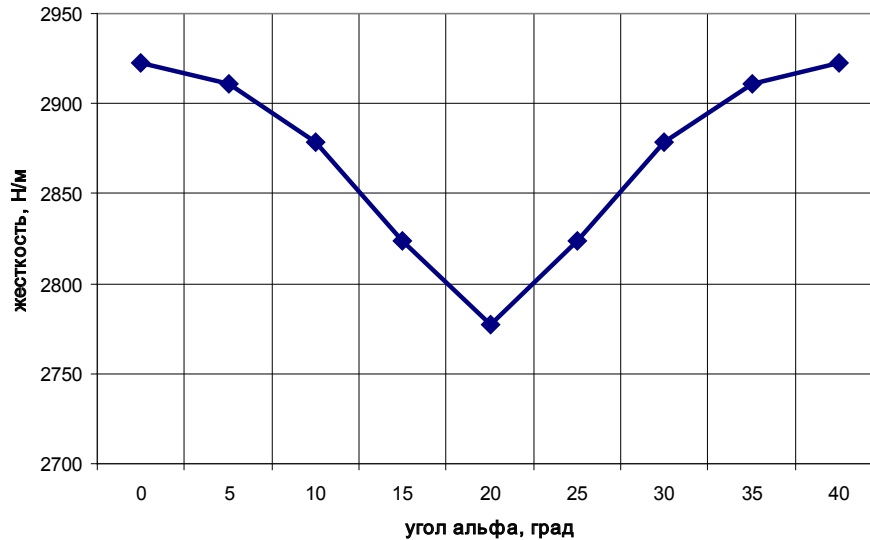


Рис. 4. Зависимость общей жесткости Σc_{yF} при $n_y=8$ и $\alpha_{y1}=0...45^\circ$

Рис. 5. Зависимость общей жесткости Σc_{yF} при $n_y=9$ и $\alpha_{y1}=0...40^\circ$

Литература:

1. А.с. 1581795 СССР МКИ D 06 F 37/00. Машина для стирки и отжима белья [Текст] / Малыхин В.И., Алехин С.Н. (СССР). — 4442163, заявл. 15.06.1988; опубл. 30.07.1990, — 3 с. : ил.
2. Патент 2469138 Российская Федерация, С1 D06F39/00 (2006.01). Стиральная машина барабанного типа [Текст] Алехин С.Н., Петросов С.П., Алехин А.С., Кузнецов А.Е.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса» (ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС») 2011128109/12; Опуб. 10.12.2012, Бюл. № 34. — 3 с. : ил.
3. Стиральная машина барабанного типа. Решение о выдаче патента на изобретение. Заявка № 2012141624/12 (067025). Дата подачи заявки 28.09.2012. Алехин С.Н., Петросов С.П., Желтушкин Л.С., Алехин А.С., Лалетин В.И., Кузнецов А.Е.
4. Исследование произвольно расположенного упругого элемента жидкостного автобалансирующего устройства для стиральных машин барабанного типа [Текст] / Желтушкин Л.С., Алехин С.Н., Петросов С.П., Лепеш Г.В. Технико-технологические проблемы сервиса. № 2 (24), 2013 г. — СПб: СПбГУЭСЭ, 2013. — 123 с. с. 34–38.

Обобщение опытных данных по гидравлическому сопротивлению в трубках теплообменниках с локальными турбулизаторами

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, соискатель;

Шомуратова Сохиба Мустафакуловна, соискатель;

Рузикулов Гулом, ассистент

Каршинский инженерно-экономический институт (Республика Узбекистан)

Теплообменные аппараты (ТА), входящие в состав энергетических установок и технологических линий, производств различного назначения, по своей массе и габаритам могут составлять значительную долю от суммарной массы всего оборудования. Уменьшение массы и габаритных размеров трубчатых теплообменных аппаратов является весьма актуальной проблемой. Наиболее пер-

спективное ее решение — интенсификация теплообмена [1, 2].

В настоящее время многими исследователями разработаны высокоэффективные методы интенсификации теплообмена, предложены эффективные теплопередающие поверхности и получены обширные данные по теплообмену и гидравлическому сопротивлению. Среди этих по-

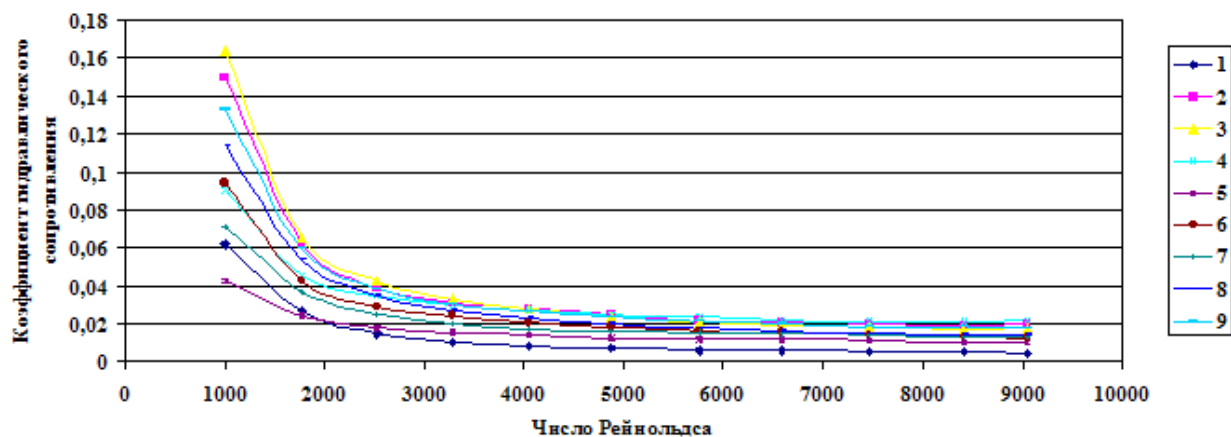


Рис. 1. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса: 1–гладкая стеклянная трубка без ЛТ, 2–8–локальные турбулизаторы с различными конфигурациями.

верхностей следует отметить наиболее эффективные поверхности, образованные витыми трубами [1], трубами с кольцевой накаткой [2], а также пластинчатые ТА с различными интенсификаторами [3], которые отличаются при определенных параметрах опережающим ростом коэффициента теплоотдачи по сравнению с ростом коэффициента гидравлического сопротивления. Использование этих поверхностей позволяет уменьшить объем и массу ТА в 1,5÷2 раза по сравнению с гладкотрубными ТА.

В Каршинском инженерно-экономическом институте разработан новый высокоэффективный метод [4] интенсификации теплообмена в трубчатых теплообменниках с локальными турбулизаторами и проведены обширные экспериментальные исследования гидравлического сопротивления в трубках при течении жидкости в широком диапазоне изменения режимных параметров [5].

Геометрическая форма элемента локального турбулизатора (ЛТ) может быть выполнена различной конфигурации. Критериями оптимального выбора формы элементов являются, число Рейнольдса и коэффициент гидравлического сопротивления канала аппарата ξ . Отсюда следует, что необходимо стремиться получить хорошую турбулизацию потока воды с наименьшим относительным приращением гидравлического сопротивления канала.

Результаты исследований гидродинамики потока воды в трубке с использованием разработанных ЛТ показали, что главным фактором влияющим на процесс является геометрическая форма, род материала пустотела, шаг крепления, а также упругость проволоки. Визуальное наблюдение показало, что энергия набегающего потока воды придает колебательное движение всем элементам

ЛТ, при $2800 \leq Re$. Результаты исследований представлены на Рис. 1. Эмпирические зависимости получены на основе формулы Д’Арси, справедливы в пределах $1000 \leq Re \leq 10000$. Полученные результаты эмпирическими зависимостями представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов гидравлического сопротивления

№	Расчетная зависимость
1	$\xi_{2,2} = 136,25 Re^{-1,15}$
2	$\xi = 44,38 Re^{-0,87}$
3	$\xi = 108,6 Re^{-0,98}$
4	$\xi = 4,54 Re^{-0,6}$
5	$\xi = 2,27 Re^{-0,6}$
6	$\xi = 29,03 Re^{-0,86}$
7	$\xi = 9,07 Re^{-0,73}$
8	$\xi = 58,02 Re^{-0,93}$
9	$\xi = 43,08 Re^{-0,88}$

Данные по коэффициентам гидравлического сопротивления обобщаются с точностью $\pm 3\%$ в диапазоне $Re = 1000 \div 10000$.

По конструкции локальных турбулизаторов коэффициент гидравлического сопротивления повышается от 2 до 3 раз.

Таким образом, используя разработанную конструкцию ЛТ в определенных условиях, можно достичь повышения турбулизации потока жидкости в трубках теплообменников с относительно небольшим увеличением гидравлического сопротивления канала.

Литература:

1. Данилов Ю. И., Дзюбенко Б. В., Дрейцер Г. А., Ашмантас Л. А. Теплообмен и гидродинамика в каналах сложной формы. М.: Машиностроение, 1986. 200 с.
2. Калинин Э. К., Дрейцер Г. А., Ярхо С. А. Интенсификация теплообмена в каналах. М.: Машиностроение, 1990. 200 с.

3. Вилемас Ю. В., Воронин Г. И., Дзюбенко Б. В., Дрейцер Г. А. и др. Интенсификация теплообмена // Успехи теплопередачи / Под ред. Жукаускаса А. А. и Калинина Э. К. Вильнюс: Москлас, 1988. 188 с.
4. Патент на изобретение по теме «Турбулизирующее устройство теплообменной трубы». Бабаходжаев Р. П., Мухиддинов Д. Н., Тохтохунов К. А., Ходжаев Б. А., Ибрагимов У. Х., Юсупов Б. В., Хужанов Р. А. Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан, г. Ташкент 28.05.2012 г.
5. Ибрагимов У. Х., Бабаходжаев Р. П., Узаков Г. Н., Хамраев Т. Я., Боймуродова Х. У. «Экспериментальное исследование процессов гидродинамики в трубках теплообменника при применении локальных турбулизаторов» // Молодой учёный, № 3 (50), 2013 г. с. 56–58.

Новые технологии обработки молочной продукции (на примере молока коровьего питьевого)

Кондратьева Анастасия Валентиновна, студент;

Ярмаркин Дмитрий Александрович, студент;

Прохасько Любовь Савельевна, кандидат технических наук, доцент

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, профессор

Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Залилов Рустем Венирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

Одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности Российской Федерации является внедрение инновационных методов в технологии обработки сырья и пищевых продуктов. В статье рассматривается высокотехнологичный прогрессивный метод кавитационной обработки жидких пищевых на примере молока коровьего питьевого.

Ключевые слова: молоко коровьего питьевого, кавитационная технология, гидратация белков, бактерицидная обработка.

С каждым годом численность населения нашей планеты растёт все более быстрыми темпами. Для того чтобы выжить, человечество вынуждено производить возрастающие в объёмах запасы пищевого сырья. Известные современные технологии хранения не гарантируют первоначальной сохранности пищевого сырья и продуктов. Все мы хотим пить свежее молоко и употреблять в пищу свежие молочные продукты. В настоящее время обеспечение качества, сохранности и безопасности пищевого сырья является одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности [1, 2, 3, 4].

Вследствие этого на первый план выходит проблема восстановления утрачиваемых при хранении свойств и качеств сырья и продуктов питания, получение более совершенных по своему физическому и химическому составу пищевых продуктов [5–12].

И здесь возможны два пути: первый — это использование различных пищевых добавок в процессе восстановления природных свойств сырья и второй путь — это применение современных физических методов обработки пищевого сырья. Второй путь представляется наиболее прогрессивным, так как существующая практика внесения пищевых добавок при производстве продуктов питания далеко не всегда безвредна для здоровья человека.

В этой связи важная роль отводится не только улучшению существующих методов технологической обработки пищевых продуктов, но и внедрению современных инновационных технологий. Из современных физических методов обработки сырья наибольший интерес представляет кавитационная технология.

Под кавитацией понимают процесс образования в жидкости парогазовых каверн вследствие разрыва ее сплошности из-за неспособности выдерживать растягивающие напряжения. То есть, если создать такие условия, при которых давление понизится до давления насыщенного пара, то в жидкости образуются парогазовые каверны или пузырьки, соотношение содержания газа и пара в полости которых может быть различным — теоретически от нуля до единицы. В зависимости от концентрации пара или газа в полости их называют паровыми или газовыми. Образовавшиеся микроскопические пузырьки схлопываются. Это явление носит название «синпериодическая кавитация» — процесс одновременного возникновения и схлопывания парогазовых пузырьков. Понижение давления в жидкости до давления насыщенного пара можно осуществить, например, за счет местного снижения давления в потоке жидкости при обтекании твердого тела (*гидродинамическая кавитация*) или при прохождении

через жидкость акустических колебаний (*акустическая кавитация*).

Кавитационные явления имеют волновую природу, так как при схлопывании пузырьков образуются интенсивные встречные струи, которые, сталкиваясь, порождают высокочастотный колебательный процесс и, как следствие, резкие точечные повышения давления и температуры, в окружающей жидкости выделяется значительная энергия и распространяется сферическая ударная волна. Динамическое воздействие ударной волны может привести как к отрицательному, так и к положительному эффекту в жидкой среде. Так до недавнего времени кавитационные явления рассматривались только как отрицательные. Это было обусловлено эрозионной способностью кавитации. Затем было замечено, что жидкие среды после кавитационной обработки приобретают удивительные свойства. Поэтому такие технологии стали применять в теплоэнергетике, нефтяной, химической и промышленности [13, 14, 15].

Позднее высокотехнические и экологически безопасные процессы кавитационные технологии стали применять в пищевой промышленности [16, 17, 18].

Применение кавитационной обработки пищевого сырья и кавитационных реакторов в нашей стране официально разрешено. Разработаны соответствующие сертификаты и лицензии. Разработки запатентованы в России [19, 20] и патентуются за рубежом. Результаты применения всесторонне исследованы профильными институтами РАСХН, РАМН и ведущими университетами России. В результате проведенных исследований были даны положительные официальные заключения.

Кавитационное воздействие на жидкость позволяет получать высококачественные технологические, пищевые и биологически активные растворы экстрактов, эмульсии и суспензии, осуществлять очистку и водоподготовку на промышленном предприятии [21].

Кавитационные технологии в настоящее время широко применяют в молочной промышленности. Так кавитацию используют для гомогенизации и пастеризации молока. Выбор режимов пастеризации при производстве молока предопределяется технологическими условиями и свойствами продукта. При содержании в продукте компонентов, отличающихся высокой термоустойчивостью, следует применять длительную пастеризацию. Процесс длительной пастеризации хотя и обеспечивает надежное уничтожение патогенных микробов и наименьшее изменение физико-химических свойств молока, однако требует

больших затрат, связанных с использованием малопроизводительного оборудования. Кавитационное же воздействие кратковременно. К тому же оно не только способствует повышению дисперсности эмульсии, но и уничтожает вредные микроорганизмы. При обработке молока при температуре 70 °С общее микробное число снижается в 103–105 раз. При этом происходит полное уничтожение вегетативных форм дрожжей и плесеней, а также патогенных микроорганизмов группы кишечной палочки и нейтрализация фосфатазы. Такая обработка молока позволяет увеличить сроки его хранения при температуре 9–12 °С в неасептической упаковке не менее 5 суток без признаков его скисания.

И это еще далеко не все способы использования кавитационных технологий в переработке молока и молочных продуктов. В процессе кавитационной обработки цельного молока происходит биологическая активация воды, составляющей его эмульсионную среду, в результате чего за счет гидратации белков молока такой водой происходит увеличение их содержания. Кавитационная обработка также дает возможность увеличивать содержание белка в цельном молоке за счет добавления сухого обезжиренного молока.

Кавитационная обработка позволяет синтезировать молоко из молочной сыворотки и сухого молока, а также обогащать его искусственно вносимыми пищевыми компонентами, и таким образом существенно нарастить объем его производства без увеличения стада и значительно уменьшить его цену. Технологии кавитационной обработки можно эффективно использовать и для бактерицидной обработки молока на сборных пунктах с целью увеличения сроков створаживания при его дальнейшей транспортировке. Изменение свойств биополимерной структуры молока под воздействием энергии кавитации, используемое в технологическом цикле производства, позволяет существенно улучшить качество кисломолочных продуктов, значительно увеличить их выход и создать новые виды продукции.

Таким образом, кавитация является высокоэффективным способом переработки молочных продуктов и улучшения их потребительских качеств. Технологические параметры метода могут служить основой для производства функциональных продуктов питания с заранее заданными свойствами. При помощи кавитации также можно получать легкие, высокоусвояемые продукты питания, предназначенные для лечебного, диетического и детского питания.

Литература:

1. Ребезов М. Б. Качество и безопасность молочного сырья / М. Б. Ребезов, Г. К. Альхамова., Н. Н. Максимюк, Б. Н. Талев // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. IV междунар. научн.-практ. конф. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — С. 278–281.
2. Белокаменская А. М. Применение физико-химических методов исследований в лабораториях Челябинской области / А. М. Белокаменская, М. Б. Ребезов, А. Н. Мазаев, Я. М. Ребезов, О. В. Зинина // Молодой ученый. 2013. № 4. С. 48–53.

3. Ребезов М. Б. Экология и питание. Проблемы и пути решения. / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Альхамова Г. К., Лукин А. А., Хайруллин М. Ф. // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 8–2. С. 393–396.
4. Белокаменская А. М. Оценка методов инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционного и фотометрического анализа токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (монография) / Белокаменская А. М., Ребезов М. Б., Зинина О. В., Максимюк Н. Н., Наумова Н. Л. — Челябинск: издат. центр ЮУрГУ, 2012. — 128 с.
5. Догарева Н. Г. Создание новых видов продуктов из сырья животного происхождения и безотходных технологий их производства / Н. Г. Догарева, С. В. Стадникова, М. Б. Ребезов М. Б. // *Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: мат. всерос. научн.-метод. конференции* — Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2012. — С. 945–953.
6. Ребезов М. Б. Конъюнктура предложения обогащенных молочных продуктов на примере Челябинска / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Альхамова Г. К., Кожевникова Е. Ю., Сорокин А. В. // *Молочная промышленность*. 2011. № 8. С. 38–39.
7. Ребезов М. Б. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания. / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Хайруллин М. Ф., Альхамова Г. К., Лукин А. А. // *Пищевая промышленность*. 2011. № 5. С. 13–15.
8. Наумова Н. Л., Функциональные продукты. Спрос и предложение (монография) / Н. Л. Наумова, М. Б. Ребезов, Е. Я. Варганова. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. — 78 с.
9. Ребезов М. Б., Инновационные технологии / М. Б. Ребезов, Наумова Н. Л., Зайнутдинов Р. Р., Альхамова Г. К., Лукин А. А. и др. // *Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. IV междунар. научн.-практ. конф.* — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — С. 282–285.
10. Ребезов М. Б., Патентный поиск проектирования функциональных продуктов питания / М. Б. Ребезов, О. В. Зинина, О. В. Несмеянова, Н. Н. Максимюк, Б. К. Асенова // *Научное обеспечение инновационного развития животноводства: мат. XX междунар. научн.-практ. конф.* — Жодино: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», 2013. — С. 435–436.
11. Ребезов М. Б., Технология получения новых кисломолочных и мясных биопродуктов функционального назначения на основе поликомпонентных смесей (патентный поиск) / М. Б. Ребезов, О. В. Несмеянова // *Экономика и бизнес. Взгляд молодых: мат. междунар. заочной научн.-практ. конф. молодых ученых, 3 декабря 2012 г.* — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. — С. 263–265.
12. Асенова Б. К., Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов / Б. К. Асенова, К. Ж. Амирханов, М. Б. Ребезов // *Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: мат. междунар. научн.-практ. конф. (22–24 апреля 2013 года)*. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. — С. 313–317.
13. Прохасько Л. С. Гидродинамика и расчет кавитационных смесителей непрерывного действия: автореферат дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук / Л. С. Прохасько. — Пермь: Изд-во ПГТУ, 2000. — 20 с.
14. Спиридонов Е. К. Гидродинамика и расчет кавитационных смесителей непрерывного действия / Е. К. Спиридонов, Л. С. Прохасько // *Аэрокосмическая техника и высокие технологии* — 2000: Сборник научных трудов. — Пермь: Изд. ПГТУ, 2000 г. — С. 199.
15. Спиридонов Е. К. Рабочий процесс и характеристики гидродинамических кавитационных эмульгаторов / Спиридонов Е. К., Прохасько Л. С. // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника*. 2000. № 5. С. 93–98.
16. Прохасько Л. С. Применение гидродинамических кавитационных устройств для дезинтеграции пищевых сред / Прохасько Л. С., Ребезов М. Б., Асенова Б. К., Зинина О. В., Залилов Р. В., Ярмаркин Д. А. // *Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции*. 2013. Т. 7. № 2. С. 62–67.
17. Прохасько Л. С. Гидродинамическая кавитационная технология обработки пищевых сред / Л. С. Прохасько, В. А. Евдокимов // *Наука. Образование. Молодежь: мат. научн.-практ. конференции, посв. 55-летию Алматинского технологического университета*. — Алматы: АТУ, 2012. — С. 256–257.
18. Прохасько Л. С. Расчет кавитационных устройств для обработки жидких пищевых сред / Л. С. Прохасько, Р. В. Залилов, Я. М. Ребезов // *Техника и технология пищевых производств: мат. IX междунар. научн.-технич. конференции*. — Могилев: МГУП, 2013. С. 260.
19. Патент на изобретение RU 2158627 23.03.1999 Российская Федерация, МПК 7B01F5/08. Смеситель кавитационного типа / Е. К. Спиридонов, Л. С. Прохасько, В. С. Боковиков, А. Х. Валиев. — № 99105906/12; заявл. 23.03.1999; опубл. 10.11.2000.
20. Смеситель кавитационного типа для жидких пищевых сред / Л. С. Прохасько, М. Б. Ребезов, О. В. Зинина, Р. В. Залилов, А. Н. Мазаев, Б. К. Асенова, Д. А. Ярмаркин. — Заявка на выдачу патента 2013117605; заявл. 16.04.2013; решение о выдаче патента 11.09.2013 (патент на публикации).

21. Прохасько Л. С. Применение гидродинамических кавитационных устройств для процессов водоочистки // Международная научно-практическая конференция «Чистая вода — 2009»: сб. науч. тр. — Кемерово: Изд-во КТИПП, 2009. — С. 460–464.

Применения системы освещения на базе автоматически управляемых светодиодов при производстве строительного-транспортных работ

Кудрявцев Евгений Михайлович, доктор технических наук, профессор;

Ульянов Роман Сергеевич, студент магистратуры;

Шиколенко Илья Андреевич, студент магистратуры

Московский государственный строительный университет

В данной статье рассмотрены аспекты применения системы освещения на базе автоматически управляемых светодиодов при производстве строительного-транспортных работ. На примере имитационной модели проведен анализ экономической эффективности от применения системы автоматического управления освещением. Рассмотрены способы достижения комфортных условий труда при производстве строительного-транспортных работ.

Ключевые слова: автоматическое светодиодное освещение, имитационная модель, строительство, транспортные работы, экономическая эффективность.

В данной статье приводится обоснование применения положений «Концепция системы освещения помещений с автоматическим управлением на базе светодиодов» [1] (далее Концепции), при создании системы освещения строительного-транспортных работ. Концепция автоматического светодиодного освещения на строительной площадке достаточно широка. Рассмотрим частный случай такой системы освещения, в рамках погрузочно-разгрузочных и транспортировочных работ. Всю систему освещения можно разделить на несколько частей: общее наружное освещение, локальное освещение рабочего участка, внутреннее освещение кабины машиниста.

Задача общего наружного освещения сводится к освещению погрузочно-разгрузочной и строительной площадки, которое необходимо для обеспечения позиционирования транспортных средств (панелевозов), а так же для освещения штабелей и временных складских площадок. Локальное освещение рабочего участка предназначено для освещения точки работы крюка, захвата или ковша экскаватора в случае работы его в труднодоступном месте, или в области, удаленной от источников общего освещения строительной площадки. Внутреннее освещение кабины машиниста предназначено для удобства и комфортной работы персонала.

Суть работы комплексной системы освещения заключается в следующем. Датчики движения устанавливаются на подъездных путях к месту проведения строительного-транспортных работ. В случае появления в чувствительной зоне датчиков транспортного средства (автосамосвала, транспортера) интенсивность общего наружного или локального освещения с помощью широтно-импульсной модуляции плавно увеличивается до 100%, интен-

сивность внутреннего освещения кабины машиниста плавно уменьшается. В случае отсутствия транспортных средств в зоне проведения работ, наружное освещение плавно отключается и комфортные условия оператора строительной техники во время ожидания обслуживаемых машин обеспечиваются за счет внутреннего освещения кабины машиниста.

В данной работе рассмотрены аспекты освещения технологических участков строительного-транспортных работ, при условии работы в вечернюю и ночную смены. Для обоснования эффективности применения систем автоматически управляемого светодиодного освещения систем общего наружного и локального освещения в ночную смену была разработана имитационная модель технологического процесса строительного-транспортных работ. В данной части статьи будет рассмотрена возможность управления яркостью освещения для обеспечения энергоэффективного режима потребления. Для упрощения исследуемой модели, при расчете экономического эффекта, рассмотрена возможность режима работы осветительного оборудования в двух режимах 0% мощности и 100% мощности, тем не менее, Концепция предполагает возможность изменения яркости и спектрального состава излучения в широком диапазоне состояний, данные возможности будут освещены более подробно в заключительной части статьи.

Рассмотрим исследуемую модель. Данная модель представляет собой описание процесса перевозки строительных изделий из зоны погрузки (склада), в зону разгрузки (место проведения строительного-монтажных работ). В зоне погрузки находится строительный кран, обеспечивающий погрузку строительной продукции в грузовой

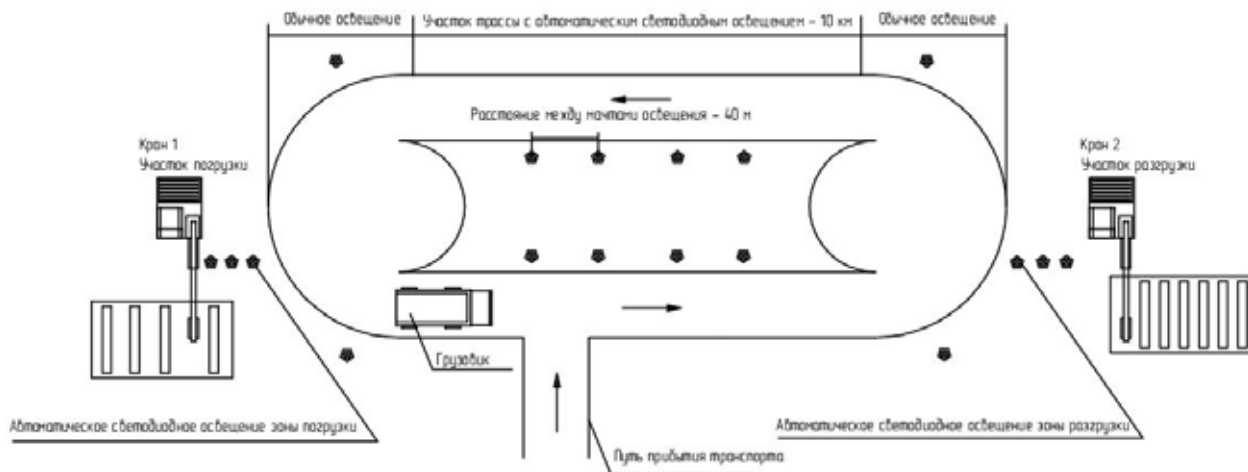


Рис. 1. Модель — Схема прохождения процесса

транспорт. После завершения процесса погрузки транспортное средство по однополосной дороге отправляется в зону разгрузки, где с помощью крана освобождается от перевозимых изделий и по обратной ветви однополосной дороги направляется обратно в очередь на погрузку. Количество единиц грузового транспорта, и погрузочной техники находящиеся в системе в течение смены — известно и остается неизменным. Участки проведения погрузочно-разгрузочных работ оснащены системой автоматического светодиодного освещения, также данной системой оснащены магистральные участки прямой и обратной ветви грузовой трассы. Зоны подъезда к местам проведения погрузочных и разгрузочных работ оснащены управляемыми системами освещения и в данной работе не рассматриваются. Информацию для принятия решения по управлению параметрами освещенности предполагается получать за счет датчиков установленных на участках, не оснащенных автоматической системой управления освещением. Данное решение обеспечит заблаговременную возможность плавного включения и отключения управляемых осветительных устройств. Схема прохождения процесса и параметры исследуемых участков представлена на рисунке 1.

В данной модели критерием для оптимизации примем время работы управляемого осветительного оборудования в течение одной ночной смены. Коэффициент использования осветительного оборудования непосредственно связан с проведением процесса строительно-транспортных работ на каждом участке модели.

Для проведения анализа экономической эффективности применения управляемых светодиодных осветительных установок, необходимо рассчитать технико-экономические показатели процесса при условии обеспечения работы во включенном режиме в течении всего времени смены. Вычислим технико-экономические характеристики осветительного оборудования для указанной выше имитационной модели. В качестве стационарных мачт ос-

вещения примем стандартные осветительные мачты высотой 9 метров. Вспомогательное оборудование не связанное с системой автоматического светодиодного освещения в данной статье рассматриваться не будет. В соответствии с СП 52.13330 [2] минимальная освещенность дорожного полотна при предполагаемой интенсивности транспортного потока, находящейся в промежутке от 10 до 50 транспортных средств в час составляет 2 лк. Исходя из этого условное осветительное оборудование, состоящее из группы светодиодных светильников с интенсивностью излучения 17000 лм, расположенных на опоре высотой 9 метров, обеспечивает нормативную освещенность. Для освещения однополосной дороги предполагается установка 2 светодиодных светильников, на мачту освещения. Мощность, потребляемая одним светильником, составляет 200 Ватт. Энергопотребление одной осветительной конструкции составит 400 Ватт соответственно. Для расчета стоимости потребляемой электроэнергии необходимо рассчитать количество осветительных установок на каждом участке трассы, где предусмотрена установка автоматически управляемого светодиодного освещения. Количество оборудования рассчитывается по формуле 1.

$$n_{cb} = (L_{уч} * r) / L_{мо} \quad (1)$$

Где: n_{cb} — количество светильников на участке (шт.); $L_{уч}$ — длина участка (м); $L_{мо}$ — расстояние между опорами освещения (м); r — количество рядов светильников

За участок № 3 для модели примем объединенные показатели участка погрузки и участка разгрузки, таким образом, примем количество светильников на участке три равное восьми. Сводные результаты расчетов приведены в таблице 1

Общее потребление каждого участка трассы рассчитывается по формуле 2

$$N_{wi} = n_{cb} / P_{cb} \quad (2)$$

Где: n_{cb} — количество светильников на участке (шт.); P_{cb} — мощность потребляемая одной установкой (Вт); N_{wi} —

Таблица 1. Характеристики осветительной системы в обычном режиме работы

№ участка	1	2	3
Количество светильников (шт.)	250	250	8
Общее потребление (Вт.)	100000	100000	3200
Расход электроэнергии (кВт*час)	800	800	25,6
Стоимость электроэнергии (руб.)	1544	1544	49,408

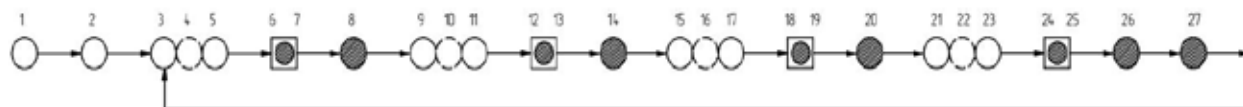


Рис. 2. Процесс функционирования одноканального замкнутого комплекта машин

Суммарная мощность потребляемая осветительными приборами i участка (Вт)

Примем время одной ночной смены равное 8 часам, тогда расход электроэнергии за смену рассчитывается по формуле 3.

$$Q_w = N_{wi} * t \tag{3}$$

Где: Q_w — тогда расход электроэнергии за смену кВт*час; t — продолжительность смены в часах

На основании тарифов МОЭСК от 01.2012 г. [3] для потребителей низкого напряжения в московской области стоимость 1 кВт*час составляет 1.93 руб.

Для нахождения оптимальных режимов работы осветительного оборудования построим имитационную модель указанного выше процесса, с помощью GPSS-World. Рассмотрим условия функционирования имитационной модели. В данной модели в соответствии со схемой прохождения процесса работ по погрузке, разгрузке и транспортировке строительных изделий, указанной на рисунке 1 создается имитация технологического процесса в течении восьмичасовой рабочей смены. В замкнутой системе функционирования одноканального комплекта машин, число транспортных средств и рабочего оборудования известно изначально и остается неизменным на протяжении всего процесса [4]. Предположим, что для обеспечения безопасности движения транспорта, необходимо принять ограничение на количество машин одновременно присутствующих на трассе, равное одному панелевозу. Временные характеристики данного технологического процесса указаны в минутах и отражаются с помощью блоков модели — ADVANCE, GENERATE 480, TERMINATE 1, START 1. Для наглядности восприятия модели рассмотрим рисунок 2.

Рассмотрим все события, происходящие в одноканальном комплекте машин:

1. Определение (генерирование) числа обслуживаемых машин (требований), в данном случае число панелевозов.

2. Моделирование времени поступления машин в систему в начале смены

3. Постановка панелевозов в очередь под погрузку
4. Проверка занятости крана в зоне погрузки
5. Выход панелевозов из очереди под погрузку
6. Процесс погрузки строительных изделий в панелевозы
7. Освобождение крана в зоне погрузки
8. Моделирование времени выезда из зоны погрузки
9. Постановка в очередь на движение по трассе в зону разгрузки
10. Проверка занятости трассы
11. Выход из очереди
12. Процесс движения транспортного средства по трассе
13. Освобождение трассы
14. Моделирование времени на подъезд в зону разгрузки
15. Постановка панелевозов в очередь под разгрузку
16. Проверка занятости крана в зоне разгрузки
17. Выход панелевозов из очереди на разгрузку
18. Процесс разгрузки строительных изделий из панелевозов
19. Освобождение крана в зоне разгрузки
20. Моделирование времени выезда из зоны разгрузки
21. Постановка в очередь на движение по обратной трассе в зону погрузки
22. Проверка занятости обратной трассы
23. Выход из очереди
24. Процесс движения транспортного средства по обратной трассе
25. Освобождение трассы
26. Моделирование времени на подъезд в зону погрузки
27. Возвращение панелевоза в систему (повторение цикла погрузки/разгрузки)

Исходный код модели представлен на стр. 152.

Основные результаты моделирования сведены в таблице 2

Как видно из показателя коэффициента использования (UTIL), оборудование в системе загружено менее чем на

; Имитационная модель процесса погрузки, разгрузки и перевозки строительной

; продукции, с применением комплекта машин подъемные краны, панелевозы.

	GENERATE	...4	; Задание количества панелевозов в системе
	ADVANCE	10,1	; Время прибытия панелевозов (ПВ) в систему
AVTO	QUEUE	POGR_1	; Вхождение ПВ в систему
	SEIZE	KRAN_1	; Проверка доступности Крана на погрузке
	DEPART	POGR_1	; Выход из очереди на погрузку
	ADVANCE	11,2	; Время процесса погрузки
	RELEASE	KRAN_1	; Освобождение крана на погрузку
	ADVANCE	3,1	; Время затрачиваемое для выезда на трассу
	QUEUE	WAY_1	; Постановка в очередь выезда на трассу
	SEIZE	ROAD_1	; Проверка доступности дороги
	DEPART	WAY_1	; Выход из очереди
	ADVANCE	10,2	; Время затрачиваемое в пути до зоны разгрузки
	RELEASE	ROAD_1	; Освобождение трассы
	ADVANCE	3,1	; Выезд в зону разгрузки
	QUEUE	POGR_2	; Постановка в очередь на разгрузку
	SEIZE	KRAN_2	; Проверка доступности крана в зоне разгрузки
	DEPART	POGR_2	; Выход из очереди
	ADVANCE	8,1	; Время процесса разгрузки
	RELEASE	KRAN_2	; Освобождение крана в зоне разгрузки
	ADVANCE	3,1	; Время выезда на обратную трассу
	QUEUE	WAY_2	; В очередь на проезд по обратной трассе
	SEIZE	ROAD_2	; Проверка доступности обратной трассы
	DEPART	WAY_2	; Выход из очереди
	ADVANCE	8,2	; Время движения по обратной трассе
	RELEASE	ROAD_2	; Освобождение обратной трассы
	ADVANCE	3,1	; Время подъезда в зону погрузки
	TRANSFER	,AVTO	; Переход на метку AVTO
	GENERATE	480	; Время смены 480 минут
	TERMINATE	1	; Один цикл – одна минута
	START	1	; Начало с первой минуты

Таблица 2. Результаты моделирования, модели № 1 при условии наличия 4 панелевоза в системе

FACILITY	ENTRIES	UTIL	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	INTER	RETRY	DELAY
KRAN_1	38	0.860	10.865	3	3	0	0	0
ROAD_1	37	0.773	10.024	5	5	0	0	0
KRAN_2	36	0.595	7.931	4	4	0	0	0
ROAD_2	35	0.559	7.661	1	1	0	0	0
QUEUE	MAX	CONT	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
POGR_1	3	0	38	21	0.214	6.055	6.055	0
WAY_1	1	0	37	26	0.033	0.426	1.433	0
POGR_2	1	0	36	35	0.001	0.019	0.672	0
WAY_2	1	0	35	31	0.006	0.088	0.774	0

100%. Коэффициент простоя оборудования имеет следующие значения:

Кран на этапе погрузки — 0.14

Кран на этапе разгрузки — 0.405

Участок трассы от погрузки к разгрузке (участок 1) — 0.227

Участок трассы от разгрузки к погрузке (участок 2) — 0.441

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что технологическое оборудование простаивает и будет целесообразно принять решение об отключении

основных источников освещения во время простоя технологического оборудования.

Для наглядности промоделируем варианты с комплектом машин, в котором скорость выполнения процесса не является оптимальным критерием и как следствие в системе присутствует всего 1 панелевоз, а также с комплектом машин в котором присутствует 8 панелевозов. Результаты моделирования представлены в таблице 3 и таблице 4 соответственно.

Как видно из результатов моделирования, в случае, когда в системе функционирует всего один панелевоз,

Таблица 3. Результаты моделирования при условии наличия 1 панелевоза в системе

FACILITY	ENTRIES	UTIL	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	INTER	RETRY	DELAY
KRAN_1	10	0.233	11.164	1	0	0	0	0
ROAD_1	10	0.209	10.009	1	0	0	0	0
KRAN_2	10	0.153	7.352	1	1	0	0	0
ROAD_2	9	0.151	8.056	1	0	0	0	0
QUEUE	MAX	CONT	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
POGR_1	1	0	10	10	0.000	0.000	0.000	0
WAY_1	1	0	10	10	0.000	0.000	0.000	0
POGR_2	1	0	10	10	0.000	0.000	0.000	0
WAY_2	1	0	9	9	0.000	0.000	0.000	0

Таблица 4. Результаты моделирования при условии наличия 8 панелевозов в системе

FACILITY	ENTRIES	UTIL	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	INTER	RETRY	DELAY
KRAN_1	43	0.981	10.952	1	5	0	0	4
ROAD_1	42	0.882	10.080	1	7	0	0	0
KRAN_2	41	0.660	7.729	1	8	0	0	0
ROAD_2	40	0.688	8.257	1	9	0	0	0
QUEUE	MAX	CONT	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
POGR_1	7	4	47	1	3.552	36.276	37.065	0
WAY_1	1	0	42	23	0.051	0.585	1.293	0
POGR_2	1	0	41	39	0.001	0.011	0.221	0
WAY_2	1	0	40	34	0.015	0.184	1.225	0

Таблица 5. Характеристики осветительной системы в энергоэффективном режиме работы

№ участка	1	2	3
Расход электроэнергии (кВт*час)	618,4	447,2	18,26
Стоимость электроэнергии (руб.)	1193.5	863	35,2

Таблица 6. Сводные показатели затрат

№ п.п.	Наименование параметра	Обычный режим работы	Энергоэффективный режим работы
1	Расход электроэнергии (кВт)	1625,6	1083,86
2	Стоимость потребляемой электроэнергии (кВт)	3137,408	898,2
Итоговая экономия электроэнергии в кВт (в%)			541,74 (33,33%)
Итоговая экономия денежных средств в руб. (в%)			1045,708 (33,33%)

простой оборудования в среднем составляет 80%. В ином случае, когда в системе присутствует 8 панелевозов и кран на линии погрузки имеет коэффициент использования равный 98%, в системе все равно существуют простои последующего технологического оборудования. Данные результаты еще раз подтверждают необходимость рационального управления системой освещения. Поскольку в системе в зависимости от технологических условий прохождения процесса, может функционировать различное количество единиц техники, применение систем автоматического управления освещения является одним из способов достижения оптимального режима энергопотребления. В данной работе при расчете затрат на потребление электроэнергии в качестве базового — будет принят вариант с четырьмя панелевозами в системе.

Рассчитаем экономическую выгоду в случае отключения освещения на время простоя оборудования. Расчет проведем согласно формуле 4.

$$Q_{we} = Q_w - (N_{wi} * t * K_p) \quad (4)$$

Где: Q_{we} — энергоэффективный расход электроэнергии, кВт*час; K_p — коэффициент простоя оборудования.

Сводные Результаты расчета представлены в таблице 5.

Просуммируем затраты ресурсов за одну смену на каждом участке для обеих моделей в энергоэффективном и обычном режимах потребления. Для удобства анализа сведем показатели в таблицу 6.

Как видно из сводной таблицы показателей затрат, применение системы автоматически управляемой системы светодиодного освещения позволяет сэкономить в среднем более 30% затрат на электроэнергию, а также увеличить жизненный цикл работы оборудования примерно на треть.

Рассмотрим другой аспект применения положений Концепции при создании системы освещения на строительной площадке. Помимо возможности включения или выключения оборудования, концепция системы ос-

вещения предусматривает возможность в автоматическом режиме создавать условия искусственного и совмещенного освещения максимально приближенные к условиям естественного освещения. Предположим, что в вечернюю смену или пасмурную погоду на строительной площадке необходимо провести работы, требующие зрительной концентрации. Для обеспечения необходимых условий освещения применяется искусственное или совмещенное освещение по периметру площадки (рисунок 3).

На данной строительной площадке проводятся работы, как с привлечением рабочей силы, так и средств механизации. Соответственно на территории строительной площадки в течение смены постоянно находятся рабочие. Одним из важных факторов, влияющих на адекватное восприятие работником окружающей среды, является зрительная работоспособность, зависящая от условий освещения. Снижение зрительной работоспособности или «усталость», может возникнуть вследствие продолжительной работы в плохих условиях освещения, также усталость вызывают сопутствующие плохому освещению утомление нервной системы и мышечная усталость [5]. Воздействие света на организм человека не ограничивается исключительно зрительным восприятием, в ходе проведенных исследований была выявлена зависимость между освещением и выработкой мелатонина организмом человека [6]. Так же необходимо учесть, что в зависимости от спектрального состав излучения объекты различных цветов расположенные на стройплощадке могут иметь различную насыщенность цвета [7].

Таким образом, становится очевидной необходимость обеспечения заданных параметров яркости и спектрального состава освещения в местах с постоянным пребыванием людей. Предположим, что в рассматриваемом нами случае необходимо поддерживать на территории строительной площадки освещение по спектральному составу и яркости соответствующе естественному дневному освещению в полдень при условии ясного неба (5250К). Как

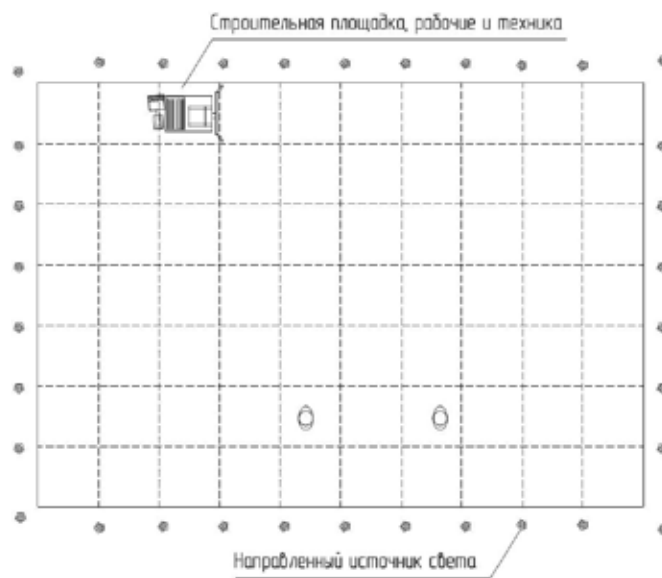


Рис. 3. Освещение по периметру строительной площадки

известно в течении суток цветовая температура естественного света изменяется. В вечернюю смену усредненная цветовая температура естественного освещения составит 3500К [8]. В случае работы в дневную смену, но пасмурную погоду усредненная цветовая температура естественного освещения составит 8000К. Следовательно, для достижения оптимального освещения необходимо использовать искусственное освещение различного спектрального состава. Как показали анализ актуальности Концепции [9] и апробация её принципов [10], современная светотехническая продукция, выпускаемая отечественной и зарубежной промышленностью, позволяет реализовать систему светодиодного освещения с управляемым спектральным составом излучения. Для обеспечения необходимой яркости и спектрального состава

осветительных установок, предполагается, как включение и отключение определенных групп светодиодов внутри светильника, так и управление ими с помощью ШИМ [11] и АШИМ [12] регулирования. Следует отметить, что положения, озвученные для системы освещения строительной площадки, во многом актуальны и для освещения кабины машиниста строительной и транспортной техники.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что применение автоматически управляемого светодиодного освещения может способствовать, как достижению экономически выгодного энергоэффективного режима потребления электроэнергии, так и комфортных условий освещенности для персонала занятого на производстве строительно-транспортных работ.

Литература:

1. Ульянов Р. С. Концепция системы освещения помещений с автоматическим управлением на базе светодиодов / Ульянов Р. С., Завьялов В. А. // Молодой учёный — 2013 — Вып. 3 — С. 108–111.
2. СП 52.13330.2011 «Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*» (утв. Приказом Минрегион РФ от 27.12.201 № 783);
3. Московская объединенная сетевая компания: Тарифы на электроэнергию в Московской области 2012 г. http://old.moesk.ru/Kliiyentam/Peredacha%20elektroenergii/Tarify/01_2012_obl/ (дата обращения: 26.08.2013).
4. Кудрявцев Е. М., Комплексная механизация строительства: Учебник (издание третье, переработанное и дополненное) — АСВ 2010 г. — 464 с.
5. ГОСТ ИСО 8995–2002 Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений.
6. К. И. Иоффе — Биологическое влияние видимого света на организм человека / К. И. Иоффе // СВІТЛОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА — 2008 — Вып. 3 — С 21–29
7. Сайт профессионального фотографа Александра Горбатова: Цветоведение: <http://photonik.ru/index.php/ekspozitsiya/565-tsvetovedenie> (дата обращения: 06.08.2013).
8. Наконечников О. В., Цветовая температура <http://www.schoolphotography.ru/library/03/01.htm> (дата обращения: 02.09.2013).

9. Ульянов Р. С. — Анализ актуальности концепции системы освещения помещений с автоматическим управлением на базе светодиодов / Ульянов Р. С., Завьялов В. А. // «Молодежный научный форум: Технические и математические науки»: материалы I студенческой международной заочной научно-практической конференции. (27 Марта 2013 г.) — Москва: Изд. «Международный Центр Науки и Образования», 2013. — С. 44–50
10. Ульянов Р. С. — Апробация принципов концепции системы освещения помещений, на базе светодиодов с автоматическим управлением, в случае отсутствия внешнего воздействия на систему / Ульянов Р. С., Завьялов В. А. // Теория и практика современной науки: материалы X Международной научно-практической конференции, г. Москва, 27–28 июня 2013 г. / Науч.-инф. издат. центр «Институт стратегических исследований». — Москва: Изд-во «Спецкнига», 2013. — 4 С. 114–123.
11. Шиколенко И. А., Завьялов В. А. Применение ШИМ в регулировании освещенности рабочего места. Молодой ученый — 2013. — №. 3. — С. 122–125
12. Шиколенко И. А. — Применение АШИМ регулятора в управлении освещением рабочего места / Шиколенко И. А., Завьялов В. А. // «Молодежный научный форум: Технические и математические науки»: материалы I студенческой международной заочной научно-практической конференции. (27 Марта 2013 г.) — Москва: Изд. «Международный Центр Науки и Образования», 2013. — С. 51–55

Влияние конструктивных параметров топливоподающей аппаратуры дизеля на ее переходные процессы

Курапин Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент;
 Гостевская Ольга Владиславовна, старший преподаватель;
 Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;
 Лемешкина Ирина Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент
 Волгоградский государственный технический университет

Показана возможность оценки влияния на переходные процессы в топливоподающей аппаратуре дизеля ее конструктивных и регулировочных параметров. Представлены результаты исследования влияния на показатели переходного процесса площади сопловых отверстий распылителя форсунки.

Ключевые слова: дизель, топливоподающая аппаратура, переходный процесс, цикловая подача, перерегулирование, форсунка, распылитель, сопловые отверстия.

Важнейшей задачей исследования динамических свойств топливной аппаратуры (ТА) дизеля является построение ее переходных процессов. Построение переходного процесса ТА возможно в результате решения дифференциального уравнения ТА [1]:

$$T_T^2 \frac{d^2 q}{dt^2} + T_K \frac{dq}{dt} + K_q q = \psi + \Theta_\varphi \cdot \varphi,$$

где $T_T, T_K, K_q, \Theta_\varphi$ — коэффициенты дифференциального уравнения, имеющие следующие наименования и размерность:

T_T — время топливоподающей аппаратуры, с. ;

T_K — время катаракта, с. ;

K_q — коэффициент самовыравнивания;

Θ_φ — коэффициент усиления по угловой скорости;

ψ, φ — входные координаты ТА, q — выходная координата ТА;

$\psi = \Delta h / h$, где Δh — перемещение рейки, вызывающее переходный процесс; h — положение рейки в равновесном режиме, предшествующем переходному процессу;

$\varphi = \Delta \omega / \omega$, где $\Delta \omega$ — изменение частоты вращения

валика насоса вызывающее переходный процесс; ω — частота вращения в равновесном режиме, предшествующем переходному процессу;

$q = \Delta Q_u / Q_u$, где ΔQ_u — изменение цикловой подачи за время переходного процесса; Q_u — цикловая подача в равновесном режиме, предшествующем переходному процессу.

Решение дифференциального уравнения ТА дает возможность построить переходные процессы в ТА, то есть определить изменение цикловой подачи топлива во времени и выявить реакцию элемента на внешние воздействия.

Коэффициенты дифференциального уравнения ТА определяются на основе анализа АФЧХ, полученных экспериментальным или расчетным путем [1]. В ряде работ получены теоретические выражения для коэффициентов дифференциального уравнения ТА, включающие в себя многие конструктивные и регулировочные параметры ТА, такие как диаметр плунжера, диаметр иглы распылителя, площадь сопловых отверстий распылителя, жесткость пружины нагнетательного клапана, пружины иглы распылителя, диаметр трубопровода и многие другие [2,3]. Эти

выражения получены путем рассмотрения равновесия единичного элемента топлива, перемещающегося в системе под действием всех сил (принцип Даламбера).

Решение дифференциального уравнения ТА получают известными методами: путем преобразований и использования частных решений Эйлера для однородных дифференциальных уравнений.

Для получения переходного процесса, описываемого дифференциальным уравнением ТА, необходимо алгебраически просуммировать по времени процессы, протекающие в ТА за счет перемещения рейки насоса и за счет изменения угловой скорости валика насоса. Это соответствует принципу суперпозиции (раздельное изучение возмущающих воздействий). В случае больших возмущений уравнение ТА неприменимо, так как представляется в виде нестационарного, и коэффициенты уравнения непрерывно меняются в зависимости от перемещения рейки или изменения скорости вращения валика насоса.

Ранее была выполнена работа [4], показывающая, что использование теоретических выражений для расчета коэффициентов дифференциального уравнения ТА при построении ее переходных процессов хорошо согласуется с экспериментальными данными. Разработана компьютерная модель, позволяющая оценить влияние на переходный процесс конструктивных и регулировочных параметров ТА, входящих в теоретические выражения для коэффициентов дифференциального уравнения ТА [4,5]. С помощью указанной модели, в частности, было проанализировано влияние на время переходного процесса

$T_{\text{пн}}$, перерегулирование Δ цикловой подачи топлива $q_{\text{ц}}$ и максимальные забросы цикловой подачи $q_{\text{цmax}}$ площади сопловых отверстий распылителя $f_{\text{сопл}}$. Построены переходные процессы с использованием решения дифференциального уравнения ТА. Моделировался переходный процесс, вызванный мгновенным скачкообразным перемещением рейки из положения 7 мм в положение 8 мм при неизменной частоте вращения вала насоса 1000 мин⁻¹. Переходные процессы для топливной аппаратуры с ТНВД УТН-5 и форсункой ФД-22 при различных значениях площади сопловых отверстий (штатная площадь сопловых отверстий $f_{\text{сопл}} = 0,0038516 \text{ см}^2$) показаны на рисунке 1. При исследовании влияния на переходный процесс изменения $f_{\text{сопл}}$ было использовано 8 их значений в интервале от 0,002428 см² до 0,0045714 см². $T_{\text{пн}}$ при значениях $f_{\text{сопл}}$, равных 0,002428; 0,002857 и 0,0031428 см² составило 0,44 с, а при значениях $f_{\text{сопл}}$, равных 0,0034286; 0,0038516; 0,004; 0,0042857 и 0,0045714 см² – 0,45 с. Влияние изменения $f_{\text{сопл}}$ на Δ и $q_{\text{цmax}}$ демонстрируют рисунки 2 и 3.

Анализ полученных результатов показывает, что с ростом площади сопловых отверстий время переходного процесса возрастает незначительно (на 0,01 с). Переходный процесс носит колебательный характер, перерегулирование цикловой подачи в течение переходного процесса линейно возрастает на 2,4%, забросы максимальных значений цикловой подачи линейно возрастают на 5,7% при возрастании площади сопловых отверстий на 88,3%.

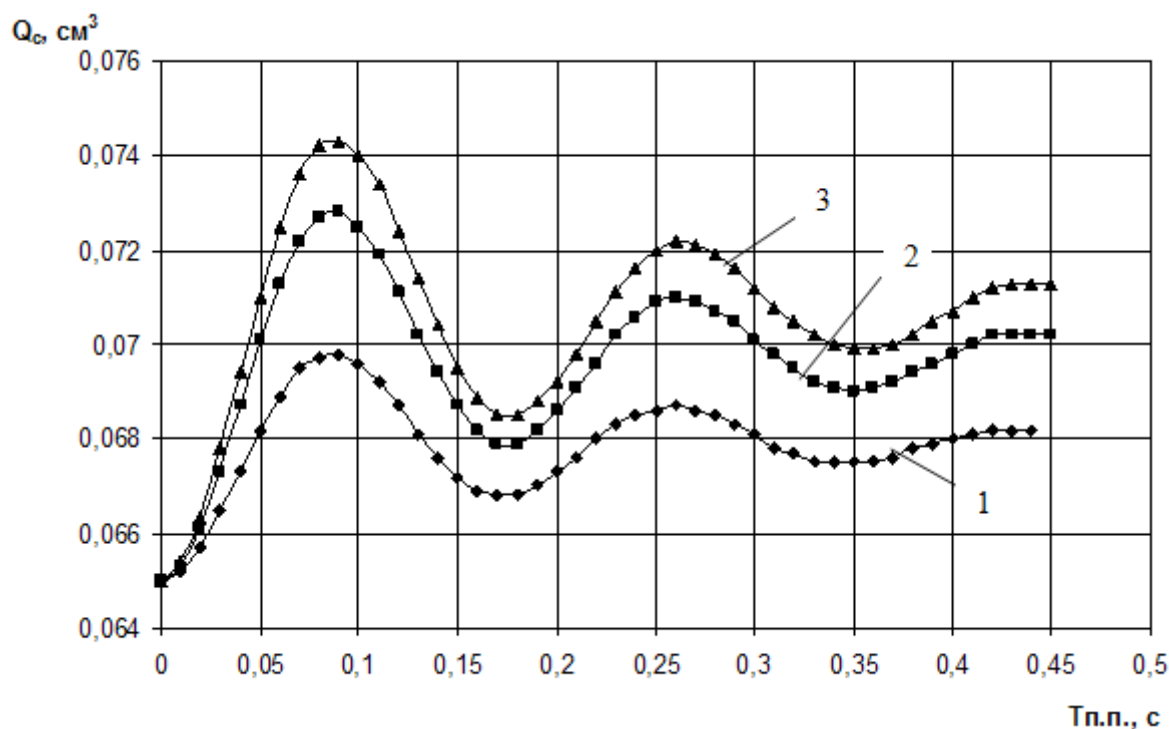


Рис. 1. Переходные процессы ТА дизеля с ТНВД УТН-5 и форсункой ФД-22: 1 — $f_{\text{сопл}} = 0,002428 \text{ см}^2$; 2 — $f_{\text{сопл}} = 0,0038516 \text{ см}^2$ (штатное значение), 3 — $f_{\text{сопл}} = 0,0045714 \text{ см}^2$

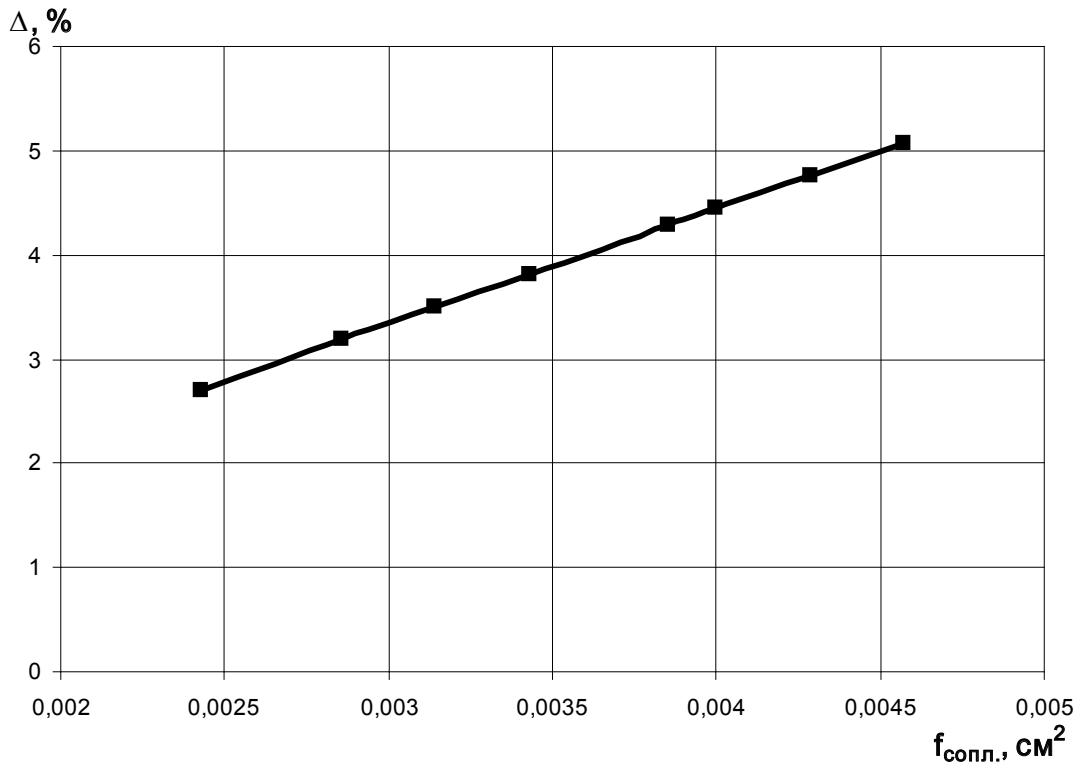


Рис. 2. Влияние площади сопловых отверстий на перерегулирование цикловой подачи топлива в переходном процессе

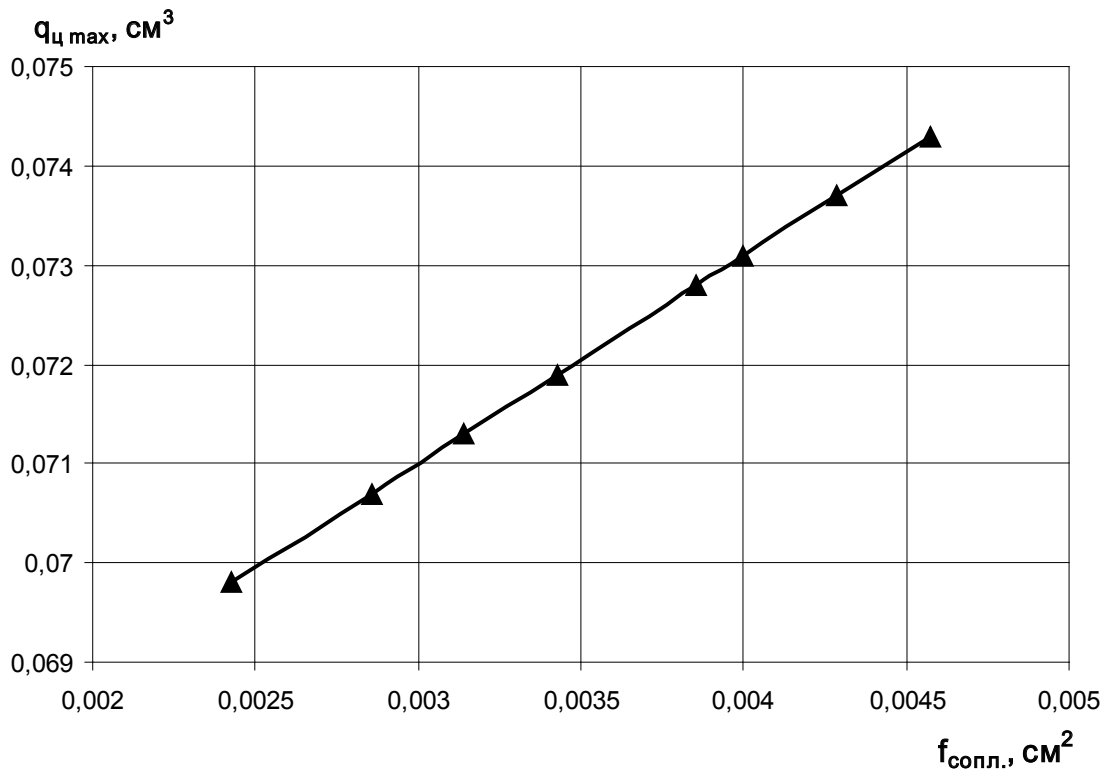


Рис. 3. Влияние площади сопловых отверстий на максимальные забросы цикловой подачи топлива в переходном процессе

Литература:

1. Крутов В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект/ В.И. Крутов. — М.: Машиностроение, 1978. — 471 с.
2. Волков А.А. Топливоподающая аппаратура как элемент системы автоматического регулирования дизеля: Дис. на соиск. уч. ст. к.т.н. — М., 1972. — 234 с.
3. Комаров Г.А. Исследование статических и динамических свойств топливоподающей аппаратуры дизеля: дис... к.т.н./ Г.А. Комаров. — М., 1970. — 204 с.
4. Курапин А.В. Переходные процессы в топливоподающей аппаратуре дизелей: Дис. на соиск. уч. ст. к.т.н. — Волгоград, 1999. — 262 с.
5. Славущий В.М. К исследованию переходных процессов в топливоподающей системе транспортных дизелей / В.М. Славущий, А.В. Курапин // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. № 6 / ВолгГТУ. — Волгоград, 2008. — (Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки»; вып. 1). — С. 34–38.

Инновационные технологии водоподготовки для производства слабо- и безалкогольной продукции

Лиходумова Мария Анатольевна, студент;
 Прохасько Любовь Савельевна, кандидат технических наук, доцент;
 Ярмаркин Дмитрий Александрович, студент
 Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск;)

Асенова Бахыткуль Кажкеневна, кандидат технических наук, профессор
 Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Залилов Рустем Венирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель
 Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

Кавитационные технологии являются высокотехническими и экологически безопасными процессами. Они дают превосходные результаты преобразования газообразных, твердых и жидких сред. В настоящее время кавитационные технологии широко применяются в пищевой промышленности. Предлагается использовать для водоподготовки в технологическом процессе приготовления пива гидродинамический кавитационный аппарат, реализующий эффект ударного воздействия на жидкую среду скачка давления.

Ключевые слова: пиво, экстрагирование, биополимеры, кавитационная технология, ударная волна.

Инновационные технологии и разработанное оборудование, ориентированные на получение высококачественной продукции, должны в полной мере отвечать требованиям энерго- и ресурсосбережения, экологической безопасности, быть конкурентоспособны в современных условиях рыночной экономики [1–5]. Это возможно, если в их основе лежат прогрессивные инновационные идеи [6–8]. Одним из таких инновационных направлений является полезное использование кавитационных явлений [9].

К слабоалкогольным относятся напитки с содержанием спирта от 2,8 до 9,5% общей массы — это пиво, брага, медовые напитки. Пиво — старинный слабоалкогольный ячменно-солодовый напиток, обладающий приятной горечью, ароматом хмеля, способностью вспениваться при наполнении бокала и долгое время удерживать на поверхности слой компактной пены. Благодаря приятному вкусу, тонизирующему жаждоутоляющему действию пиво пользуется большим спросом у населения.

Основной химический состав пива: вода; углеводы; этиловый спирт определяет калорийность в 400–450 ккал/л (высших спиртов мало); азотосодержащие вещества; углекислый газ; дрожжи — продуцируют основную массу аминокислот.

Прочие компоненты в незначительном количестве: соли органических кислот; минеральные соединения солода; витамины солода присутствуют в фосфорилированной форме, способствующей хорошему их усвоению; эстрогены (фитоэстрогены хмеля) достаточно для действия влияния на гормональный фон: злоупотребление пивом из-за этих растительных женских половых гормонов действительно оказывает обратный гормональный эффект на мужчин; фенольные соединения; ароматические соединения в составе хмелевого масла; горькие мало- и высокосмолистые вещества хмеля определяют аромат и вкус напитка в процессе изменяют свои свойства. Горькие вещества пива — психоактивные соединения, бактерицидные, снотворные, бактериостатические,

седативны, в больших дозах — галлюциногены; биогенные амины. Большие дозы биогенных аминов повышают давление, провоцируют головную боль и поражают почки.

Пиво представляет собой водный раствор экстрактивных веществ солода, не претерпевших изменения в ходе его брожения и дображивания, этилового спирта и вкусоароматических веществ, являющихся либо вторичными метаболитами дрожжей, либо происходящими из хмеля. Содержание в пиве несброженных углеводов (а- и б-глюканы), фенольных веществ (антоцианогены, олиго- и полифенолы), меланоидинов и карамели в зависимости от массовой доли сухих веществ в начальном сусле, технологии брожения колеблется от 2,0 до 8,5 г/100 г пива. Эти же экстрактивные вещества определяют содержание в пиве спирта, массовая доля которого может изменяться от 0,05 до 9,4%, а также вкусоароматических веществ (высших спиртов, эфиров, альдегидов и пр.), синтез которых зависит от состава сусла, от режимов брожения и природы дрожжей.

Одним из основных этапов технологии приготовления пива является процесс затирания — экстрагирование из солода и несоложенных материалов в водный раствор растворимых и нерастворимых частей зернопродуктов, составляющих экстракт сусла и пива. Экстрактивные вещества зернопродуктов (ячменя и солода) переходят в сусло в результате биохимических процессов, так как в ячмене и солоде они находятся в виде высокомолекулярных соединений — биополимеров (крахмала и белка).

Прогрессивным и эффективным методом интенсификации технологических процессов в жидкостях является кавитационное воздействие на обрабатываемую среду [9–12]. В настоящее время кавитационные технологии применяют для смешения трудносмешиваемых сред, приготовления стойких против расслоения смесей, гомогенных растворов, эмульсий, взвесей и дисперсий, для активации ферментов, ускорения химических процессов за счет поддержания каталитических реакций, для очищения воды за счет подавления колонн бактерий и снижения уровня бактерицидных агентов [13] и для многих другие полезные цели. Столь широкое применение кавитации для различных целей обусловлено многофункциональным спектром действия кавитационных явлений.

Явление кавитации можно инициировать в жидкости различными способами, например с помощью ультразвукового реактора вызвать акустические колебания — источник рождения микроскопических парогазовых пузырьков — акустическая кавитация — или с помощью гидродинамических кавитационных аппаратов при про-

хождении жидкой среды через кавитационное устройство (сопло или гидродинамическую решетку) — гидродинамическая кавитация. Схлопывание пузырьков порождает высокочастотный колебательный процесс и, как следствие, точечные повышения давления и температуры, сопровождающиеся образованием ударной волны. Именно воздействие ударной волны на жидкую среду обуславливает вышеперечисленные кавитационные эффекты [14].

Предлагается инновационная технология водоподготовки для производства слабоалкогольной продукции, в частности, пива. С этой целью целесообразно использовать гидродинамический кавитационный аппарат «двойного действия», который формирует при помощи кавитационного устройства (например, сопла) на выходе последнего высокоскоростные струи [15, 16].

Разработанная математическая модель рабочего процесса позволяет рассчитать параметры аппарата, при которых на выходе кавитационного устройства можно сформировать не только развитие кавитации, но и сверхзвуковой парогазожидкостный поток (как известно, скорость звука в парогазожидкостной смеси может быть существенно меньше скорости звука в составляющих эту смесь компонентах). Течение сверхзвукового двухфазного потока в условиях трения рабочей камеры аппарата приводит к переходу сверхзвукового течения в дозвуковое в скачке давления. Это ударное воздействие скачка давления на жидкую среду является мощным дополнительным интенсифицирующим фактором кавитационного эффекта.

Основным компонентом пива является вода. Содержание воды в пиве превышает 90% его массы. Поэтому воду, несомненно следует отнести к доминантному виду технологического сырья. И от того, какая вода используется в производстве пива, зависит качество этого напитка. Вода не является чистым химическим веществом, она может различаться по ионному составу, вкусовым качествам, то есть она характеризуется определенными органолептическими и физико-химическими свойствами. И эти свойства определяют сорт пива, его вкусовые качества и пр. Поэтому предлагаемый кавитационный аппарат для кавитационной обработки воды, используемой для экстрагирования полезных веществ из зернопродуктов, вследствие дополнительного ударного воздействия скачка давления позволит наиболее полно осуществить механизм кавитационного воздействия на жидкую среду и получить в дальнейшем пищевой продукт высокого качества. К тому же, двойное воздействие ударных волн давления позволяет полностью подавить находящиеся в воде бактерицидные агенты.

Литература:

1. Ребезов М. Б. Экология и питание. Проблемы и пути решения. / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Альхамова Г. К., Лукин А. А., Хайруллин М. Ф. // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 8–2. С. 393–396.
2. Ребезов М. Б. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания. / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., Хайруллин М. Ф., Альхамова Г. К., Лукин А. А. // *Пищевая промышленность*. 2011. № 5. С. 13–15.

3. Белокаменская А. М. Применение физико-химических методов исследований в лабораториях Челябинской области / Белокаменская А. М., Ребезов М. Б., Мазаев А. Н., Ребезов Я. М., Зинина О. В. // Молодой ученый. 2013. № 4. С. 48–53.
4. Ребезов М. Б. Анализ рынка функциональных безалкогольных продуктов (на примере города Челябинска) / Ребезов М. Б., Наумова Н. Л., С. А. Комаров, Р. В. Залилов, О. В. Зинина // Пищевая промышленность. 2011. № 5. С. 13–15.
5. Ребезов М. Б., Определение потребностей потребителей / М. Б. Ребезов, К. Е. Трапезникова, Е. С. Вайскрובה // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов. — Кемерово: КемТИП, 2008. — Вып. 15. — С. 104–106.
6. Ребезов М. Б., Инновационные технологии / М. Б. Ребезов, Наумова Н. Л., Зайнутдинов Р. Р., Альхамова Г. К., Лукин А. А. и др. // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. IV междунар. научн.-практ. конф. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — С. 282–285.
7. Наумова Н. Л., Функциональные продукты. Спрос и предложение (монография) / Н. Л. Наумова, М. Б. Ребезов, Е. Я. Варганова. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. — 78 с.
8. Наумова Н. Л. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания / Наумова Н. Л., Ребезов М. Б., // Фундаментальные исследования. 2012. № 4–1. С. 196–200.
9. Прохасько Л. С. Применение гидродинамических кавитационных устройств для дезинтеграции пищевых сред / Прохасько Л. С., Ребезов М. Б., Асенова Б. К., Зинина О. В., Залилов Р. В., Ярмаркин Д. А. // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. 2013. Т. 7. № 2. С. 62–67.
10. Прохасько Л. С. Гидродинамическая кавитационная технология обработки пищевых сред / Л. С. Прохасько, В. А. Евдокимов // Наука. Образование. Молодежь: мат. научн.-практ. конф., посв. 55-летию АТУ. — Алматы: АТУ, 2012. — С. 256–257.
11. Прохасько Л. С. Расчет кавитационных устройств для обработки жидких пищевых сред / Л. С. Прохасько, Р. В. Залилов, Я. М. Ребезов // Техника и технология пищевых производств: мат IX междунар. науч.-технич. конф. (25–26 апреля 2013 г). — Могилев: МГУП, 2013. С. 260.
12. Прохасько Л. С. Кавитационная технология получения высокодисперсных смесей в пищевой промышленности / Л. С. Прохасько // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. V международной научн.-практ. конференции — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. — С. 127–128.
13. Прохасько Л. С. Применение гидродинамических кавитационных устройств для процессов водоочистки // Международная научно-практическая конференция «Чистая вода — 2009»: сб. науч. тр. — Кемерово: Изд-во КТИПП, 2009. — С. 460–464.
14. Прохасько Л. С. Гидродинамика и расчет кавитационных смесителей непрерывного действия: автореферат дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук / Л. С. Прохасько. — Пермь. Изд-во ПГТУ, 2000. — 20 с.
15. Патент на изобретение RUS 2158627 23.03.1999 Российская Федерация, МПК 7B01F5/08. Смеситель кавитационного типа / Е. К. Спиридонов, Л. С. Прохасько, В. С. Боковиков, А. Х. Валиев. — № 99105906/12; заявл. 23.03.1999; опубл. 10.11.2000.
16. Смеситель кавитационного типа для жидких пищевых сред / Л. С. Прохасько, М. Б. Ребезов, О. В. Зинина, Р. В. Залилов, А. Н. Мазаев, Б. К. Асенова, Д. А. Ярмаркин. — Заявка на выдачу патента 2013117605; заявл. 16.04.2013; решение о выдаче патента 11.09.2013 (патент на публикации).

Методы оценки качества передачи речевых пакетов при исследовании надежности сети NGN

Мурадова Алевтина Александровна, докторант
Ташкентский университет информационных технологий (Узбекистан)

В статье рассмотрены различные методы оценки качества передачи речевых пакетов, которые используются при исследовании надежности сети NGN. Данные методы позволят правильно оценить основные параметры качества работы сети NGN. Получены временные характеристики влияния задержки на качество речи, а также зависимости качества речи от потери пакетов и типов используемых кодеков.

Ключевые слова: NGN (Next Generation Network), IP-трафик, речевой пакет, джиттер, субъективный метод общего мнения, автоматический метод измерения качества передачи речи, метод «рассчитываемого планируемого параметра ухудшения».

Введение

Разнородность трафика в сетях NGN (Next Generation Network) ставит вопрос о дифференциальном подходе к обеспечению различных приложений сетевыми ресурсами. Так, при передаче данных, как правило, задержка передачи и ее вариация не являются критичными, чего нельзя сказать о достоверности передачи. В случае передачи голоса наиболее важны характеристики задержки (и в первую очередь ее вариация) и в меньшей степени достоверность. Традиционно IP-трафик передается по методу «best effort» — «с максимальными усилиями». Сеть старается обработать поступающий трафик как можно быстрее, но при этом никаких гарантий относительно результата своих усилий не дает. Не гарантируется ни проверка сети NGN обеспечить поток данных сетевыми ресурсами, ни приоритезация. Другими словами, безотносительно к какому типу трафика относятся информационные пакеты (голос, видео, FTP и т. д.), они обрабатываются по принципу «первый пришел — первый получил обслуживание». Очевидно, что эта модель не подходит для передачи трафика со специфическими требованиями к задержке, производительности или надежности передачи данных. Для перехода к новым приложениям на сетях с коммутацией пакетов нужен свой механизм обеспечения качества передачи. В такой структуре сети NGN речевые пакеты должны отличаться от пакетов данных и это отличие должно фиксироваться узлами сети [1].

Хотя причины обеспечения качества услуг в сетях NGN взаимосвязаны, можно выделить четыре основные составляющие, значения которых можно определить независимо. Эти параметры в настоящее время могут контролироваться оборудованием сетей NGN, и они чаще всего включаются в соглашения провайдера услуг с клиентом о заданном уровне качества SLA (Service Level Agreement). В этом договоре сервис-провайдер и потребитель определяют: — параметры качества обслуживания трафика, которые интересуют потребителя и которые согласен поддерживать провайдер — например, средняя пропускная способность, максимальные задержки и ва-

риации задержек, максимальная интенсивность потерь данных, коэффициент готовности сервиса, максимальное время восстановления сервиса после отказа, — методы измерения этих параметров; — определение платы за обслуживание. Система оплаты может быть достаточно сложной, особенно если соглашение предусматривает несколько уровней качества обслуживания, которые оплачиваются по разным тарифам; — санкции за нарушение обязательств провайдера по обеспечению надлежащего качества обслуживания, а также за отклонение параметров трафика пользователя от оговоренных значений. Эти санкции могут выражаться в виде штрафов, либо в иной форме, например, в форме предоставления сервиса в течение некоторого времени бесплатно или по пониженному тарифу; — как и любой договор, соглашение SLA по взаимному согласию провайдера и клиента может включать большое количество различных дополнительных статей. Например, статью, оговаривающую условия перехода к более качественному обслуживанию или обслуживанию с разным уровнем качества в зависимости от дня недели или времени суток; — соглашение может включать также правила «кондиционирования» пользовательского трафика, то есть обработки трафика, который выходит за оговоренные пределы. Также правила «кондиционирования» могут определять условия отбрасывания или маркировки пакетов-нарушителей (помеченные пакеты будут отбрасываться сетью не всегда, а только в том случае, когда сетевые устройства испытывают перегрузки) [2]. Многие сервис-провайдеры предлагают своим клиентам типовые контракты SLA. Типовые контракты облегчают жизнь сервис-провайдерам, так как для их реализации можно обойтись без средств гарантированного поддержания качества обслуживания. Требуется только поддерживать примерно постоянный Уровень запаса пропускной способности и предлагать в SLA те значения параметров QoS, которые демонстрирует работающая сеть. Для предоставления различным пользователям индивидуального уровня качества обслуживания такой подход не работает, и в этом случае требуется реализовать в сети различные механизмы управления QoS, такие как RSVP, DiffServ.

Параметры качества работы NGN сети:

1. Задержка речевых пакетов

Задержка (delay) является неотъемлемой чертой любой сети передачи данных с пакетной коммутацией. Сети с коммутацией пакетов были созданы для передачи данных, и возможность их использования для передачи голосового или факсимильного трафика в реальном времени, по аналогии с традиционной телефонией, в значительной степени зависит от вносимой задержки. Здесь под задержкой понимается промежуток времени, за который пакет пересекает сеть NGN от отправителя до получателя. Экспериментально установлены следующие градации численных величин задержек: 1-й уровень — до 200 мс — отличное качество связи. Для сравнения, в сети ТФОП допустимы задержки до 150–200 мс. 2-й уровень — до 400 мс — считается хорошим качеством связи. Но если сравнивать с качеством связи по сетям ТФОП, разница будет видна. Если задержки постоянно удерживаются на верхней границе 2-го уровня (на 400 мс.), то не рекомендуется использовать эту связь для деловых переговоров. 3-й уровень — до 700 мс — считается приемлемым качеством связи для ведения неделовых переговоров. Такое качество связи возможно также при передаче пакетов по спутниковой связи. Основные средства для минимизации задержки — использование в сети высокопроизводительных голосовых коммутаторов и приоритезация голосового трафика над трафиком данных [3].

2. Джиттер задержки пакетов

Джиттер или вариация задержки — это различие во времени прохождения в сети последовательных пакетов одного соединения. Чем больше джиттер, тем сильнее будет отличаться задержка при передаче одного пакета от задержки при прохождении другого. Джиттер возникает в сети из-за очередей и маршрутизации пакетов одного сегмента речи по разным путям. При сборке пакетов на приемном конце их последовательность может быть нарушена. Джиттер приводит к специфическим нарушениям передачи речи, слышимым как трески или щелчки. Джиттер подавляют путем включения в приемную часть шлюза буфера статической или динамической памяти, который восстанавливает исходную последовательность пакетов. Пакеты, джиттер которых превышает время их «удержания» в буферной памяти, не воспринимаются приемным устройством. Таким образом, буфер подавляет джиттер ценой увеличения, как общего времени удержания, так и потери пакетов; регулировка времени удержания (размера буфера) представляет собой компромисс между ними. По разным данным и в зависимости от типа кодека не воспринимается джиттер не более 15–50 мс.

3. Потери речевых пакетов

Поскольку голосовые пакеты не повторяются, при их потере (или искажении) в сети на приемной стороне возникает короткая пауза в речи. Частые потери голосовых пакетов, вызванные плохим качеством каналов связи, могут привести к ухудшению разборчивости речи, а иногда и к полной невозможности общения. Искажения от по-

тери пакетов также зависят от применяемых в шлюзах типов кодеков. Качество речи при использовании кодеков типа G.729 и G.723.1 в большей степени зависит от потери пакетов, по сравнению с высокоскоростными кодеками типа G.711. Приблизительно можно считать, что при IP-телефонии хорошего качества допустимый уровень потерь пакетов должен составлять 1–3%, причем меньшая величина относится к низкоскоростным кодекам, а большая — к высокоскоростным. Измерение указанных выше параметров производится на определенном интервале времени. Чем меньше этот временной интервал, тем более жесткие требования предъявляются к сети, а, следовательно, ко всем ее элементам, поскольку обеспечение QoS «из конца в конец» требует взаимодействия всех узлов на пути трафика и определяется надежностью, функциональностью и производительностью самого «слабого звена».

4. Готовность сети

Под готовностью сети (service availability) понимается надежность соединения пользователя с информационным сервисом. Применительно к сети IP-телефонии это означает надежность установления телефонного соединения между двумя абонентами. Телефонные сети общего пользования имеют подтвержденную десятилетиями репутацию исключительно надежной инфраструктуры. Их коэффициент готовности составляет 99,999% или 5 минут отказа в год. В то же время сеть интернет со всей ее непредсказуемостью обладает низкой степенью надежности. Надежность в сетях IP-телефонии должна обеспечиваться аппаратными, программными и сетевыми средствами.

Если в сети IP-телефонии используется технология динамической маршрутизации, для обхода могут использоваться даже каналы ТФОП. Современные шлюзы IP-телефонии имеют достаточно высокие показатели надежности. Коэффициент готовности с учетом резервирования составляет 99,999%, среднее время между повреждениями (MTBF) — не менее 80–100 тысяч часов.

5. Эхо

Также нельзя не сказать о влиянии эха на качество разговора. Феномен эха вызывает затруднения при разговоре и у говорящего, и у слушающего. Говорящий слышит с задержкой свой собственный голос. Если сигнал отражается дважды, то слушающий дважды слышит речь говорящего (второй раз — с ослаблением и задержкой). Эхо может иметь электрическую и акустическую природу. Отражения в дифсистеме является неотъемлемым свойством ТФОП. Поэтому они проявляются при взаимодействии ТФОП и NGN сетей. С целью экономии кабеля в ТФОП для подключения абонентских терминалов с давних пор используются двухпроводные линии, по которым речевые сигналы передаются в обоих направлениях. Для разделения сигналов разных в терминалах абонентов и на АТС применяются простые мостовые схемы, называемые дифсистемами (hybrid). Работа этих мостовых схем основывается на согласовании импедансов в плечах моста, одним из плеч которого является двухпроводная абонентская

линия. Так как абонентские линии могут очень сильно различаться по своим параметрам (длине, диаметру жил кабеля), то достичь точного согласования невозможно. Вместо этого администрация связи вынуждена ориентироваться на некоторую среднюю величину импеданса для всех абонентских линий своей национальной сети. Это приводит к тому, что сигналы прямого и обратного направления в большинстве случаев не разделяются полностью, и в дифсистеме возникает частичное отражение сигналов. Если задержка распространения сигнала в сети невелика, такой отраженный сигнал попросту незаметен и не вызывает неприятных ощущений. Если задержка достигает величины 15–20 мс, возникает эффект «огромного пустого помещения». При дальнейшем увеличении задержки субъективная оценка качества разговора резко ухудшится, вплоть до полной невозможности продолжать разговор. Задержки, свойственные процессам передачи речи по NGN сетям, таковы, что не оставляют выбора и делают механизмы, ограничивающие эффект эха, обязательными в любом оборудовании IP-телефонии. Акустическое эхо возникает при пользовании терминалами громкоговорящей связи, независимо от того, какая технология используется в них для передачи информации. Акустическое эхо может обладать значительной длительностью, а особенным неприятным бывает изменение его характеристик при изменении, например, взаимного расположения терминала и говорящего, или даже других людей в помещении. Эти обстоятельства делают построение устройств эффективного подавления эха очень непростой задачей. Существуют два типа устройств, предназначенных для ограничения вредных эффектов эха: эхозаградители и эхокомпенсаторы. Принцип работы эхозаградителей состоит в отключении канала передачи, когда в канале приема присутствует речевой сигнал. Недостаток такой техники в том, что перебить говорящего становится невозможным, т. е. связь становится полудуплексной. Эхокомпенсатор — это более сложное устройство, которое моделирует эхо-сигнал для последующего его вычитания из принимаемого сигнала. Эхо моделируется как взвешенная сумма задержанных копий входного сигнала или, иными словами, как свертка входного сигнала с оцененной импульсной характеристикой канала. Оценка импульсной характеристики происходит в тот момент, когда говорит только удаленный корреспондент, для чего используется детектор речевой активности. Эхокомпенсация достигается вычитанием

синтезированной копии эхосигнала из сигнала обратного направления. Первые три рассмотренные выше параметра качества работы сети NGN (задержка, джиттер и потери речевых пакетов) непосредственно влияют на качество передачи речевой информации. Эти параметры не характерны для обычных телефонных сетей, поэтому для оценки качества передачи пакетной речи требуются критерии, которые отличаются от тех, которые используются для нормирования аналоговых и цифровых телефонных каналов [4].

Метод MOS-Mean Opinion Score

Ввиду различной природы передачи информации по каналам коммутируемой и NGN сети наиболее надежным способом сравнительной оценки качества передаваемой речи является субъективный метод общего мнения (Mean Opinion Score-MOS). Оценки MOS рассчитываются после прослушивания группой людей тестируемого тракта передачи речи по пятибалльной шкале. Оценки 3,5 баллов и выше соответствуют стандартному и высокому телефонному качеству, 3,0...3,5 — приемлемому, 2,5...3,0 — синтезированному звуку. Для передачи речи с хорошим качеством целесообразно ориентироваться на MOS не ниже 3,5 баллов [5].

Метод Quality Rating

Другим субъективным методом оценки является использование единиц рейтинга R (Quality Rating) по сто балльной шкале.

Единицы MOS связаны с R сложной нелинейной зависимостью. Высшему качеству $R = 100$ соответствует $MOS = 4,5$. На практике для быстрого пересчета в наиболее важном диапазоне $2,5 < MOS < 4,4$ удобна простая линейная аппроксимация: $MOS = R/20$. Ее погрешность менее 5%, что вполне допустимо, учитывая разбросы при субъективной оценке. Таким образом, для соединения хорошего качества желательно ограничиться первыми тремя категориями, т. е. обеспечить $R > 70$ или $MOS > 3,5$. Недостатками указанных способов измерения качества передачи речи являются их субъективизм и неэффективность.

Метод PSQM-Perceptual Speech Quality Measurement

Кроме субъективных методов имеется также автоматический метод измерения качества передачи речи, названный PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement). Этот метод основан на сравнении эталонного речевого сигнала и сигнала, поступающего из кодека или IP-

Таблица 1. Метод оценки качества на основе использования единиц рейтинга R

Диапазон R	Категория качества речи	Удовлетворенность пользователей
$90 \leq R < 100$	Наилучшая (best)	Удовлетворены в высшей степени
$80 \leq R < 90$	Высокая (high)	Удовлетворены
$70 \leq R < 80$	Средняя (medium)	Некоторые не удовлетворены
$60 \leq R < 70$	Низкая (low)	Многие не удовлетворены
$50 \leq R < 60$	Плохая (poor)	Почти все не удовлетворены

Таблица 2. Зависимость параметра *Idd* от задержки речевого сигнала в сети NGN

Задержка (мс)	Параметры <i>Idd</i>
150	0
200	3
250	10
300	15
400	25
500	30
600	35
800	40
>800	40

сети. Метод PSQM может быть использован для сравнительной оценки качества работы различных речевых кодеков или сетей.

Метод ICPIF-Calculated Planning Impairment Factor

Наиболее удобным для оценки качества работы реальных сетей IP-телефонии является метод «рассчитываемого планируемого параметра ухудшения» ICPIF (Calculated Planning Impairment Factor). Основная идея метода состоит в расчете величин различных параметров ухудшения качества передачи речи на каждом участке соединения в сети связи и сложения этих величин для получения общего параметра. Существуют различные факторы ухудшения качества передачи речи в сетях NGN (шум, задержка, эхо и т. д.).

Величина общего параметра ухудшения *I_{tot}* определяется по формуле:

$$I_{tot} = I_o + I_q + I_{dte} + I_{dd} + I_e,$$

где *I_o* — параметр ухудшения качества, обусловленный неоптимальным уровнем громкости и/или высоким шумом в канале;

I_q — параметр ухудшения качества, обусловленный шумами квантования в ИКМ;

I_{dte} — параметр ухудшения качества, обусловленный акустическим эхо;

I_{dd} — параметр ухудшения качества, обусловленный передачей речи на большое расстояние (задержки);

I_e — параметр ухудшения качества, обусловленный специальными устройствами,

в частности низкочастотными кодеками.

Зависимость величины параметра *I_{dd}* от задержки передачи речевого сигнала в сети приведены в рекомендации G.113 (таблице 2).

Параметр *I_e* используется для оценки качества работы сложных устройств обработки речевых сигналов, например низкочастотных кодеков. В рекомендации G.113 каждый тип кодека характеризуется специфическим параметром *K_i* для оценки ухудшения качества передачи речи. Когда в соединении IP-телефонии используется несколько различных кодеков, то общая величина параметра ухудшения определяется суммированием индивидуальных значений параметра *K_i* для каждого кодека. В таблице 3 приведены величины параметра *K_i* для некоторых наиболее распространенных кодеков, часть из которых применяется в IP-телефонии.

Кодеки и оценка качества кодеков

Речевая информация более критична к продолжительным задержкам, чем данные. Следовательно, рассматривая возможность реализации IP-телефонии, необходимо оценить параметры задержки и потери пакетов информации на всей протяженности сети NGN. При этом

Таблица 3. Параметр *K_i* оценки ухудшения качества передачи речи для некоторых кодеков

Тип кодека	Скорость передачи (кбит/с)	Параметр <i>K_i</i>
PCM (G.711)	64	0
APDCM (G.726, G.727)	40	2
	32	7
	24	25
	16	50
	8	10
CS-ACELP/CA-ACELP (G.729, G.729.a)	8	10
LD-CELP (G.728)	16	7
	12,8	20
VSELP (IS 54,USA)	8	20
RPE-LTP (GSM)	13	20

Таблица 4. Сравнение кодеков

Кодеки	Полоса, кбит/с	Оценка MOS	Задержка, мс
G.711	64	4,1	0,75
G.726	32	3,85	1
G.728	16	3,61	3.....5
G.729	8	3,9	10
G.729a	8	3,85	10
G.723.1	6,3/5,3	3,8/3,75	30

приемлемость или неприемлемость результатов такой оценки, будет зависеть от того, какое качество передачи речи необходимо, и какие ресурсы полосы пропускания на это требуются. Существуют также жесткие требования к типу кодека и к значениям задержки и потери пакетов при их прохождении из конца в конец.

В таблице представлены типы кодеков и их параметры. Также представлен параметр MOS (Mean Opinion Score), который определяет среднюю оценку качества голоса, полученную экспертным путем. На рис. 1 показана зависимость субъективной оценки качества речи при $R > 50$ от задержки сигнала. Верхняя кривая дает оценку при задержке без использования кодека, а две другие — соответственно при дополнительном включении между абонентами кодеков G.711 (64Кбит/с) и G.723.1 (6,3 Кбит/с).

Не изображенные на графике кривые для всех других указанных выше кодеков, в том числе кодеков G.726 и G.728, располагались бы между двумя последними. Следовательно, в зависимости от используемых кодеков и без учета других факторов, качество с рейтингом $R > 70$

достижимо в случае, если задержка будет не более 200–350 мс. Эта оценка справедлива в предположении «нулевых прочих условий», т.е. отсутствия потери пакетов и джиттера. Искажения от потери пакетов также зависят от применяемых в шлюзах типов кодеков. Как ясно из физических принципов, качество речи при использовании низкоскоростных кодеков должно в большей степени зависеть от потери пакетов, по сравнению с высокоскоростными типа. На графике рис. 2 кривые показывают, при каком % потери пакетов качество речи понижается до величин $R = 70$ и $R = 80$, соответствующих нижним границам 3-ей и 2-ой категориям качества табл.3. Эти оценки также предполагают «нулевые условия», т.е. отсутствие задержки и джиттера.

Более сложные случаи, когда факторы задержки и потери пакетов действуют одновременно, исследованы только выборочно. На рис. 3 показано действие этих факторов на используемые у провайдеров IP-телефонии кодеки. Две верхние кривые кодеков без потерь приведены для сравнения. Кривые для кодеков G.729 с 2% и G.723.1

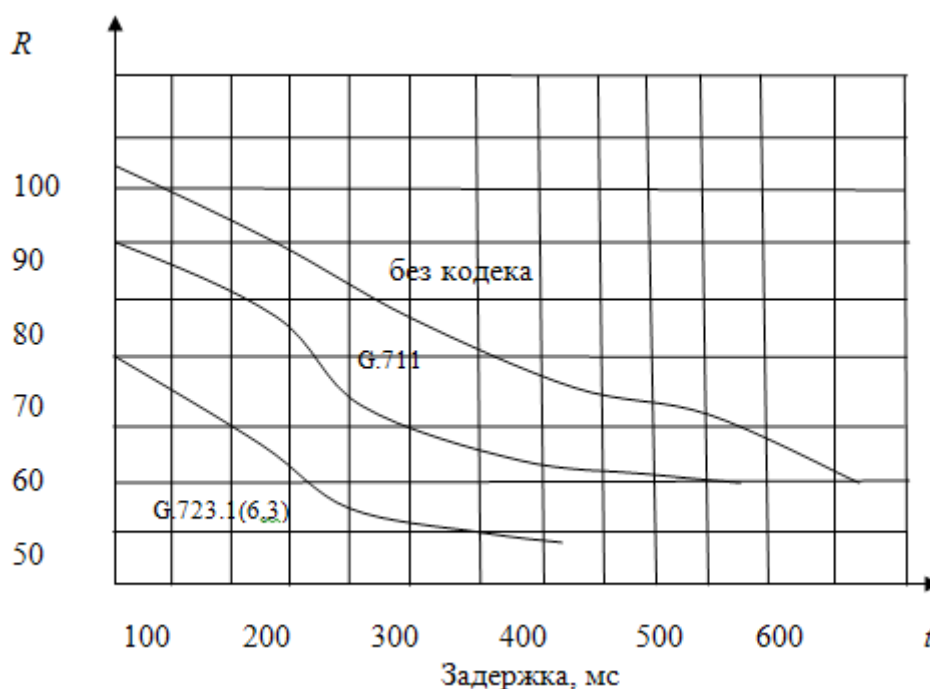


Рис. 1. Влияние задержки на качество речи

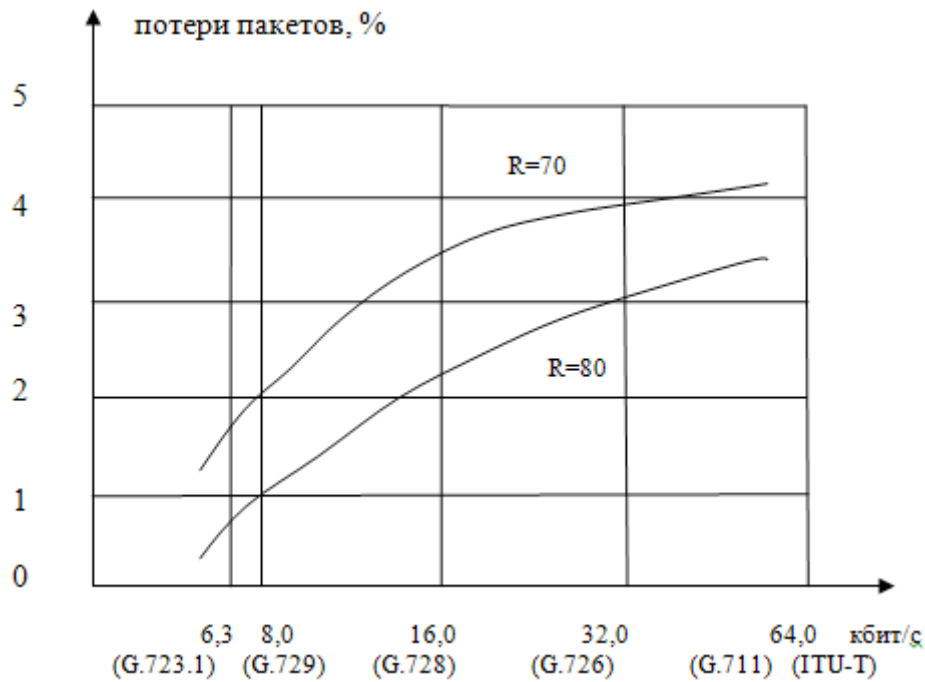


Рис. 2. Зависимость качества речи от потери пакетов и типов кодеков

(6,3 Кбит/с) с 1 % потерь пакетов практически совпадают. Как видно из графиков, при потерях 1–2% пакетов и задержках более 150 мс качество речи в IP канале падает ниже порога $R = 70$.

Полученные характеристики показывают зависимость использования различных кодеков в оборудовании NGN

сети и их влияние на передачу речевой информации. При исследовании надежности сети NGN использование метода «рассчитываемого планируемого параметра ухудшения» ICPIF (Calculated Planning Impairment Factor) позволяет получить общий параметр ухудшения качества передачи речи на каждом участке соединения в сети связи.

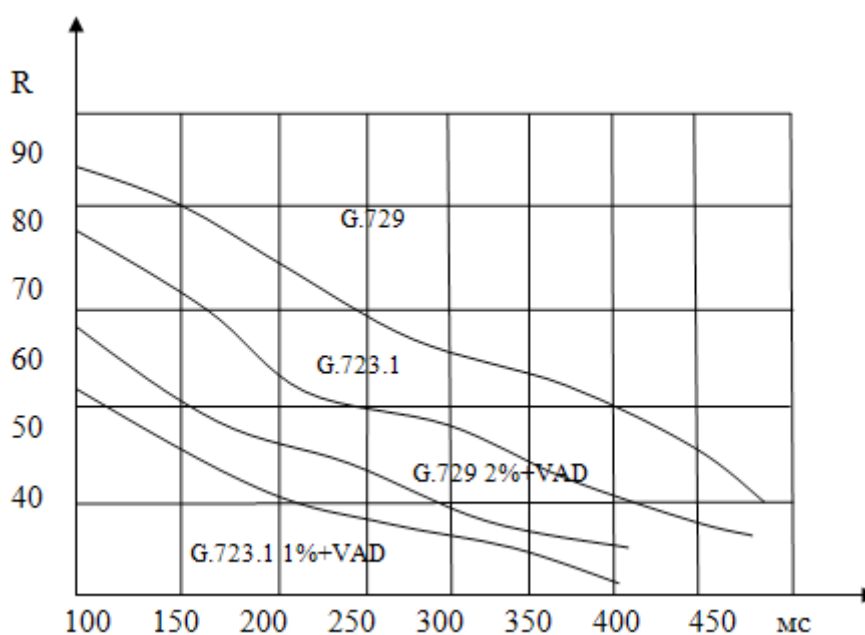


Рис. 3. Зависимость качества речи от суммарного действия задержки и потери пакетов на кодеки G.729 и G.723.1 (6,3 кбит/с). VAD, Voice Activity Detection — устройство детектирования (обнаружения) речи, включение которого несколько понижает качество речи

В дальнейшем по полученному параметру мы можем рассчитать коэффициент готовности для определенного участка сети NGN.

Заключение

При проектировании и построении сети NGN необходимо учитывать не только эффективное расположение оборудования, но и тип передаваемой по этой сети информации. Так как сеть используется не только для передачи речевой информации, но и для передачи данных. Важно учитывать характер взаимодействия различных узлов NGN сети и обеспечивать минимальные задержки и минимальный уровень потерь. Можно сказать, что полная временная задержка речевого трафика делится на две основные части: задержки на кодирование и декодирование на шлюзах, и задержки вносимые самой сетью. Уменьшить общую задержку можно двумя путями,

во-первых, спроектировать инфраструктуру сети таким образом, чтобы задержка в ней была минимальной, а, во-вторых, уменьшить время обработки данных в речевом шлюзе. Для уменьшения задержки в сети NGN нужно сокращать число транзитных участков между маршрутизаторами, а в наиболее важных местах сети использовать высокоскоростные каналы. А для уменьшения разброса задержек можно использовать эффективные методы управления трафиком, например механизмы резервирования, которые непосредственно влияют на надежность сети в целом. Выделенные сети IP-телефонии обычно используются для междугородной и международной связи. Такие сети лучше строить по принципу многоуровневой иерархической сети, где на каждый уровень возлагаются свои определенные функции. На входе в сеть NGN главное обеспечить подключение речевых шлюзов, а внутри сети — высокоскоростную пересылку трафика.

Литература:

1. Нетес В. А. Надежность сетей связи в период перехода к NGN. — «Вестник связи», № 9, 2007.
2. Вегешна Ш. Качество обслуживания в сетях IP. — М.: Вильямс, 2003. — 368 с.
3. Гольдштейн Б. С. и др. IP-телефония. — М.: Радио и связь, 2001, — 336 с.
4. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Искусство оптимизации трафика. NSI — Newbridge Systems Integration, 17.01.2002.
5. Назаров А. Н., Сычев К. И.. Модели и методы исследования процессов функционирования и оптимизации построения сетей связи следующего поколения. — «Электросвязь», № 3, 2011. — с. 43–49.

Методика обоснования основных элементов и характеристик пассажирских СВП

Нгуен Дык Тхинь, морской инженер, аспирант

Нижегородский государственный технический университет НГТУ им. Р. Е. Алексеева

Постановка задачи

При проектном анализе судов совокупность характеристик и проектировочных ограничений является сложной многоуровневой системой. Осуществление реализации задачи определения главных элементов СВП предполагается произвести посредством метода вариаций проектирования судов, то есть, рассматривая множество вариантов СВП, варьируя их основные характеристики (пассажировместимость, габариты, водоизмещение и мощность энергетической установки и др.). Для осуществления этой задачи необходимо произвести выборку судов с приемлемыми характеристиками и произвести статистический анализ этой выборки для получения соответствующих статистически-аналитических зависимостей.

Расчет основных характеристик пассажирских СВП:

Схему последовательности обоснования основных характеристик пассажирских СВП можно представить

в виде нескольких блоков:

Блок 1: Определение диапазона изменения пассажировместимости $n_{\text{пасс}}$ и скорости хода v судов, предназначенных для i -линии эксплуатации.

Блок 2: Массив СВП для статистического анализа был сформирован на основании многих источников [2, с. 319–326], [3, с. 14, 15, 46, 47], [6, с. 106–119], [7]. Проведенный статистический анализ характеристик пассажирских СВП даёт возможность построения графиков функциональных зависимостей главных размерений и их отношений от полного водоизмещения D_n .

Аппроксимация графических зависимостей, приведенных на рис 2–10, позволила получить следующие выражения:

$$B = 0,469L - 0,052; \quad (1)$$

$$L = 5,397 D_n^{0,4}; \quad (2)$$

$$B = 2,716 D_n^{0,398}; \quad (3)$$

$$h_{го} = 0,079B + 0,572; \quad (4)$$

$$L_n = 0,921L - 0,586; \quad (5)$$

$$V_n = 0,866B - 0,028 \quad (6)$$

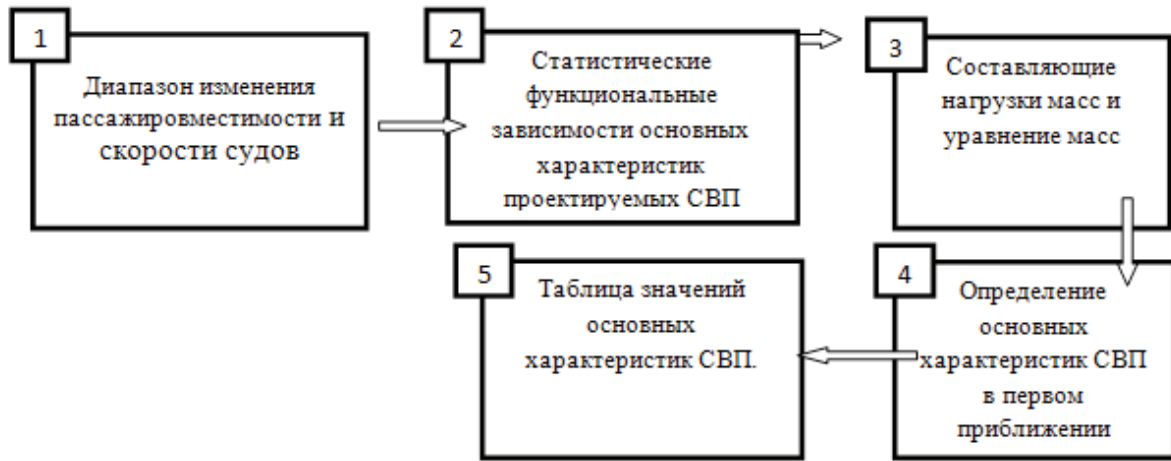


Рис. 1. Блок-схема расчета основных характеристик пассажирских СВП

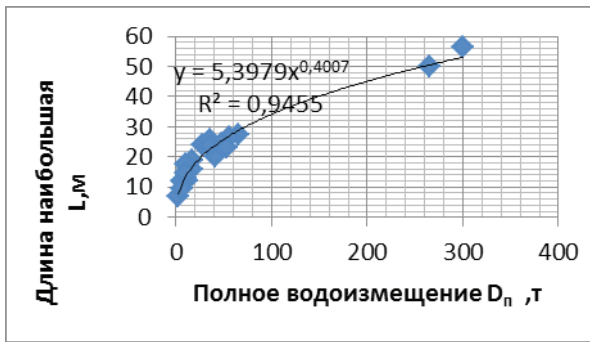


Рис. 2. Функциональная зависимость длины L от полного водоизмещения D_n

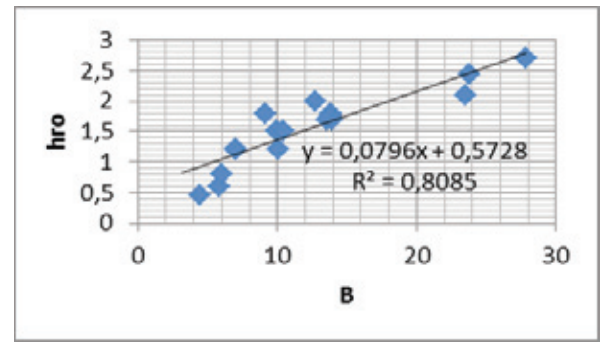


Рис. 5. Функциональная зависимость высоты ГО от ширины B судна

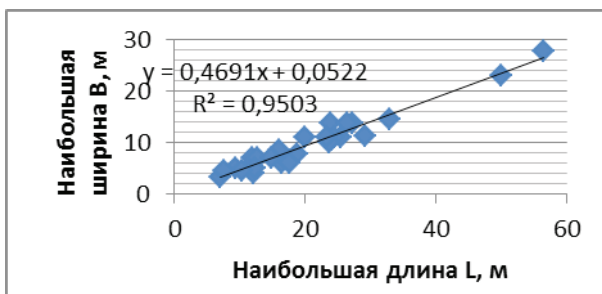


Рис. 3. Функциональная зависимость ширины B от длины L судна

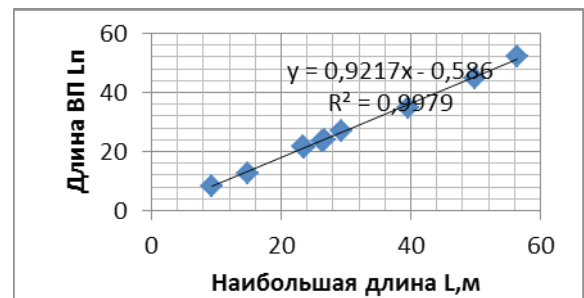


Рис. 6. Функциональная зависимость длины ВП L_n от наибольшей длины L

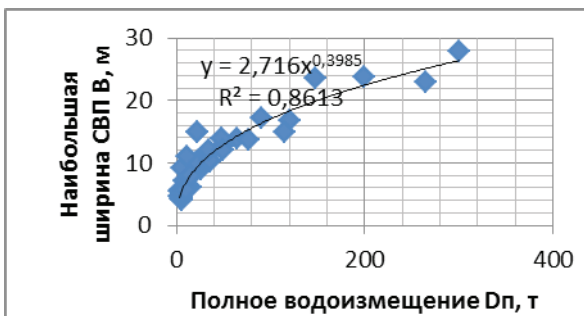


Рис. 4. Функциональная зависимость ширины B от полного водоизмещения D_n

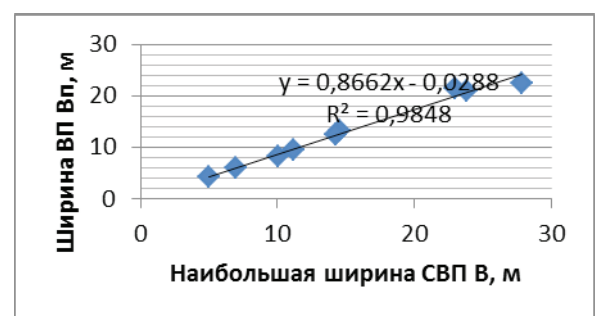


Рис. 7. Функциональная зависимость ширины ВП B_n от наибольшей ширины B

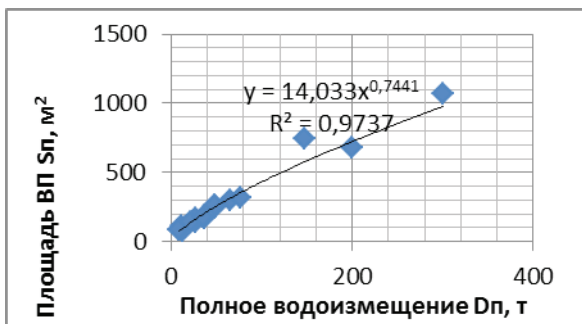


Рис. 8. Функциональная зависимость площади ВП S_н от полного водоизмещения

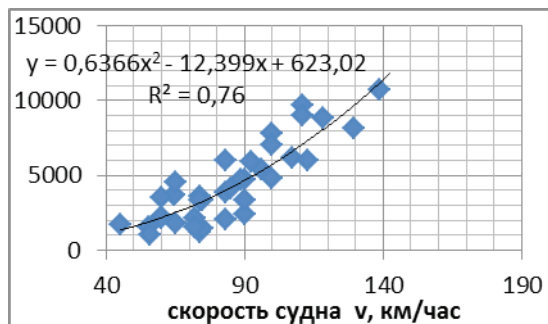


Рис. 9. Зависимость адмиралтейского коэффициента от скорости хода

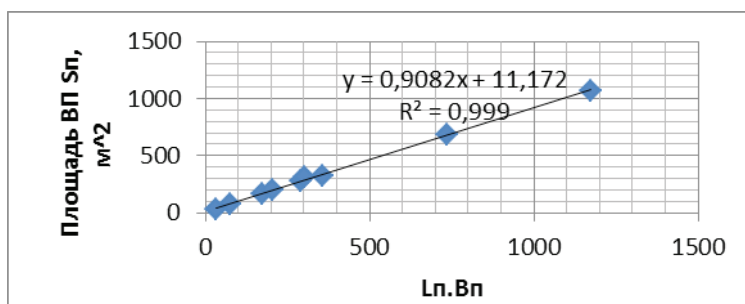


Рис. 10. Зависимость площади ВП от L_н·B_н

$$S_n = 14,03 D_n^{0,744}; \tag{7}$$

$$C_a = 0,636v^2 - 12,39v + 623 \text{ при } 45 \leq v \leq 130 \tag{8}$$

$$S_n = 0,908L_n B_n + 11,17 \tag{9}$$

Блок 3: Уравнение масс СВП можно записать в виде:

$$D_n = D_{кр} + D_{cy} + D_{тп} + D_{гр} + D_{эу} + D_{ст} + D_{ээс} + D_{жгр} + D_{снп} + D_{зв} + D_{эпв} + D_{го}; \tag{11}$$

где D_н — полное водоизмещение; D_{кр} — масса корпуса судна; D_{эу} — масса энергетической установки; D_{тп} — запас топлива; D_{гр} — грузоподъемность; D_{го} — масса гибкого ограждения; D_{cy} — масса судовых устройств (без учета гибкого ограждения); D_{ст} — масса судовых систем; D_{ээс} — масса электроэнергетической системы; D_{жгр} — масса жидких грузов; D_{снп} — масса постоянного снабжения и имущества; D_{зв} — запас водоизмещения; D_{эпв} — масса экипажа, провизии, воды.

Для первых приближений значения составляющих

нагрузки масс D_{кр}, D_{эу}, D_{cy}, D_{ст}, D_{ээс}, D_{жгр}, D_{снп}, D_{зв} могут быть оценены в долях от полного водоизмещения судна D_н. Величина каждой из этих составляющих нагрузки масс может быть представлена в следующем виде:

$$D_i = \rho_i \cdot D_n;$$

где ρ_i — измеритель i-составляющей нагрузки масс. Их значения определяются по рекомендации Демешка Г. Ф., Колызаева Б. А., Ваганова А.М [2,4,5] (таблица 1).

D_{тп} — Запасы топлива, необходимого для обеспечения судну заданной дальности хода г, определяются исходя из суммарной мощности главной ЭУ N_Σ, расчетной скорости хода v_{расчет}, удельного расхода топлива ρ_{тп} [1, 6]:

$$D_{тп} = \alpha_1 \alpha_2 \rho_{тп} N_{\Sigma} g / v_{расчет}; \tag{12}$$

Удельный расход ρ_{тп} зависит от типа двигателя и от режима его работы. ρ_{тп} можно принять 210 г/кВт.ч (у современных быстроходных дизелей).

Таблица 1. Измерители масс [2]

№	Наименование измерителя	Обозначение	Значение
1	Корпус	ρ _{кр}	0,3
2	Судовые устройства	ρ _{cy}	0,02
3	Судовые системы	ρ _{ст}	0,02
4	Электроэнергетическая система	ρ _{ээс}	0,03
5	Переменные жидкие грузы	ρ _{жгр}	0,01
6	Снабжение	ρ _{снп}	0,004
7	Запасы водоизмещения	ρ _{зв}	0,07

$D_{эу}$ — Масса энергетической установки $D_{эу}$ находится в прямой зависимости от суммарной мощности главного источника энергии:

$$D_{эу} = \rho_{эу} N_{\Sigma}; \quad (13)$$

где $\rho_{эу} = (200...300)$ г/кВт; — измеритель этого раздела массы.

$D_{гр}$ — Масса судна полезная (переводимая) $D_{гр}$ определяются исходя из оговоренных в ТЗ числа пассажиров P :

$$D_{гр} = P \cdot 0,08; \quad (14)$$

$D_{эпв}$ — Масса экипажа, провизии, вода, расходные материалы:

$$D_{эпв} = D_{эк} + D_{пр} + D_{в} \quad (15)$$

$$\text{Масса экипажа: } D_{эк} = 0,1 n_{эк}; \quad (16)$$

где $n_{эк}$ — число членов экипажа.

Масса запасов провизии:

$$D_{пр} = 0,004 (n_{эк} + n_{пасс}) \text{ г} / (24 v_{расчет}); \quad (17)$$

Масса пресной питьевой и мытьевой воды:

$$D_{в} = 0,15 (n_{эк} + n_{пасс}) \text{ г} / (24 v_{расчет}); \quad (18)$$

где g -дальность плавания; $n_{пасс}$ — пассажировместимость.

$D_{го}$ — масса гибкого ограждения [7]:

$$D_{го} = \rho_{го} S_{п} h_{го}; \quad (19)$$

где $S_{п}$ — площадь воздушной подушки, определяется по формуле (7), m^2 ; $h_{го}$ — высота гибкого ограждения; $\rho_{го}$ — измеритель массы ГО, $\rho_{го} = 7 \text{ кг} / m^3$ [4];

Тогда уравнение нагрузки можно переписать в виде [2]:

$$D_{п} = (\rho_{кр} + \rho_{су} + \rho_{ст} + \rho_{ээс} + \rho_{жгр} + \rho_{сип} + \rho_{эв}) D_{п} + D_{го} + (\rho_{эу} + \alpha_1 \alpha_2 \rho_{пп} \text{ г} / v_{расчет}) N_{\Sigma} + D_{гр} + D_{эпв}; \quad (20)$$

Решение полученного уравнения нагрузки позволит найти в первом приближении водоизмещение судна $D_{п}$.

Блок 4: Главные размерения судна: $L, B, L_{пр}, B_{пр}, h_{го}, S_{п}$ определяются по формулам (1), (2), (4), (5), (6), (9).

Среднее давление в воздушной подушке [4,6]: $P_{п} = 9,81 D_{п} / S_{п};$

Расход воздуха $Q_{п}$ через ВП [2]: $Q_{п} = (0,79 \pm 0,12) S_{п} h_{го}^{0,5} \text{ (м}^3/\text{час)}; \quad (21)$

Мощность ЭУ N_{Σ} [2]:

$$N_{\Sigma} = (k_0 k_1 k_2 / \eta_{тр}) (g D_{п} v / k_{гк} \eta_{пр}) (1 + k_3 k_4 k_{гк} \eta_{пр} h_{го}^{0,5}) / (v \eta_{пк}); \quad (22)$$

где $k_0 = 1,05..1,1$ — коэффициенты потери мощности; $k_1 = 1,05..1,07$ — коэффициент учитывает отбор мощности от ГД; $k_2 = 1,0$ — коэффициент учитывает использование двигателей на крейсерских режимах; $k_3 = 1,05..1,10$ — коэффициент учитывает отбор части воздуха из ресивера в систему для питания двигателей; $k_4 = 0,79 \pm 0,12$ [1]; $k_{гк}$ — гидродинамическое качество [2]; $\eta_{тр} = 0,93..0,95$ — КПД трансмиссии ; $\eta_{пр} = 0,45..0,55$ — пропульсивный коэффициент СВП; $\eta_{пк} = 0,42 \pm 0,02$ — коэффициент эффективности подъемного комплекса [1].

В качестве примера использования методики ниже приводится расчет основных характеристик СВП для перевозки пассажиров на маршруте Дананг–Нячанг (протяженностью 500км). Диапазона изменения пассажировместимости $n_{пасс}$ и скорости хода v судов, предназначенных для линии Дананг — Нячанг: $n_{пасс}$ от 70 до 100 пассажиров; v от 60 до 100 км/ч; $g = 500$ км. Полученные результаты расчета приведены ниже в таблице 3.

Таблица 3. Основные характеристики СВП для эксплуатации на маршруте Дананг-Нячанг

Пассажировместимость, чел.	$n_{пасс} = 70$					$n_{пасс} = 80$				
	Скорость хода, км/час									
	60	70	80	90	100	60	70	80	90	100
$L, м$	22.93	22.66	22.51	22.43	22.42	23.88	23.60	23.44	23.36	23.35
$B, м$	10.26	10.11	10.03	9.99	9.98	10.78	10.63	10.54	10.49	10.49
$L_{пр}, м$	19.86	19.60	19.45	19.38	19.37	20.78	20.51	20.36	20.28	20.26
$B_{пр}, м$	8.88	8.74	8.66	8.63	8.62	9.38	9.23	9.15	9.11	9.10
$h_{гор}, м$	1.41	1.40	1.39	1.39	1.39	1.45	1.44	1.43	1.43	1.43
$D, т$	30.43	29.36	28.76	28.46	28.41	34.49	33.27	32.58	32.24	32.18
$p_{п}, кПа$	1.78	1.77	1.76	1.76	1.76	1.83	1.81	1.81	1.80	1.80
$N_{г}, кВт$	2602	2789	3005	3246	3512	2962	3172	3416	3689	3990
k_3	0.62	0.57	0.54	0.52	0.50	0.62	0.57	0.53	0.51	0.50
$L, м$	24.76	24.47	24.31	24.22	24.21	25.58	25.28	25.11	25.02	25.00
$B, м$	11.26	11.10	11.01	10.96	10.95	11.71	11.54	11.45	11.40	11.39
$L_{пр}, м$	21.65	21.36	21.20	21.12	21.10	22.46	22.16	21.99	21.90	21.88
$B_{пр}, м$	9.84	9.69	9.60	9.56	9.55	10.28	10.12	10.02	9.98	9.97
$h_{гор}, м$	1.49	1.48	1.47	1.47	1.46	1.52	1.51	1.50	1.50	1.50
$D, т$	38.54	37.17	36.40	36.02	35.95	42.59	41.07	40.21	38.54	37.17
$p_{п}, кПа$	1.87	1.85	1.85	1.84	1.84	1.91	1.89	1.88	1.88	1.88
$N_{г}, кВт$	3323	3558	3830	4134	4470	3686	3944	4244	4580	4951
k_3	0.62	0.56	0.53	0.51	0.50	0.61	0.56	0.53	0.51	0.50

Заключение

В статье разработана методика расчета основных характеристик СВП. Получены статистические зависимости для определения в первом приближении главных

размерений и основных характеристик судна. Разработана математическая модель определения водоизмещения на начальной стадии проектирования со средством поэтапного расчета нагрузки масс.

Литература:

1. Г. Ф. Демешко. Проектирование судов: Амфибийные суда на воздушной подушке, том 1. Санкт Петербург: Судостроение 1992.
2. Г. Ф. Демешко. Проектирование судов: Амфибийные суда на воздушной подушке, том 2. Санкт Петербург: Судостроение 1992.
3. Г. П. Злобин, Ю. А. Симонов. Суда на воздушной подушке. Л.: Судостроение 1971.
4. Ваганов А. М. Проектирование скоростных судов. Л.: Судостроение 1978.
5. Кользаев Б. А. и др. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания. Л.: Судостроение 1980.
6. Ю. Ю. Бенуа, В. М. Корсаков. Суда на воздушной подушке. Л. Судостроение 1962.
7. Злобин Г. П., С. П. Смигельский. Суда на подводных крыльях и воздушной подушке. Л.: Судостроение 1976

Замена подкрановых рельсов без остановки мостовых кранов

Нежданов Кирилл Константинович, доктор технических наук, профессор;
Кузьмишкин Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Гарькин Игорь Николаевич, аспирант
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Подкрановые конструкции зданий чёрной и цветной металлургии с тяжёлым режимом работы мостовых кранов 8К, 7К являются наиболее повреждаемыми, так как колёса кранов генерируют волны переменных деформаций и напряжений в подрельсовой зоне балок, сопровождающие продольное качение колёс кранов и воздействующих динамически на эту зону. Выносливость её недопустимо низка [1], [2] поэтому в таких цехах обычно постоянно работают ремонтные бригады, следящие за исправностью подкрановых балок и рельсовых путей.

Тем не менее долговечность подкрановых конструкций оказывается в несколько раз меньше, чем других элементов каркаса здания, и их приходится периодически заменять. В отдельных случаях замену производят через 4–5 лет интенсивной эксплуатации, при этом приходится останавливать непрерывный технологический процесс промышленного производства.

Такие остановки приносят огромные материальные убытки предприятию, поэтому возникла необходимость разработать способы монтажа, уменьшающие вынужденные просто до минимума. Износ рельсов в цехах с непрерывным технологическим процессом особенно интенсивен. Так, в мартеновском цехе Череповецкого металлургического комбината рельсы заменяются ежегодно [2]. Имеются сведения и о более частой замене рельсов [3].

Традиционно монтажные операции по демонтажу при-

шедших в негодность рельсов и балок и монтажу новых, осуществляется посредством стреловых гусеничных кранов. Во многих случаях для этого требуется демонтаж технологического оборудования, установленного в цехе, что приводит к увеличению интервала остановки, например, выплавки стали.

Для решения проблемы замены рельсов, без остановки технологических процессов в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства было разработано специальное устройство. [4]

Данное устройство используют при замене крановых и железнодорожных рельсов, при передвижке домен и зданий на новые фундаменты, при строительстве зданий методом подъема этажей.

На Рис. 1 показано устройство, содержащее корпус 1, зубчатые губки 2, штоки 3, домкраты-пульсаторы 4, закреплённые на верхнем поясе балки 5. На одном конце штока 3 установлены коромысла 6. В губки ввинчены направляющие стержни 7, на которых установлены ползуны 6 и пружины 9. Корпус 1 захвата расположен на торце заменяемой плети рельсов 10. На направляющих стержнях 7 имеются регулирующие гайки 11, а шток 3 имеет контргайки 12 и регулирующие гайки 13.

Устройство работает следующим образом. При прямом ходе плунжеров домкратов-пульсаторов перемещают штоки слева направо и дают на коромысла. Последние приводят в движение ползуны 8, на торце сжимают пружины

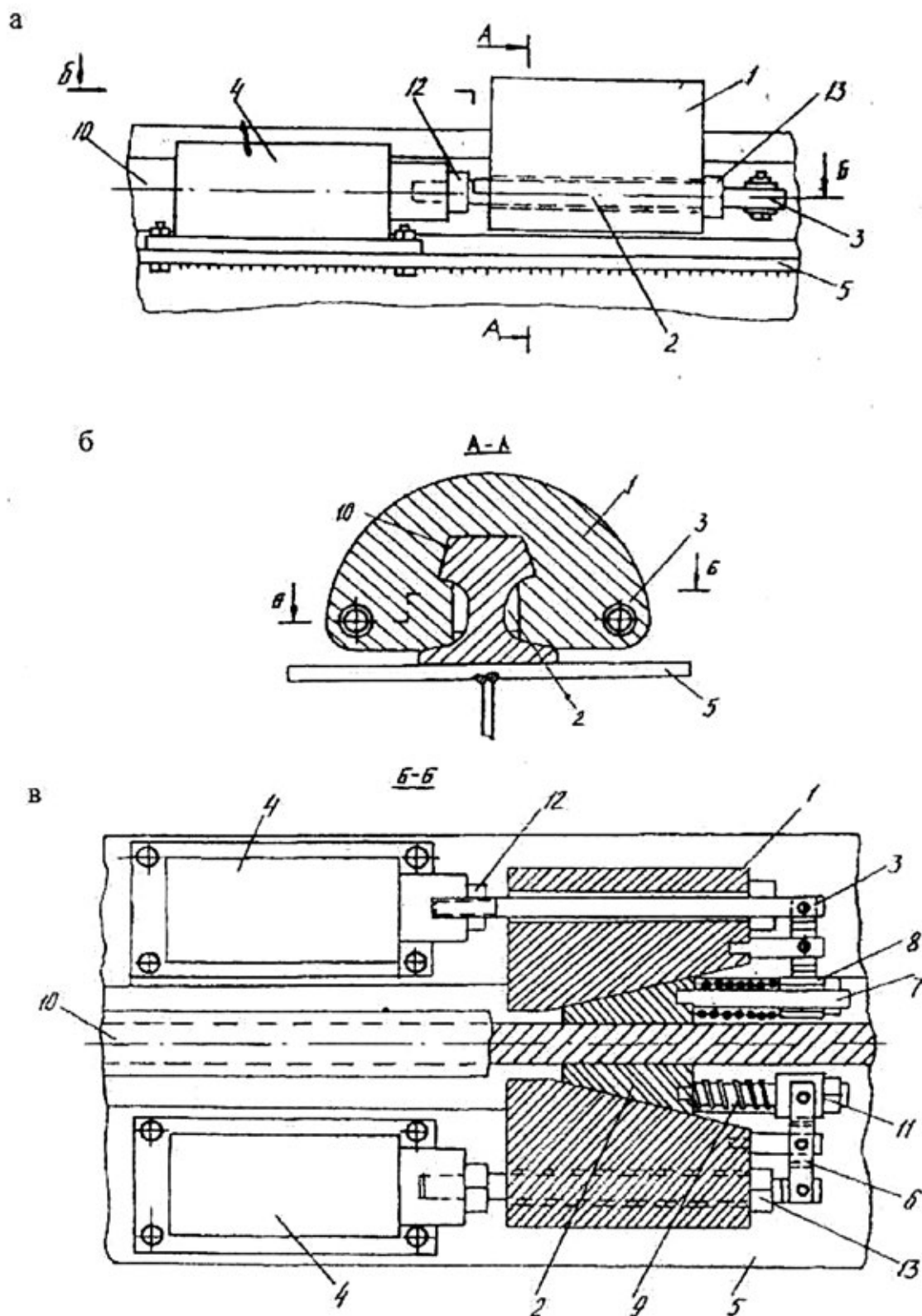


Рис. 1. Автоматическое устройство для захвата и продольного перемещения плети рельсов:
а — общий вид; б — разрез А-А; в — разрез Б-Б

жины 9 на стержнях 7. Пружины 9 давят на губки 2 и заклинивают их в клиновидной полости между корпусом 1 захвата и стенкой рельса 10. Домкраты-пульсаторы 4 продолжают давить, и пружины 9 сжимаются до тех пор, пока не выберется зазор между контргайками 12 и кор-

пусом 1 устройства. После этого силы давления от домкратов-пульсаторов 4 непосредственно передаются на корпус 1 и губки 2 еще больше заклинивают.

Давление возрастает до тех пор, пока не будут преодолены силы трения, и плеть рельсов 10 импульсами устрой-

ства не переместится поступательно по балкам на ход плунжеров домкратов-пульсаторов. После этого включают обратный ход штока 3, тянут за коромысла 6, и ползуны, упираясь в гайки 11, через стержни 7 выводят губки 2 из зацепления, и корпус 1 устройства свободно скользит по рельсу 10, занимая исходное положение.

Цикл закончился, и плеть рельс передвинулась по отношению к балке на величину хода плунжеров домкратов-пульсаторов. Циклы повторяют необходимое число раз, и плеть рельсов передвигают на необходимую величину при работающих на ней кранах.

Устройство автоматизирует способ замены плети рельсов при работающих на них кранах, так как оно обеспечивает захват рельсов и передачу на них без проскаль-

зывания продольных сил, больших, чем силы трения, которые препятствуют поступательному перемещению плети рельсов.

Особенно большой эффект получен от применения устройства в мартеновских и конверторных цехах с непрерывным производственным процессом, так как позволяет ликвидировать простой мартенов и конверторов. Убытки от простоя такого цеха в течение недели могут превысить стоимость его строительных конструкций. Одновременно повышается безопасность при замене плети рельсов [6]. В настоящее время ведётся работа по улучшению данного устройства. Так же имеется аналогичное устройство для замены железнодорожных рельсов.

Литература:

1. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий [Текст]/А.И. Кикин [и др.]; под ред. А.И. Кикина.-М.: Стройиздат,1969. — 415 с.
2. Нежданов К.К. Совершенствование подкрановых конструкций и методов их расчета: Дис. докт. техн. наук. — Пенза, 1992. — 349 с.
3. Обследовать состояние металлоконструкций объектов комбината и выдать техническую документацию по его усилению [Текст]: отчёт о НИР/рук. К.К. Нежданов. — ГР 01900059585. — Пенза,1990. — 146 с.
4. Камбаров, В.И. Влияние технологических факторов на характеристики крановых нагрузок, ресурс и долговечность сварных подкрановых балок в цехах металлургического производства [Текст]: дисс...канд. техн. наук / В.И. Камбаров. — М.МИСИ,1988. — 236 с.
5. Автоматическое устройство для захвата и продольного перемещения кранового рельса [Текст]: а.с.№ 0678012, СССР, М.Кл., В 66 С1/42/ Нежданов К.К. — Бюл.№ 29. — 1979
6. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Способ замены подкрановых рельсов без остановки мостовых кранов// Современные проблемы машиностроения: труды VI междунар.науч.-тех.конф./ Томский политехнический университет. — Томск, 2011 — с. 104–106

The SIP Protocol Analysis in Foreign Scientist's Researches

Нишанбаев Туйгун Нишанбаевич, доктор технических наук, профессор;

Конева Лилия Рашидовна, соискатель

Ташкентский университет информационных технологий (Узбекистан)

Nishanbaev Tuygun Nishanbaevich, doctor of sciences, professor;

Koneeva Liliya Rashidovna, applicant for scientific degree

Tashkent University of information technologies (Tashkent, Uzbekistan)

In given article the analysis of research works results on studying and application of the Session Initiation Protocol (SIP) is provided in works of foreign researchers.

Key words: *protocol, buffer overflow, configuration, SIP server, principle.*

Initially we need to make an overview of researched area. There are [1] thorough surveys and all the publications divided into some categories: overviews, field studies and analysis, performance analysis, authentication protocols, architecture, middle boxes, instruction detection, miscellaneous.

Figure 1 shows numerical relation between the categories.

According to [1] Wieser et al. [2] extend the PROTOS testsuite [3] with the a SIP-specific analysis fuzzing module.

They then test their system against a number of commercial SIP implementations, finding critical vulnerabilities in all of them.

Berson [4] conducted an evaluation of the Skype system under contact by Skype itself, allowing him access to the source code. The evaluation focused primarily on the cryptographic protocols and algorithms used, and did not discover any significant issues. Baset and Schulzrinne [5] per-

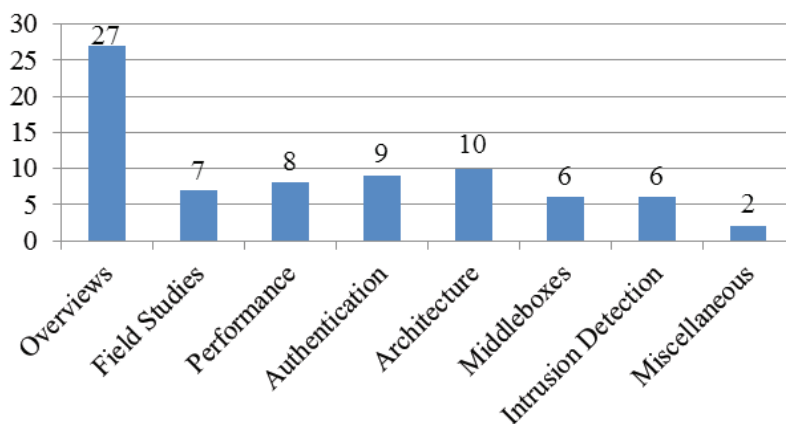


Fig. 1. Relation between researched categories in VoIP area

formed a black-box analysis of Skype, identifying some characteristics of the underlying protocol. Biondi and Desclaux [6] dissected the Skype binary in detail, exposing the extensive anti-debugging mechanisms built in the program. Their analysis identified a small number of vulnerabilities (including a buffer overflow).

Thermos and Hadsall [7] survey a number of Small Office Home Office (SOHO) VoIP gateways and related equipment, as provided by 3 different commercial VoIP providers with different corporate profiles and customer bases. Their analysis looks at four key factors: manageability, node security, signaling security, and media security. They find numerous problems, including insecure access to the web-based management interface, default passwords and inappropriate services, lack of encryption to protect signaling and media, and low-level implementations issues (e.g., presumed buffer overflow vulnerabilities and fuzzing-induced crashes). A similar survey by Scholz [8] looks at protocol and device problems and vulnerabilities at a medium-size German ISP with high rate of VoIP adoption. He focuses on intentional and unintentional denial of service attacks, problems are found, including DoS through call forks, misconfigured devices, and lawful-interception evasion, among others.

INRIA has been conducting a multi-thrust effort to apply testing and fuzzing toward identifying vulnerabilities in SIP protocols [9], implementations [10] and deployed systems. It is worth noting that this work has resulted in a number of vulnerability disclosures in the Common Vulnerabilities and Exposures (CVE) database and elsewhere.

Reason and Messerschmitt [11], in one of the earliest works on the subject of the performance impact of security mechanisms on VoIP, looked specifically at the error-expansion properties of encryption and their effect on voice quality. They analytically derive the post-decryption Bit Error Rate (BER) relative to the pre-encryption BER for block and stream ciphers, and analyze the effect of error-expansion mitigation techniques, such as the use of forward error correction, on quality of service. They discuss an error-robust encryption scheme that is analogous to self-synchronizing ciphers.

Elbayoumi and Shepherd [12] conduct a performance comparison of block and stream cipher encryption in the context of securing VoIP calls. They analyze the impact of each on end-to-end delay and subjective quality of perceived voice. A broader view at several performance-impacting parameters is given by the same authors in a concurrent paper at the same journal [13].

Salsano et al. [14] give an overview of the various SIP security mechanisms (as of 2002), focusing particularly on the authentication component. They conduct an evaluation of the processing costs of SIP calls that involve authentication, under different transport, authentication and encryption scenarios. They show that a call using TLS and authentication is 2.56 times more expensive than the simplest possible SIP configuration (UDP, no security). However, a fully protected call takes only 54% longer to complete than a configuration that is more representative than the basic one but still offers no security; the same fully-protected call has the same processing cost if it is transported over TCP with no encryption (TLS). Of the overhead, approximately 70% is attributed to message parsing and 30% to cryptographic processing. With the advent of Datagram TLS (DTLS) [15], it is possible that encryption and integrity for SIP can be had for all configurations (UDP or TCP) at no additional cost [16].

Eun-Chul et al. [17], evaluate via simulation the costs of different security protocols (TLS, DTLS and IPSec) with respect to call setup delay using different transport protocols (TCP, UDP and SCTP). They conclude that the most efficient combinations, DTLS/UDP and IPSec/UDP, approximately double the call setup delay. However, since the analysis is purely simulation-based, their results are sensitive to the configured relative costs for processing the various protocols.

Shen et al. [18] also study the performance impact of using TLS as a transport protocol for SIP. In their experiments using a testbed, they use profiling at various system levels (application, library, and kernel), and decompose the costs at a fine level of granularity. They determine that use of TLS can reduce performance by a factor of up to 20 (when

compared with the unsecured SIP-over-UDP). The main overhead factor is the cost of RSA signatures during session negotiation, while symmetric key operations impose a relatively small cost. They recommend that operators amortize the setup cost over long-lived connections. Finally, they provide a cost model for provisioning SIP-over-TLS servers, predicting an average performance overhead of 15% under a suggested system configuration.

Buschel [19] argues for integrated authentication between User Agents and all elements of a SIP infrastructure. Cao and Jennings [20] propose a new mechanism for authenticating the responding user's identity in SEP without exposing said identity to untrusted intermediate elements. Their scheme requires additional headers in SIP messages, and has not been implemented or evaluated.

Insu and Keecheon [21] propose a secret key based mechanism to reduce the performance requirements of using public key certificates to protect signaling (e.g., with TLS) in an enterprise VoIP environment.

Schmidt et al. [22] suggest that administration overheads for implementing strong authentication in SIP could be lowered by grouping users with the same function or role (e.g., agents in a calling center). They propose a proxy-based mechanism for implementing a form of «certificate sharing» among a group of users, without exposing the corresponding private key to any of them. They demonstrate feasibility of the scheme by implementing it in the NIST SIP proxy, with no further evaluation.

Wang and Zhang [23] discuss an authentication and key agreement mechanism for SIP that uses certificate-less public-key cryptography.

Singh and Vuong [24] use a mobile agent framework to collect and correlate events from various network components, toward detecting a number of attacks. The stated advantages of their approach are that it does not require a new protocol for exchanging event information and that mitigation and recovery capabilities can be implemented by extending the framework and the agents, with no changes to the VoIP protocols. They also propose using user behavior profiles to detect anomalous behavior. They describe the operation of their system in a number of attack scenarios, including protocol-based denial of service, call hijacking, packet flooding, and abnormal call patterns.

Casola et al. [25], [26] suggest the use of a policy-based approach to design secure VoIP infrastructures. The policies express security goals in measurable terms; suggested infrastructure designs can then be evaluated against these policies to determine whether the goals are met to an acceptable degree.

Nicolini et al. [27] design an intrusion detection/intrusion prevention system architecture for use with SIP. Their system uses both knowledge-based and behavior-based detection, arranged as a series in mat order. They develop a prototype implementation using the open-source Snort IDS. They evaluate the effectiveness of their system in an attack scenario by measuring the mean end-to-end delay of le-

gitimate SIP traffic in the presence of increasing volumes of malformed SIP INVITE messages.

Rieck et al. [28] apply machine learning techniques to detecting anomalous SIP messages, incorporating a «self-learning» component by allowing for periodic re-training of the anomaly detector using traffic that has been flagged as normal. The features used for clustering are based on n-grams and on tokenization of the SIP protocol. To prevent training attacks, wherein an adversary «trains» the anomaly detector to accept malicious inputs as legitimate, they employ randomization (choosing random samples for the training set), sanitization, and verification (by comparing the output of the new and old training models). Their experimental prototype was shown to handle 70 Mbps of SIP traffic, while viding a 99% detection rate with no false positives.

Reynolds and Ghosal [29] describe a VoIP-aware middle box architecture that integrates the enterprise firewall, media gateway, and intrusion detection facilities to allow the secure operation of dynamic VoIP applications. The problem of firewall and NAT traversal by VoIP protocols has been the subject of some research [30], generally involving some kind of signaling (whether in-band or out-of-band) between the end-device and the middle box.

Gurbani et al. [31] propose an mechanism whereby proxies create an overlay network between user agents. This network is used for rendezvous/coordination purposes only. Once user agents establish a session, the proxies become transparent traffic forwarders, with the user agents communicating over an end-to-end secure session. This approach allows users to communicate without exposing (as much) private information to proxies, at the cost of requiring a PKI and a new message extension.

Relying on the foregoing facts, one of the main and little studied problems in the area of VoIP signaling is defining SIP server's parameters and its' influence on the performance characteristics.

Thereby, research's object can be defined as SIP server. Research's subject is distribution parameters of arrival and service rate.

Research's goal is to develop methodology of analyzing real network SIP equipment and to define distribution parameters and distribution laws arrival and service rate and their impact on server's behavior using the methodology.

Conclusion

Based on the overview of researched area we arrive at a conclusion at the question of real SIP server's investigation is crucial and important but still little studied so the work in this area could be helpful for comprehension of operational processes elapsed abroad «black box» equipment. There's also requirement in development of methodology for such research. The methodology will include statistical analysis of real network and construction of a model based on the analysis. Consequently, the scientific novelty of the research is among these two points.

References:

1. A. Keromytis. A Comprehensive Survey of Voice over IP Security Research, Columbia University Computer Science Technical Re-ports, USA 2010.
2. C.Wieser, M. Laakso, and H.Schulzrinne, «Security Testing of Sip Implementation», Tech.Rep.CUCS-024–03, Columbia University, Department of Computer Science, 2003.
3. R.Kaksonen, M. Laakso, and A.Takanen, «Software Security Assessment through Specification Mutations and Fault Injection».
4. T.Berson, «Skype Security Evaluation», October, 2005.
5. S.A. Baset and H.Schulzrinne, «An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Telephony Protocol»бурт Proceedings of IEEE INFOCOM, April, 2006.
6. P.Biondi and F.Desclaux, «Silver Needle in the Skype», in Black Hat Europe conference, March, 2006.
7. P.Thermos and G. Hadsall, «Vulnerabilities in SOHO VoIP Gateways», in Proceedings of the 2nd VoIP Security Workshop, June, 2005.
8. H.Scholz, «Attacking VoIP Networks», in Proceedings of the 3rd Workshop on Security Voice over IP, June, 2006.
9. H.Abdelnur, R.State, and O.Festor, «Fuzzing for Vulnerabilities in the VoIP space», in Proceedings of the 17th Annual Conference of the European Institute for Computer Anti-Virus Research (EICAR), May, 2008.
10. H.Abdelnur, R.State, and O.Festor, «KiF: A stateful SIP Fuzzer», in Proceedings of the 1st International Conference on Principles, Systems and Applications of IP Telecommunications, pp.47–56, July, 2007.
11. J.Reason and D. Messerschmitt, «The Impact of Confidentiality on Quality of Service in Heterogeneous Voice over IP Networks», in Proceedings of the IEEE Conference on Management of Multimedia Networks and Services, pp.175–192, November,2001.
12. A. D. Elbayoumy and S.Shepherd, «Stream or Block Cipher for Securinf VoIP?», International Journal of Network Security, vol.5, pp.128–133, September, 2007.
13. A. D. Elbayoumy and S.Shepherd, «A Comprehensive Secure VoIP Solution», International Journal of Network Security, vol.5, pp.233–240, September, 2007.
14. S.Salsano, L.Veltri, and D.Papalilo, «SIP Security Issues: The SIP Authentication Procedure and its Processing Load», IEEE Network, vol.16, pp.38–44, Nov/Dec 2002.
15. N.Modadugu and E.Rescorla, «The Design and Implementation of Datagram TLS», in Proceedings of the ISOC Symposium on Network and Distributed Systems Security (NDSS), February, 2004.
16. E. T. Lakay and J. I. Agbiniya, «Security Issues in SIP Signaling in Wireless Networks and Services», in Proceedings of the International Conference on Mobile Business, pp.639–642, July, 2005.
17. C.Eun-Chul, C.Hyoung-Kee, and C.Sung-Jae, «Evaluation of Security Protocols for the Session Initiation Protocol», in Proceedings of the 16th International Conference on Computer and Networks (ICCCN), pp.611–616, August,2007.
18. C.Shen, E.Nahum, H,Schulzrinne, and C.P. Wright, «The Impact of ЕДЫ on SIP Server Performance», in Proceedings of the 4th Annual ACM Conference on Principles, Systems and Applications of IP Telecommunications (IPTCOMM), pp.63–74, August, 2010.
19. A.Buschel, «Authentication in VoIP», in Proceedings of the 2nd Workshop on Securing Voice over IP, June, 2005.
20. F.Cao and C.Jennings, «Providing Response Identity and Authentication in IP Telephony», in Proceedings of the 1st International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES), April, 2006.
21. K.Insu and K.Keecheon, «Secure Session Management Mechanism in VoIP Service», in Proceedings of the Workshop on Ubiquitous Processing for Wireless Networks (UPWN), held in conjunction with the 5th International Symposium on Parallel and Distributed Processing and Applications (ISPA), pp.96–104, August, 2007.
22. H.Schmidt, C.-T.Dang, and F.J. Hauck, «Proxy-Based Security for the Session Initiation Protocol (SIP)», in Proceedings of the 2nd International Conference on Systems and Network Communications (ICSNC), pp.42–47, August, 2007.
23. F.Wang and Y.Zhang, «A New Provably Secure Authentication and Key Agreement for SIP Using Certificateless Public-Key Cryptography», Computer Communications, vol.31, pp.2142–2149, June, 2008.
24. K.Singh and S.Vuong, «Blase: A Mobile Agent Paradigm for VoIP Instruction Detection Systems», in Proceedings of the 1st International Conference on E-Business and Telecommunication Networks (ICETE), August, 2004.
25. V.Casola, R.Chianese, A.Mazzeo, N,Mazzoca, and M.Rak, «A Policy-based Design Methodology and Performance Evaluation Framework for a Secure VoIP Infrastructure», in Proceedings of the 1st International Conference on E-Business and Telecommunication Networks (ICETE), August, 2004.
26. V.Casola, M.Rak, A.Mazzeo, and N,Mazzoca, «Security Design and Evaluation in a VoIP Secure Infrastructure: A Policy Based Approach», in Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing, pp.727–732, April, 2005.

27. S.Noccolini, R. G. Garroppo, S.Risi, and S.Ventura, «SI Instruction Detection and Prevention: Recommendations and Prototype Implementation», in Proceedings of the 1st IEEE Workshop on on VoIP Management and Security (VoIP MaSe), pp.47–52, April, 2006.
28. K.Rieck, S.Wahl, P. Laskov, P.Domschitz, and K.-R. Miller, «A Self-learning System for detection of Anomalous SIP Messages», in Proceedings of the 2nd International Conference on Principles, Systems and Applications of IP Telecommunications Services and Security for Next Generation Networks. (IPT-Comm), pp.90–106, July,2008.
29. B.Reynolds and D.Ghosal, «STEM: Security Telephony Enabled Middle box», IEEE Communication Magazine, vol.40, pp.52–58, October, 2002.
30. D. T. Stott, «SAFENet: Server-based Architecture For Enterprise NAT and Firewall Traversal», in Proceedings of the 2nd VoIP Security Workshop, June, 2005.
31. V. K. Gurbani, D.Willis, and F.Audet, «Cryptographically Transparent Session Initiation Protocol (SIP) Proxies», in Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (ICC), pp.1185–1190, 2007.

Некоторые аспекты стандартизации в мясной отрасли

Нуштаева Анастасия Игоревна, студент;

Губер Наталья Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

В статье рассмотрены вопросы стандартизации мясной отрасли на примере мясных консервов. Показана взаимосвязь технических требований к продукции и ассортиментом выпускаемых изделий на мясоперерабатывающих комбинатах.

Ключевые слова: анализ нормативных документов, нормируемые показатели качества мясных изделий, терминология в мясной отрасли.

Увеличение производства и обеспечение населения России пищевыми продуктами, обладающими высокой пищевой ценностью, в т.ч. и мясными, является одной из приоритетных задач современной пищевой промышленности [1–5]. В условиях недостаточности предложения мясного сырья на перерабатывающих производствах в сегменте мясных консервов увеличение выработки продукции невозможно без улучшения сырьевой базы, интенсификации и рационального использования сырья [6–10].

Однако низкое удовлетворение потребностей по основным сырьевым ресурсам и недостаточность собственного производства мясоперерабатывающих предприятий, наблюдающаяся за последнее время, поставила вопрос пересмотра нормативных требований и ассортимента мясных продуктов. Все эти факторы нашли отражение и в таком традиционном сегменте, как мясные консервы.

Цель исследований — провести сравнительный анализ рецептур и требований нормативных документов на говядину тушеную, вырабатываемую в советской и современной России.

Мясные консервы представляют собой изделия из мяса и мясopодуKтов в герметически укупоренных банках, подвергнутых стерилизации. Наибольший удельный вес в ассортименте мясных консервов как в советские времена, так и в настоящее время занимает мясо тушеное, т.к. выработка этого типа продукта наименее трудоемка. Более того, мясо тушеное в связи с высокой стойкостью

при хранении и высокой степени транспортабельности по сравнению с исходным сырьем до сих пор остается резервным продуктом, пользующимся стабильным спросом у населения.

В советские времена мясная промышленность вырабатывала более 100 наименований консервов, большая часть из которых (80%) приходилась на выпуск консервов типа мяса тушеного. По объему производства консервов СССР занимало второе место после США. В настоящее время на долю мяса тушеного приходится лишь около 60%, что представлено на рисунке 1.

Уменьшение производства связано со многими факторами, важнейшим из которых является дефицит сырья, снижение качества выпускаемой продукции, а также разработка новых продуктов, в том числе мясных полуфабрикатов [11–17].

Современные консервные комбинаты и мясоперерабатывающие компании изготавливают мясо тушеное как по национальному стандарту РФ, так и по техническим условиям предприятия. Последние позволяют производителю заменять мясное сырье на более дешевые ингредиенты, в частности, на сою.

Именно по этой причине в 2005 году был введен в обращение ГОСТ Р 52428 «Продукция мясной промышленности. Классификация», который подразделяет пищевую продукцию по массовой доле мясных ингредиентов: мясные, мясорастительные, растительно-мясные, мясосодержавшие и аналоги мясных продуктов.

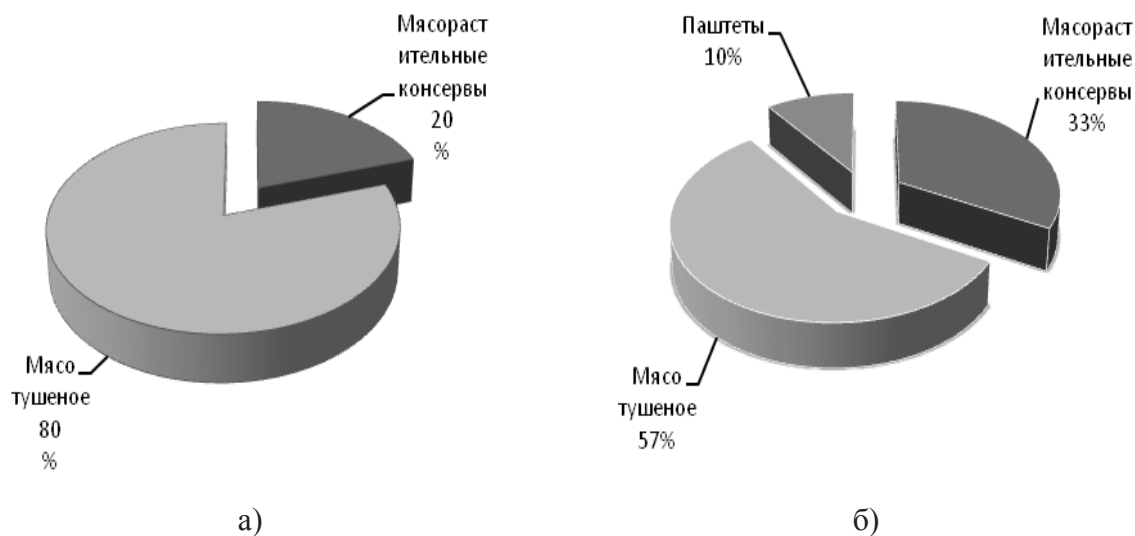


Рис. 1. Удельный вес мяса тушеного в ассортименте выпускаемых мясных консервов а) в Советском Союзе б) в Российской Федерации

Что касается современного производства натуральных консервов из мяса, то можно отметить, что на мясо тушеное из говядины приходится 51,64% мясного консервного сегмента, на втором месте свинина (29,79%), на третьем — мясо птицы (10%). Остальные 8,57% приходятся на консервы из ветчины, субпродуктов и т.п., что представлено на рисунке 2.

Так что же сегодня можно называть тушеным мясом, в частности говядиной тушеной, занимающей наибольший удельный на рынке мясных консервов?

Сравнительный анализ характеристик сырья для приготовления говядины тушеной, выработанной по техническим нормативам советского и российского государственного стандарта показал, что в советские нормы предусматривали закладку сырья в процентном соотношении относительно друг друга. Помимо этого для «Говядины тушеной первого сорта» требования к сырью были более строгими по сравнению с современными, поскольку

в производстве не допускалось использование замороженных блоков из жилованной говядины, а массовая доля жировой и соединительной ткани в мясном сырье была минимальной и составляла 6%, против современных 14%.

Характеристика нормируемых органолептических и физико-химических показателей говядины тушеной, вырабатываемой по российскому стандарту в сравнении с советским, приведена в таблице 1.

Исходя из таблицы 1, можно сделать несколько выводов. В действующем ГОСТ Р 54033–2010 «Консервы мясные. Мясо тушеное. Технические условия» увеличилась массовая доля мяса и жира для говядины тушеной высшего и первого сортов на 1,5 и 2% соответственно. Стало нормироваться количество мясных кусочков массой меньше 30 г, они должны составлять не более 10% от общей массы мяса, в то время, как в ГОСТ 5284–84 «Консервы мясные. Говядина тушеная» этого условия оговорено не было. Однако не радует тот факт, что на

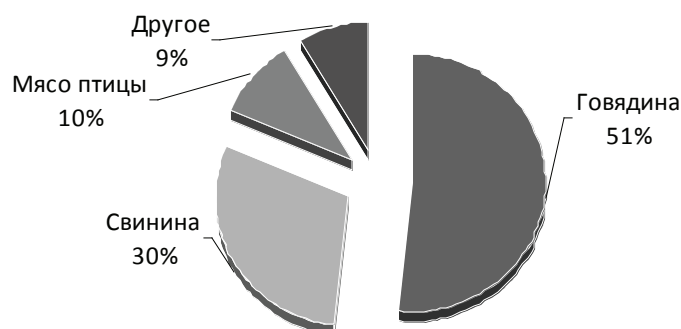


Рис. 2. Типовой состав консервов из мяса в Российской Федерации

Таблица 1. Характеристика нормируемых органолептических и физико-химических показателей говядины тушеной

Наименование показателей	Нормативный документ			
	ГОСТ 5284–84 Консервы мясные «Говядина тушеная» (отменен)		ГОСТ Р 54033–2010 Консервы мясные. Мясо тушеное. Технические условия (действует)	
	Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт
Запах и вкус	Свойственен тушеной говядине с пряностями, без посторонних запаха и вкуса			
Внешний вид	Мясо кусочками, в основном массой не менее 30 г, сочное, непереваренное; без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, крупных кровеносных сосудов, лимфатических и нервных узлов.		В разогретом состоянии — мясо кусочками произвольной формы массой не менее 30г, без грубой соединительной ткани, крупных кровеносных сосудов, и лимфатических узлов, в бульоне. При извлечении из банки кусочки сохраняют свою форму, возможно частичное распадение кусочков. Мясо сочное, непереваренное.	
	При осторожном извлечении из банки кусочки не распадаются	При осторожном извлечении из банки допускается частичное распадение кусочков	Кусочки массой менее 30 г. не должны составлять более 10% общей массы мяса	
Массовая доля мяса и жира, % не менее	56,5	54	58,0	56,0
Массовая доля белка, % не менее	15,0			
Массовая доля жира, % не более	17			
Массовая доля поваренной соли, %	От 0,1 до 1,5 включительно			

полках современных магазинов может стоять тушеная говядина с костями, хрящами, сухожилиями и нервными узлами, т.к. их отсутствие по ГОСТ Р 54033–2010 «Консервы мясные. Мясо тушеное. Технические условия» не оговаривается.

На сегодняшний день изменились и требования к упаковке продукта. Добавились новые виды жестяных банок, а так же упаковка из ламистра, изготовленная из специальной алюминиевой фольги и полипропиленовой пленки, что координирует с современными принципами эмоционального воздействия на покупателя [18, 19].

Таким образом, сравнительный анализ рецептур и требований нормативных документов на говядину тушеную,

вырабатываемую в советской и современной России, показал, что современное мясо тушеное допускается изготавливать из сырья, требования к которому значительно ниже по сравнению с советскими нормами. При этом показатели пищевой ценности практически не поменялись. Данная тенденция характерна для всей мясной отрасли в целом и сопряжена с политикой государства в области технического регулирования. Поэтому в дальнейшем при принятии специального технического регламента «О требованиях к мясу и мясной продукции, их производству и обороту» следует ожидать новую систему классификации мясных консервов и иные качественные показатели сырья и готовой продукции.

Литература:

1. Наумова Н. Л., Функциональные продукты. Спрос и предложение (монография) / Н.Л. Наумова, М.Б. Ребезов, Е.Я. Варганова. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. — 78 с.
2. Ребезов М. Б., Инновационные технологии / М.Б. Ребезов, Наумова Н.Л., Зайнутдинов Р.Р., Альхамова Г.К., Лукин А.А. и др. // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: мат. IV междунар. научн.-практ. конф. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2010. — С. 282–285.
3. Ребезов М. Б., Патентный поиск проектирования функциональных продуктов питания / М.Б. Ребезов, О.В. Зинина, О.В. Несмеянова, Н.Н. Максимюк, Б.К. Асенова // Научное обеспечение инновационного развития животноводства: мат. XX междунар. научн.-практ. конф. — Жодино: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству», 2013. — С. 435–436.
4. Ребезов М. Б., Технология получения новых кисломолочных и мясных биопродуктов функционального назначения на основе поликомпонентных смесей (патентный поиск) / М.Б. Ребезов, О.В. Несмеянова // Экономика

- и бизнес. Взгляд молодых: мат. междунар. заочной научн.-практ. конф. молодых ученых, 3 декабря 2012 г. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. — С. 263–265.
5. Асенова Б. К., Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов / Б.К. Асенова, К.Ж. Амирханов, М.Б. Ребезов // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: мат. междунар. научн.-практ. конф. (22–24 апреля 2013 года). — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. — С. 313–317.
 6. Губер Н.Б. Влияние биоактиваторов на интенсификацию производства продукции животного происхождения / Н.Б. Губер, В.В. Нагибина, И.М. Амерханов // Молодой ученый. 2013. № 4. С. 672–675.
 7. Зинина О.В. Полуфабрикаты мясные рубленые с ферментированным сырьем / О.В. Зинина, М.Б. Ребезов, С.А. Жакслыкова, А.А. Солнцева, А.В. Чернева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. № 3. С. 19–25.
 8. Зинина О.В. Технологические приемы модификации коллагенсодержащих субпродуктов О.В. Зинина, М.Б. Ребезов // Мясная индустрия. 2012. № 5. С. 34–36.
 9. Кузнецова Н.Б. Мясная продуктивность и конверсия корма в основные питательные вещества бычков чернопестрой породы при использовании кормовой добавки «Гувитан-С»: автореф. дис.... кандидата с.-х. наук. — г. Троицк, 2009. — 19 с.
 10. Монастырев А.М. Повышение продуктивности скота черно-пестрой породы при использовании кормовой добавки «Гувитан-С»/А.М. Монастырев, Н.Б. Кузнецова // Аграрный вестник Урала, 2009. № 4. С. 86–88.
 11. Патент на изобретение RUS 2458539 29.04.2011 Российская Федерация, МПК А23L1/31, А23L3/00. Способ производства консервов «Соус томатный с говядиной» / А.А. Лукин, М.Б. Ребезов, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева, Пирожинский С.Г., Колоскова А.А., Зинина О.В., Ребезов Я.М.. № 2011117480/13; заявл. 29.04.2011; опубл. 20.08.2012.
 12. Патент на изобретение RUS 2446714 17.11.2010 Российская Федерация, МПК А23L1/317, А23L1/312. Способ производства мясного хлеба/А.А. Лукин, М.Б. Ребезов, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева и др. № 2010146947/13; заявл. 17.11.2010; опубл. 10.04.2012.
 13. Патент на изобретение RUS 2447702 16.06.2010 Российская Федерация, МПК А23L1/317, А23L1/318. Способ производства деликатесного продукта/М.Ф. Хайруллин, А.А. Лукин, М.Б. Ребезов. № 2010124806/13; заявл. 16.06.2010; опубл. 20.04.2012.
 14. Ребезов М.Б. Использование коллагенового гидролизата в производстве мясного хлеба/М.Б. Ребезов, А.А. Лукин, Н.Л. Наумова, О.В. Зинина, С.Г. Пирожинский // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2011. № 3. С. 134–140.
 15. Ребезов М.Б. Изменение соединительной ткани под воздействием ферментного препарата и стартовых культур/М.Б. Ребезов, А.А. Лукин, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева, С.Г. Пирожинский, А.О. Дуць, Я.М. Ребезов // Вестник мясного ското-водства. 2011. Т. 3. № 64. С. 78–83.
 16. Ребезов М.Б. Сравнительная оценка воздействия ферментных препаратов различного происхождения на коллагенсодержащее сырье/М.Б. Ребезов, А.А. Лукин, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2011. № 5. С. 28–36.
 17. Ребезов М.Б. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания / М.Б. Ребезов, Н.Л. Наумова, М.Ф. Хайруллин М.Ф., Г.К. Альхамова, А.А. Лукин. // Пищевая промышленность. 2011. № 5. С. 13–15.
 18. Хайруллин М.Ф. О потребительских предпочтениях при выборе мясных продуктов / М.Ф. Хайруллин, М.Б. Ребезов, Н.Л. Наумова, А.А. Лукин, А.О. Дуць // Мясная индустрия. 2011. № 12. С. 15–17.
 19. Ребезов М.Б. Экология и питание. Проблемы и пути решения / М.Б. Ребезов, Н.Л. Наумова, М.Ф. Г.К. Альхамова, А.А. Лукин, Хайруллин М.Ф. // Фундаментальные исследования. 2011. № 8–2. С. 393–396.

Интеграция компонентов системы мониторинга, контроля и управления производством

Остроух Андрей Владимирович, академик РАЕ, доктор технических наук, профессор;
Тянь Юань, аспирант

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

В статье предложен подход к интеграции компонентов системы мониторинга, контроля и управления производством на предприятия автомобильной промышленности. Сформулированы ее назначение, цели проектирования и функции, которые она должна выполнять для достижения поставленных целей. Исследование проведено с целью разработки методов и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений, обеспечивающих повышение эффективности автоматизированных аналитических систем обработки данных и систем мониторинга промышленных предприятий.

Ключевые слова: мониторинг, управление, аналитическая обработка данных, технологические процессы и производства, промышленные предприятия.

Система мониторинга, контроля и управления производством (Production Monitoring and Control Systems, PMS) играют центральную роль традиционного поля автоматизации. Основной функцией этих систем является сбор производственных сигналов завода и PLC-систем и их объединения для контроля в соответствующих контекстах, визуализации и предоставления возможности управлять ими. Хотя визуализации и управление сигналами процессом и контексты считаются «классическими» функциями системы SCADA, основные работы по обработке сигнала в режиме реального времени и сопряжения их с производством завода выполняется PMS-системами. В настоящее время эти PMS-системы, как правило, реализованы в объектно-ориентированной среде (object-oriented — СУБД или приложение, поддерживающие использование объектов) на основе стандартизированных протоколов, например, OPC (OLE for Process Control) OLE для управления процессами (производством) спецификация комитета OPC Foundation; OLE (Object Linking and Embedding) связывание и встраивание объектов стандарты 1.0 и 2.0, набор протоколов Microsoft.

PMSs обычно работают в сильно распределенной программной среде, в которой не может быть гарантировано постоянное соединение всех участвующих компонентов, поэтому осуществление потребностей каждой подсистемы должно предусматривать возможность действовать автономно, по крайней мере, в течение определенного промежутка времени. В соответствии с конкретными потребностями отдельного автозавода PMS должна иметь возможность следовать вариантов централизованного, децентрализованного или смешанного подхода. С учётом этого, например, на автозаводе DaimlerChrysler в Бремене используют один центральный диспетчерский пункт для каждого участка сборки кузовов, цеха покраски и окончательной сборки. Другие автомобильные заводы применяют децентрализованные структуры, при которых визуализации и оперативное управление выполняются

непосредственно от операционных станций, расположенных в цехе [1–7].

Помимо этого, интеграция (обычно на MES-платформе) «соседних» IT-систем, таких как управление качеством, обслуживание и ремонт, идентификация кузова автомобиля и т.д., должна быть как можно проще. Обеспечение связи между этими приложениями должно привести к более полной информации, отражающей неожиданные изменения в цехе, а также повышению прозрачности состояния производства соответствующей информацией. Затруднения могут возникнуть, если эти системы MES от разных поставщиков. Отсутствие стандартизированного способа связи для таких систем приводит к недоразумениям и проблемам общения.

Для мониторинга и контроля производства системы управления должны быть в состоянии визуализировать и управлять состоянием автозавода в режиме реального времени, что связано с необходимостью высокоскоростной передачи сигналов и оперативных действий. Вместе с тем необходимо обеспечить использование нескольких различных протоколов на основной линии производства, которые реализуют различные возможности, различные форматы, различные частоты связи и различные структуры данных. Имея общую модель состояния процессов, PMS должна интегрировать всю эту информацию в режиме реального времени.

Разработчики IT-платформ предлагают различные решения проблемы интеграции компонентов MES при этом, на мой взгляд, для автоматизации получения данных в режиме реального времени в автомобильной промышленности большой интерес представляет использование т. н. программных агентов (software agents). Платформы агента обычно предлагают стандартный путь коммуникации среди агентов, принятых на платформе [1,6].

Примером такого решения может служить разработанная Институтом информации и обработки данных Фраунгофера (Fraunhofer IPTB) для автозавода DaimlerChrysler в Бремене на платформе программных агентов

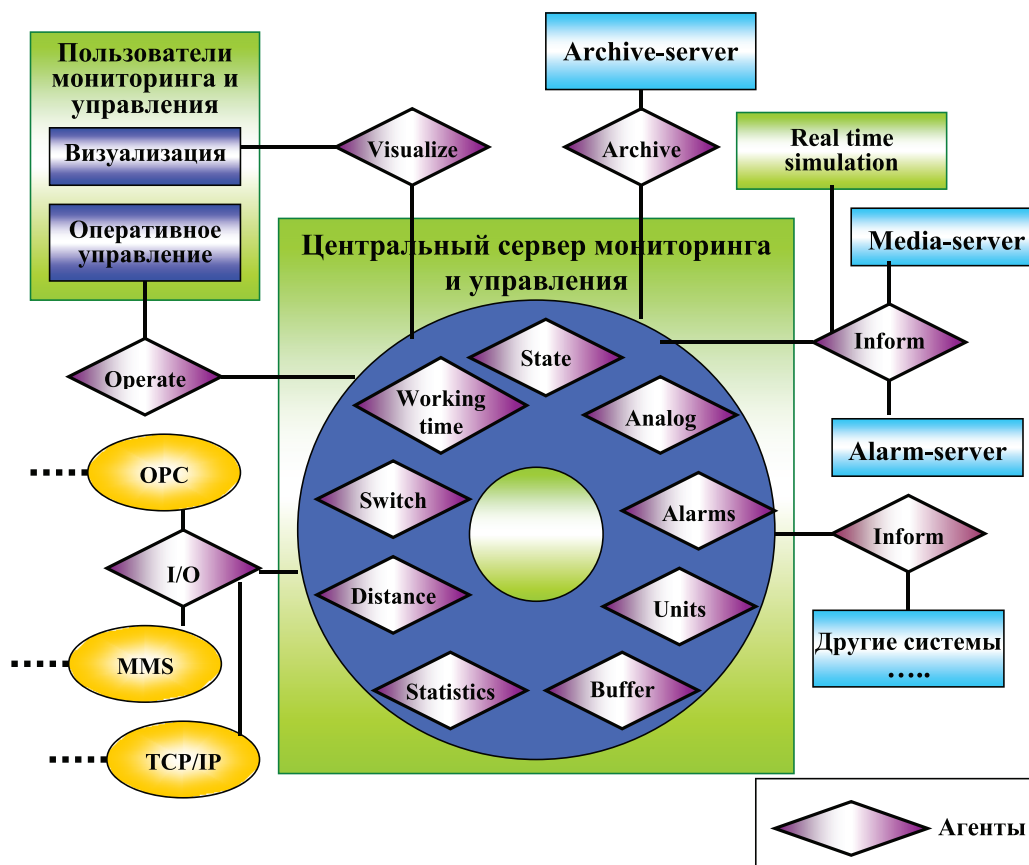


Рис. 1. Агенты платформы ProVis.Agent для мониторинга, контроля и управления производственными процессами автозавода в режиме реального времени

система мониторинга производства, объединённая с вспомогательной системой, краткосрочно имитирующей результаты автомобильного цеха на последующие три смены [1–7]. С помощью этой вспомогательной системы персонал цеха может предвидеть воздействие различных нарушений, вызванных неожиданными изменениями в системах производственного оборудования, накопителях и материальных потоках, например, конвейеров, передвижных платформ, и т. д. Это помогает производственному персоналу принимать обоснованные краткосрочные решения, касающиеся производительности смены, в какой-то мере сотрудников в следующей смене, назначение работников на линии и т. д.

Функциональные возможности имеющейся системы РМС ProVis.NT, по сравнению с системой программных агентов, практически остались те же, но через стандартную платформу агента были объединены различные системы модулей.

На рисунке 1 представлена схема использования программных агентов в формате существующей системной архитектуры ProVis.Agen. [1]

Центральный сервер мониторинга и управления состоит из группы взаимосвязанных программных агентов. Каждый из этих агентов охватывает одну часть функциональных возможностей, уже содержащихся в прежнем

системном ProVis.NT. Они обеспечивают функциональную обработку различных типов сигналов (например, выключатели, аналоговые значения, расстояния, и т. д.), а также модели рабочего времени, звуковые предупреждения и статистические данные.

«Агент ввода-вывода» (Input-Output, I/O-agent) включает различные типы каналов ввода-вывода I/O (OPC), передачи мультимедиа-сообщений (Multimedia Message Service, MMS), межсетевое протокола управления передачей (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP) и позволяет диспетчерскому серверу вести унифицированный мониторинг поступающих сигналов всех распределительных устройств основных систем. Агент визуализации используется для согласования с помощью интерфейса с разнообразными обычно используемыми системами SCADA, а также с новым инструментом визуализации в реальном времени ProVis.Visu.

Операционный агент всегда обеспечивает операционный контекст для отдельных сигналов или сложных действий. Этот контекст может составлять только наименованием и режимом работы отдельного основного цеха, но это может также быть комбинация нескольких сигналов различных типов, поступающих от нескольких установок. Главная цель операционного агента состоит в том, чтобы предоставить оператору всю информацию, выпол-

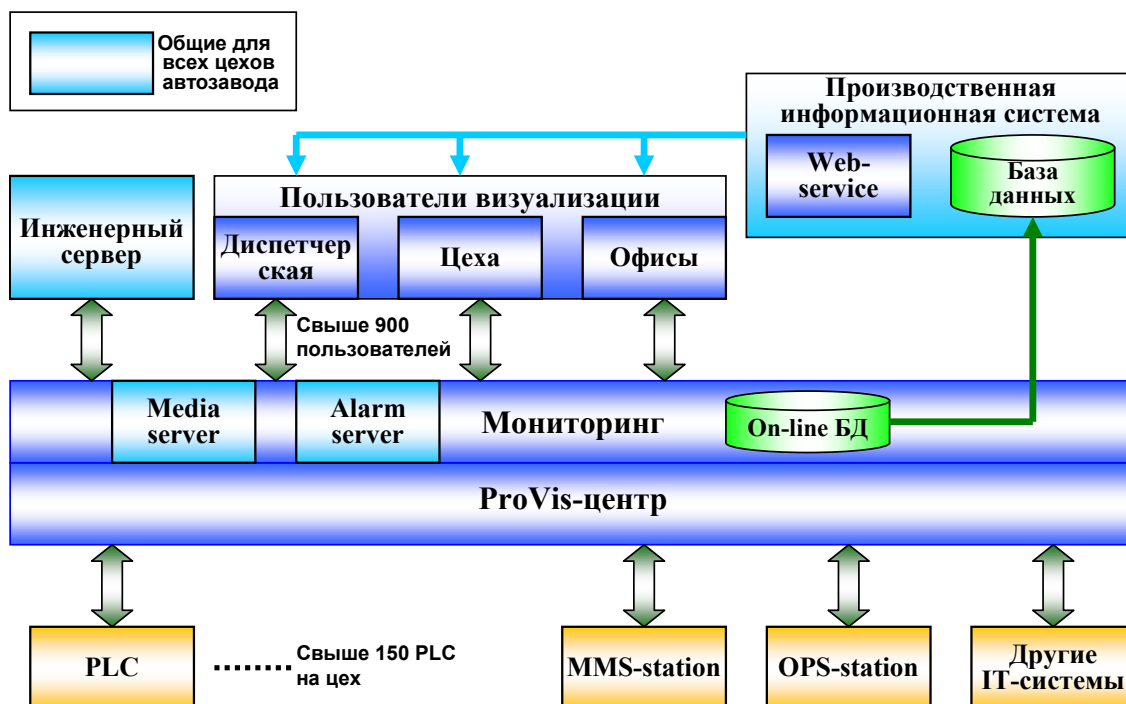


Рис. 2. Архитектура системы мониторинга, контроля и управления производством на основе технологии программного агента

нить сложные операции, такие как изменение модели рабочего времени для различных установок. В любое время оператор должен иметь возможность правильно оценить последствия своих действий.

Разнообразие специальных агентов используется для связи с помощью интерфейса с существующим подсистемам, агент Web-сервера связывает с помощью интерфейса PLC к системой статистического анализа, которая может или быть внутренним продуктом Provis.Paula или ПО третьего лица. Агент Archive-Server предоставляет отчёты о производстве и релевантную информацию в архив базы данных, где она сохраняется для проверки качества и будущего планирования.

Информационный агент в заключении обеспечивает подключение информационного сервера (Media Server), сервера звукового предупреждения (Alarm Server) и специальных компонентов интерактивного моделирования (Real time simulation).

На рисунке 2 приведён пример архитектуры такой системы мониторинга и управления производством, являющейся открытой для подключения к ИТ-системам, связанным с логистикой, управлением качеством или сборкой сервисных программ.

Таким образом, система мониторинга, контроля и управления производством на основе технологии программного агента позволяет персоналу цеха и топ-менеджерам автозавода оперативно и адекватно реагировать на возникающие в цехе аварийные ситуации.

Автоматизация получения данных для принятия решений в режиме реального времени на основании программного агента позволяет своевременно корректировать скорость производственной линии, использование рабочей силы и другие организационно-технологические показатели при возникновении отклонений в рабочих процессах и принимать эффективные меры для сохранения выхода продукции на заданном уровне.

Литература:

1. Нгуен Дык Тхань, Остроух А. В., Чернов Э. А. Автоматизация управления производством. Повышение эффективности автоматизированных аналитических систем предприятий автомобильной промышленности: Монография // LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrucken, Germany. — 2013. — 285 p. — ISBN 978-3-659-34762-7.
2. Остроух А. В., Тянь Юань. Современные методы и подходы к построению систем управления производственно-технологической деятельностью промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. — 2013. — № 1 (3); URL: auts.esrae.ru/3-53 (дата обращения: 13.09.2013).

3. Тянь Юань. Анализ современных методов и подходов к построению систем управления производственно-технологической деятельностью промышленных предприятий Китая // Автоматизация и управление в технических системах. — 2012. — № 1; URL: auts.esrae.ru/1–32 (дата обращения: 13.09.2013).
4. Тянь Юань. Оперативный мониторинг внутренней среды промышленных предприятий // Автоматизация и управление в технических системах. — 2012. — № 1; URL: auts.esrae.ru/1–33 (дата обращения: 13.09.2013).
5. Остроух А. В., Данчук К. А., Львова А. Б., Порфирьева С. А., Якунин П. С. Автоматизированные информационные системы на автотранспортном предприятии // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования». — 2012. — № 2.6 (26). — с. 34–38.
6. Нгуен Дык Тхань, Чернов Э. А., Максимычев О. И., Снеткова О. Л. Метод и алгоритм поиска последовательных шаблонов в гарантийных данных автомобильной промышленности // В мире научных открытий. Серия «Проблемы науки и образования». — 2012. — № 2.6 (26). — с. 45–51.
7. Остроух А. В., Васьковский А. М., Ветлугин М. М., Тянь Юань. Автоматизированная система контроля состояния промышленных газоочистных сооружений // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2013. — № 9. — С. 15–20.

Теоретическое обоснование повышения надежности сцепления КАМАЗ модели 14 при ремонте

Пеньков Евгений Александрович, студент;
Калимуллин Руслан Флюорович, кандидат технических наук, доцент
Оренбургский государственный университет

В процессе эксплуатации автомобилей, оснащенных сцеплением КАМАЗ модели 14 [1], возникают отказы узла сцепления. Несмотря на то, что на ОАО «КАМАЗ» происходит переход на другие комплектующие, необходимость ремонта данного вида сцепления является актуальной задачей. Это обусловлено тем, что на данный момент по примерным подсчетам эксплуатируется не менее 500 тыс. автомобилей, оснащенных данным видом сцепления, в том числе около 50 тыс. единиц техники на шасси КАМАЗ в автопарке Вооруженных Сил Российской Федерации.

По данным исследований СГТУ и ИНЭКА показатели надежности элементов сцепления недостаточно высокие. Так, средняя наработка нажимного диска составляет 130,8 тыс. км, а среднего диска — 150 тыс. км. Обзор статистических данных о надежности сцепления модели 14 и теоретическое исследование режимов его работы, процессов сопутствующих эксплуатации, отказов, разрушений и интенсивности износа позволили выявить в конструкции сцепления резервы для повышения надежности. В качестве резерва выступает модернизация в ремонтных условиях среднего ведущего диска и нажимного диска посредством создания дополнительных опорных поверхностей.

Факторами, во многом определяющими надежность сцепления, является повышенный износ в сопряжении «шип диска — паз маховика» и разрушение шипов среднего диска. В результате износа в данном сопряжении образуется зазор, достигающий в некоторых случаях более 7 мм, который приводит к нарушению центрирования среднего и нажимного диска относительно центра

маховика и вызывая тем самым появление сил от неуравновешенных масс дисков.

Для определения причин повышенного износа в сопряжении «шип диска — паз маховика» был проведен расчет на износ [2] для нахождения среднего давления на рабочих поверхностях шипов среднего диска и сравнения его с предельным значением для данного материала по формуле:

$$\sigma = \frac{T_k}{S_F l} \leq [\sigma]_{изн}; \quad (1)$$

где T_k — передаваемый крутящий момент, Н · м;

S_F — удельный суммарный статический момент площади рабочих поверхностей соединения относительно оси вращения детали, мм³/мм;

$[\sigma]_{ул}$ — допускаемое условное давление при базовом числе циклов и постоянном режиме работы, МПа.

Среднее давление на рабочих поверхностях при передаче крутящего момента от двигателя к первичному валу коробки передач составляет 2,74 МПа при условии, что эксцентриситет диска не более 0,5 мм. С увеличением эксцентриситета возрастают неуравновешенные центробежные силы, действующие на шипы диска. Так, при массе диска 13,8 кг на частоте вращения коленчатого вала 1000 мин⁻¹ и при величине эксцентриситета 4,9 мм на два шипа действует сила равная 756 Н. При достижении величины неуравновешенных центробежных сил значения в 5000 Н среднее давление на рабочей поверхности шипа достигает значения 17,6 МПа, которое превышает значение допустимого среднего давления в 17,15 МПа.

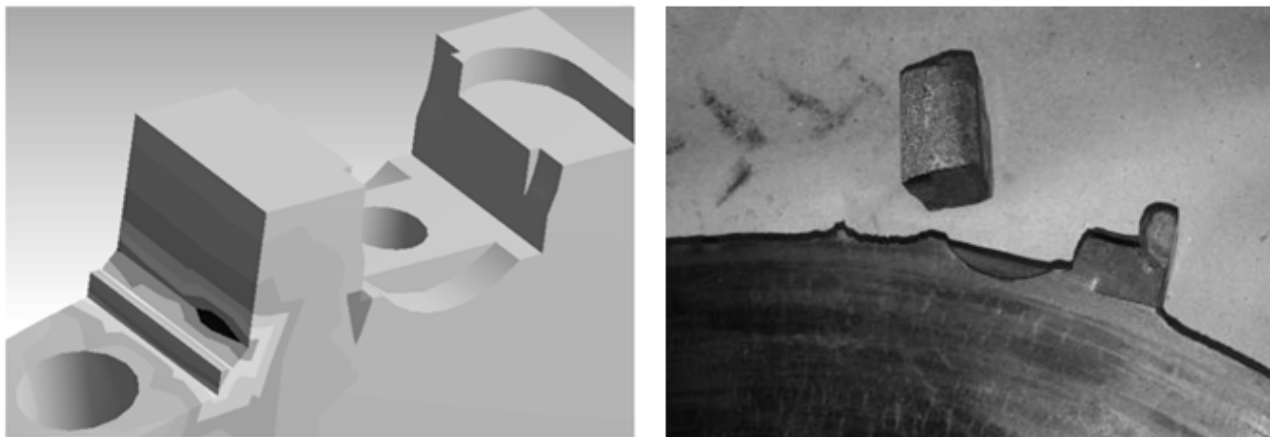


Рис. 1. Разрушение шипа у основания в зоне максимальных напряжений
(на рисунке слева темный участок зона максимальных напряжений)

Расчет на прочность, проведенный на программно-вычислительном комплексе ANSYS [3], показал, что максимальные напряжения возникают у основания шипа в зоне неплавного перехода, являющийся концентратором напряжений (рис. 1). Сила в 5000 Н от неуравновешенных центробежных масс совместно с силой от передачи крутящего момента двигателя создает у основания шипа напряжение равное 100,38 МПа при условии, что минимальный предел прочности на растяжение материала СЧ-21 равен 210 МПа.

Колебания, возникающие в механизме сцепления, оказывают большое влияние на большинство деталей сцепления, приводя к преждевременному отказу [4]. В связи с чем возникает необходимость в анализе возникающих колебаний ее интенсивности и оценке величины оказываемого вредного воздействия с тем, чтобы минимизировать

причины их возникновения. Для этого была построена расчетная модель, состоящая из коленчатого вала, маховика, ведомых дисков, среднего ведущего диска, первичного вала коробки передач, нажимного диска и кожуха сцепления (рис. 2).

На основании данной модели был проведен расчет и найдены собственные частоты ω и соответствующие частоты вращения коленчатого вала n среднего ведущего диска и нажимного диска.

Собственные частоты среднего диска и нажимного диска находятся в рабочем диапазоне оборотов двигателя. Однако, если для среднего диска они достигаются при эксплуатации автомобиля реже, так как расположены ближе к верхнему пределу рабочего диапазона оборотов двигателя, то для нажимного диска собственные частоты ниже и располагаются близко к частоте вращения

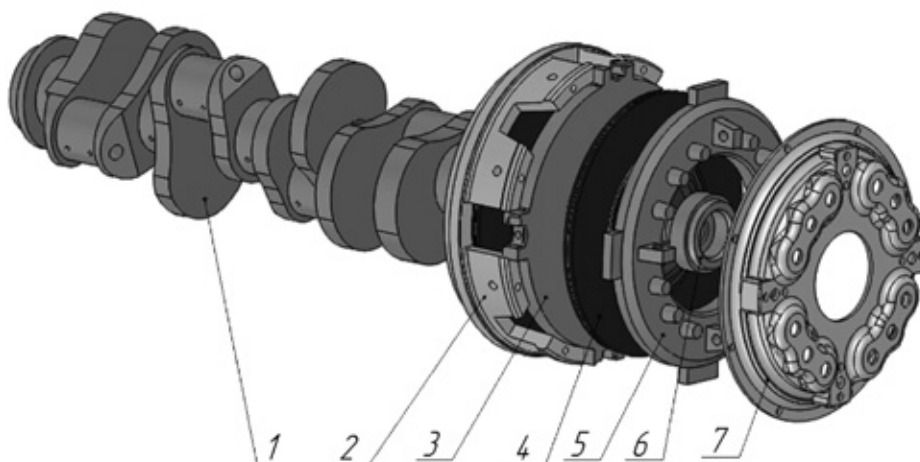


Рис. 2. Расчетная модель колебательной системы «коленчатый вал — маховик — ведомые диски — средний ведущий диск — первичный вал коробки передач — нажимной диск — кожух сцепления»: 1 — коленчатый вал; 2 — маховик; 3 — средний ведущий диск; 4 — ведомый диск; 5 — первичный вал; 6 — нажимной диск; 7 — кожух сцепления

Таблица 1. Собственные частоты стандартных дисков

Номер моды	Средний диск		Нажимной диск	
	ω , Гц	n , мин ⁻¹	ω , Гц	n , мин ⁻¹
1	45,184	2711,04	19,3 Гц	1158
2	618,19	39738,60	496,28	29776,8
3	1254	75240	699,3	41958

коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, равном 1600–1800 мин⁻¹. При достижении оборотов коленчатого вала частоты, равной 1158 мин⁻¹, наступает критическая частота для нажимного диска, т. е. резонанс, вследствие совпадения частот возмущающей силы и собственной частоты нажимного диска, который приводит к резкому повышению нагрузок в сопряжении.

Проведенный анализ позволил получить данные о нагруженности и спрогнозировать условия прочности среднего диска и нажимного диска в эксплуатации, выявить опасные режимы работы, оценить влияние сцепления с изношенными дисками на работу двигателя.

Степень износа в сопряжении «шип диска — паз маховика» имеет большое значение в эксплуатации и непосредственно влияет на дисбаланс среднего и нажимного диска. При повышении дисбаланса центробежные силы возрастают, вносят существенный вклад в параметры нагружения шипов среднего диска, в результате чего в зависимости от величины этих сил может наступить разрушение шипа среднего диска. Снижение интенсивности изнашивания позволит с наибольшей вероятностью сохранять значения статического дисбаланса, установленные заводом-изготовителем. Таким образом, существует необходимость в повышении износостойкости

сопрягаемых поверхностей пазов маховика и шипов ведущих дисков.

Предлагается усовершенствовать технологию ремонта среднего диска сцепления. На изношенную поверхность шипа ведущего диска и маховика наплавляют в среде углекислого газа проволокой ПАНЧ-11 или ПАНЧ-12 [5]. Данная проволока повышает качество сварки, а также несущую способность деталей после ремонта. Особенностью ремонта диска является модернизация его конструкции путем изменения геометрических параметров шипов. Для среднего диска наплавляются дополнительные поверхности длиной L , высотой H и скруглением у основания шипа R с каждой стороны шипа (рис. 3).

Для получения наиболее рациональной формы дополнительной опорной поверхности была проведена оптимизация в программно-вычислительном комплексе ANSYS по двум входным и трем выходным параметрам. В качестве входных параметров принимается длина опорной поверхности L , которая варьируется в пределах от 20 до 25 мм, и радиус скругления R изменяющейся в пределах от 2 до 3 мм. В качестве выходных параметров принимались максимальные эквивалентные напряжения, максимальная деформация и масса среднего диска. По резуль-

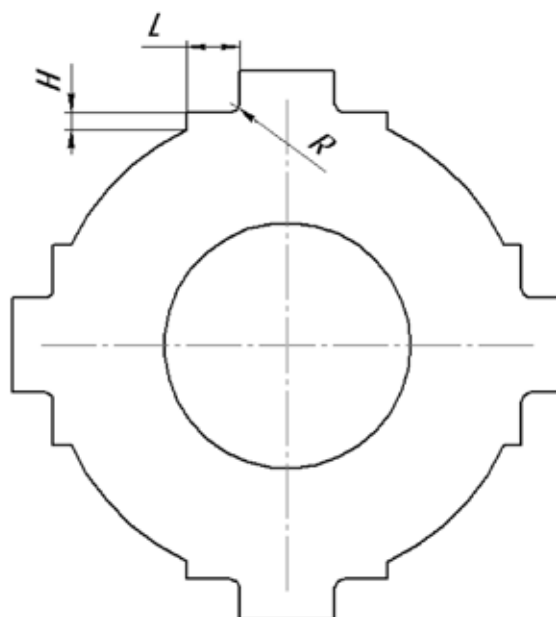


Рис. 3. Эскиз модернизированного диска

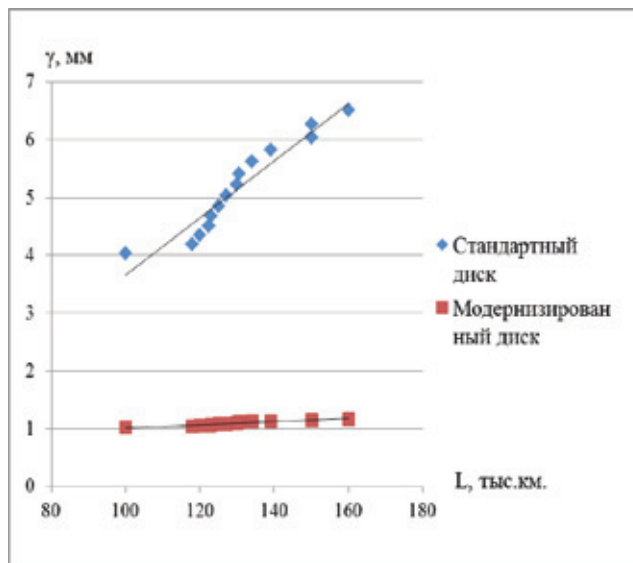


Рис. 4. Зависимости износа в сопряжении «шип-паз» от наработки для стандартного и модернизированного дисков

татам расчета длину поверхности L приняли равной 24 мм, а радиус скругления R равным 2 мм.

Оценка эффективности предлагаемой технологии ремонта с модернизацией ведущих дисков был проведен анализ зависимостей износа от наработки серийного и модернизированного диска. На основании полученных данных об износе относительно наработки и данных, ранее полученных при расчете на износ, было проведено прогнозирование и построен график зависимости износа в сопряжении «шип-паз» от наработки. Для стандартного диска график функции построен на реальных значениях износа, а для модернизированного точки были получены теоретически с учетом изменения среднего давления на рабочих поверхностях шипа и твердостью наплавленного материала (рис. 4).

Проанализировав полученные зависимости можно сказать, что после модернизации среднего диска и снижения среднего давления на рабочей поверхности шипа произошло снижение интенсивности изнашивания шипа. В результате модернизации вероятность увеличения статического дисбаланса снижается, так как средний диск сохраняет заданную величину концентричности, исключается вредное воздействие среднего диска на ведомый диск, тем самым обеспечивается снижение интенсивности износа шлицев ведомо диска. Величины смещения нажимного диска в радиальном направлении также снижаются, таким образом, исключается непредусмотренный износ передней крышки коробки передач.

На основании расчета повышения запаса прочности по эквивалентным напряжениям у основания шипа было произведено прогнозирование изменения вероятности безотказной работы среднего диска [6].

Вероятность безотказной работы определена по формуле:

$$P(\eta) = \frac{\eta - 1}{\sqrt{\eta^2 + \vartheta^2 + \sigma^2}},$$

где η — запас прочности;

$\vartheta = 0,1$ — коэффициент вариации предела длительной прочности;

$\sigma = 1,28$ — коэффициент вариации суммарного напряжения.

На основании данного закона построен график изменения вероятности безотказной работы от запаса прочности.

Из графика видно, что вероятность безотказной работы модернизированного среднего диска выше $P(\eta)_M = 0,791$, чем у стандартного $P(\eta)_{СТ} = 0,692$. Это объясняется с тем, что повышение прочности шипа у основания и снижения напряжений привело к повышению запаса прочности.

По результатам выполненного исследования сделаны следующие выводы.

1) Модернизированная при ремонте конструкция среднего диска позволяет снизить среднее давление на рабочих поверхностях при передаче только крутящего момента на 30%, а при действии совместно с крутящим моментом и центробежной силы при прочих равных условиях среднее давление снижается в 2,3 раза и составляет 6,36 МПа.

2) Повышается допускаемое среднее давление на рабочих поверхностях до 21 МПа в связи с тем, что наплаваемый материал обладает большей твердостью, а соответственно износостойкостью.

3) Среднее давление на рабочих поверхностях снижается за счет того, что повышается площадь рабочей поверхности шипа с 420 до 601 мм². Кроме того, после модернизации на внешней поверхности диска появляются

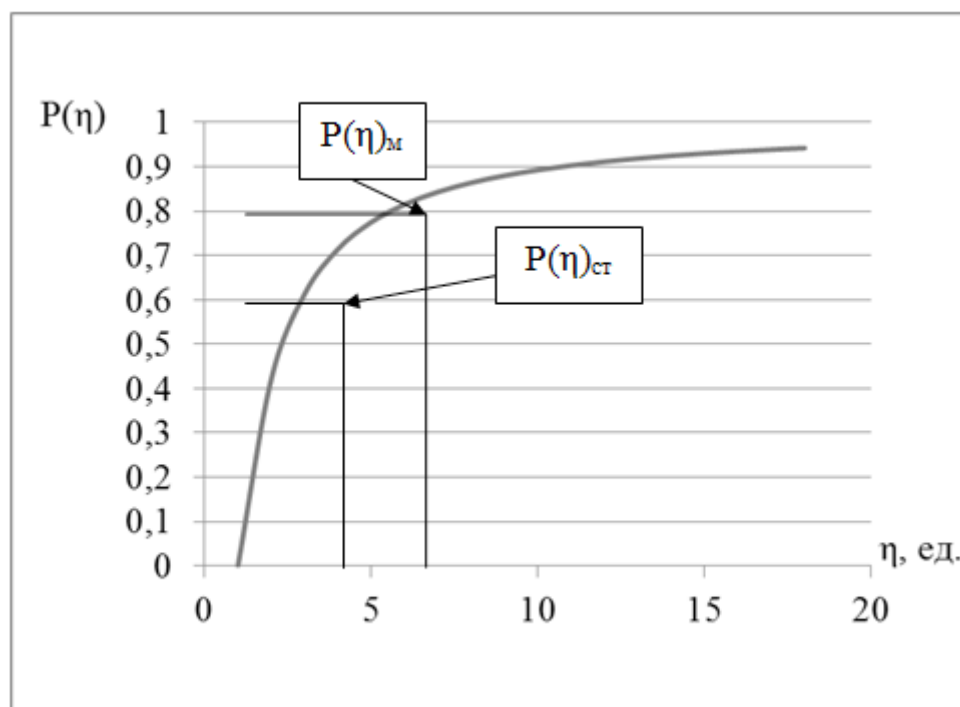


Рис. 5. Зависимость вероятности безотказной работы среднего диска от запаса прочности

дополнительные опорные поверхности, которые в 2,83 раза снижают действие центробежной силы неуравновешенных масс диска.

4) Максимальные напряжения у стандартного среднего ведущего диска при передаче максимального крутящего момента достигают величины 34,48 МПа у основания шипа в районе концентратора напряжений. У модернизированного диска с механизмом разведения дисков максимальные эквивалентные напряжения составляют 18,6

МПа. Снижение максимальных эквивалентных напряжений в 1,85 удалось добиться за счет появления у основания шипа скругления радиусом 2 мм и повышения площади рабочей поверхности шипа.

5) Модернизация диска может осуществляться в ремонтных условиях, так как не является дорогостоящим и не требует специального оборудования. По данным расчетов модернизация позволит повысить наработку до отказа среднего диска приблизительно в 1,5–2 раза.

Литература:

1. Титунин Б.А., Старостин Н.Г., Мушниченко В.М. Ремонт автомобилей КамАЗ Л.: Агропромиздат. 1987. — 288 с.
2. Крагельский Н.Г., Добычин М.Н. Основы расчетов на трение и износ. — М.: Машиностроение. 1977. — 526 с.
3. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 272 с.
4. Биргер А.П., Мавлютов Л.Л. Сопротивление материалов: учеб. пособие. — М.: Наука. Гл. ред. физ. — мат. лит., 1986. — 560 с.
5. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. — М.: Машиностроение, 1987. — 192 с.
6. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей. — Л.: Политехника, 1991. — 224 с.

Усовершенствование технологии изготовления топливных брикетов из соломенной биомассы

Семирненко Светлана Леонидовна, старший преподаватель;
Семирненко Юрий Иванович, кандидат технических наук, доцент;
Довжик Михаил Яковлевич, кандидат технических наук, доцент
Сумский национальный аграрный университет (Украина)

В статье представлена усовершенствованная технология получения топливных брикетов из соломенной биомассы, исключая операцию сушки соломы.

Ключевые слова: брикеты, соломенная биомасса, сушка, технология, кулачковый транспортер, охлаждение.

Постановка проблемы в общем виде. Изготовление топливных брикетов из соломенной биомассы в большинстве своем предусматривает наличие в технологической цепочке сушки соломы — доведения ее влажности до оптимальной. В свою очередь, процесс сушки соломенной биомассы способствует удорожанию брикетов, так как данный процесс в технологической цепочке является наиболее энергозатратным.

Анализ последних исследований и публикаций. Решение данной проблемы освещалось в ряде работ [1, 2]. Но проведенный анализ литературных источников не указывает на способы решения вопроса использования для сушки топливных брикетов их собственного тепла, исключая операцию предварительной сушки соломы.

Формулировка целей статьи (постановка задания). Авторами приводится усовершенствованная технология изготовления топливных брикетов, в которой исключается операция сушки соломы. Вместо этой операции предлагается сушка соломенных брикетов за счет собственного тепла — одновременно идет охлаждение брикетов и их сушка.

Изложение основного материала исследования. Для проведения процесса формирования брикетов был использован ударно-механический пресс.

Последовательность этапов для изготовления топливных брикетов:

- измельчения соломы;
- подача измельченной соломы в загрузочный бункер;
- изготовление брикетов;
- подача горячих брикетов от пресса на кулачковый транспортер;
- перемещение брикетов по кулачковому транспортеру с одновременным обдувом воздухом;
- загрузки охлажденных и высушенных брикетов в тару.

Горячие брикеты с температурой 80–85°C, после образования на ударно-механическом прессе, отламываются под собственным весом и попадают на кулачковый транспортер, продольная ось которого располагается перпендикулярно оси пуансона пресса. Высота от верхней точки кулачков транспортера до нижней точки отламывающегося брикета была принята (экспериментально) равной

диаметру брикета. Этого расстояния достаточно для свободного отламывания брикета под своим весом и для того, чтобы не повредить разогретый брикет при ударе о кулачки транспортера. Для равномерного распределения брикетов по ширине кулачкового транспортера, он установлен под углом наклона в поперечной плоскости от пресса 2°.

Плоская модель кулачкового транспортера приведена на рис. 1. Транспортер состоит из N роторов ($N=4$), имеющих три радиальные лопасти бесконечно малой толщины, расположенных под углом 120°. Радиус лопастей, которые вращаются в одном направлении с угловой скоростью ω , обозначаем R . Расстояние между осями роторов $l < 2R$.

Тогда, общая длина устройства $L = l \times N$. Скорость вращения кулачков определялась экспериментально и должна обеспечивать прохождение расстояния L за время, необходимое для охлаждения и сушки брикетов. В нашем случае, для обеспечения необходимого времени сушки скорость перемещения брикетов составляет 0,0027 м/с. При такой скорости движения брикетов частота вращения кулачков транспортера будет низкой, что обеспечит работу транспортера без отрыва и повреждения брикетов лопастями и, в то же время, перемешивание слоя брикетов с одновременным проворачиванием каждого отдельного брикета.

Обязательным условием эффективной работы транспортера является установление смежных кулачков с углом расположения лопастей $\geq 90^\circ$ — для обеспечения перемещения брикетов без защемления.

Средняя скорость перемещения брикетов из экспериментальных данных определялась по соотношению:

$$V_{cp} = \frac{L}{t_{cp}}, \quad (1)$$

где L — длина рабочей части кулачкового транспортера, м;

t_{cp} — среднее время пребывания брикетов в кулачковом транспортере, с.

Принцип действия установки для охлаждения и сушки топливных брикетов состоит в следующем. Топливные брикеты из матрицы ударно-механического пресса по-

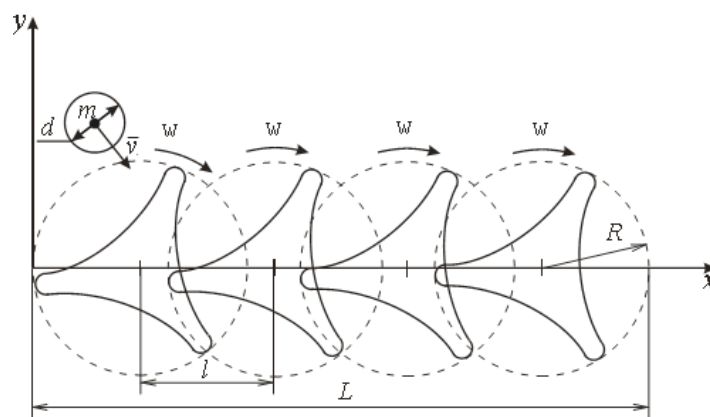


Рис. 1. Плоская модель кулачкового транспортера

падают на установку для охлаждения и сушки, они увлекаются кулачками транспортера и перемещаются по его длине, одновременно обдуваясь атмосферным воздухом, подаваемым вентиляторной установкой. Захваченные кулачками транспортера брикеты перекачиваются по длине транспортера и одновременно перемещаются по высоте слоя. Тем самым обеспечивается равномерное обдувание их поверхности воздушным потоком, за счет чего ускоряется передача тепла и влаги от центра брикета к его внешней поверхности, что приводит к интенсификации процесса охлаждения и сушки.

Производительность кулачкового транспортера Q (кг/с) определяется по формуле

$$Q = \frac{W \cdot V \cdot \rho \cdot k}{S}, \quad (2)$$

где W — теоретический межлопастной объем, m^3 ;
 V — средняя скорость перемещения брикетов, m/s ;
 S — расстояние между вершинами кулачков одного яруса, m ;

ρ — плотность брикетов, kg/m^3 ;
 k — коэффициент, учитывающий уменьшение межлопастного объема при наклоне кулачкового транспортера к горизонту.

Из анализа формулы (2) можно сделать вывод, что производительность кулачкового транспортера увеличивается при увеличении межлопастного объема, уменьшении расстояния между вершинами кулачков, повышении средней скорости перемещения брикетов по кулачковому транспортеру.

Сечение емкости межлопастного пространства равно площади треугольника с основанием S (расстояние между вершинами кулачков) и высотой h (межлопастного пространства). При таких условиях выражение для определения значения теоретического межлопастного объема имеет вид:

$$W = 0,5S \cdot h \cdot B, \quad (3)$$

где B — ширина кулачкового транспортера.

Составляющие данной формулы S (расстояние между вершинами кулачков) и h — (высота межлопастного пространства) влияют на производительность кулачкового транспортера. Увеличение ширины B транспортера с целью повышения его производительности приводит к увеличению габаритных размеров машины, что не всегда целесообразно.

Следующая составляющая — средняя скорость перемещения брикетов по транспортеру V (m/s), определяется из выражения

$$V = \frac{R + r}{2} \cdot \omega, \quad (4)$$

где R — внешний радиус кулачка, m ;
 r — внутренний радиус кулачка, m ;
 ω — угловая скорость кулачков, rad/s .

Скорость сушки будет прямо пропорциональна влаге, удаляемой из брикета и коэффициенту сушки [4, 5]. То есть, для повышения скорости сушки необходимо снизить относительную влажность охлаждающего воздуха, что приведет к понижению равновесного влагосодержания брикетов. Снижение относительной влажности воздуха при одновременном понижении его температуры принципиально возможно. Но если учесть, что понижение температуры воздуха на $1^\circ C$ повышает его относительную влажность примерно на 5% , то станет очевидным, что для получения охлаждающего воздуха с низкой относительной влажностью необходимо будет применить сложные влагопоглощающие устройства, что значительно повысит стоимость оборудования, и, следовательно, повысит себестоимость производства брикетов.

Увеличение скорости сушки возможно также за счет увеличения коэффициента сушки, который с увеличением температуры воздуха увеличивается [4, 5].

Однако повышение температуры воздуха снижает скорость охлаждения брикетов. Таким образом, одновременное увеличение скорости охлаждения и скорости сушки брикетов принципиально возможно, но встречает значительные технические трудности.

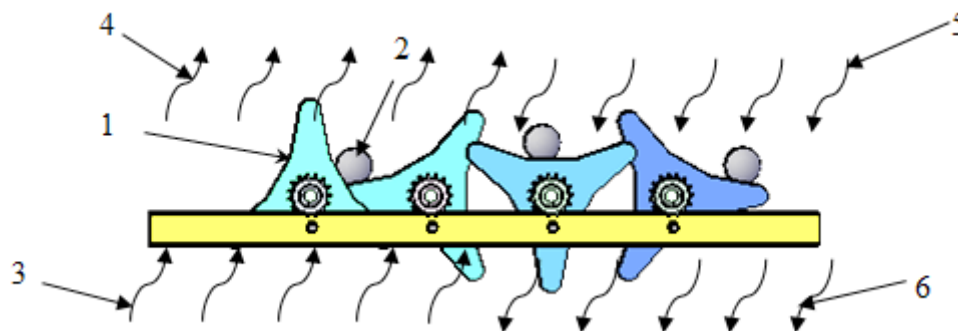


Рис. 2. Схема установки для охлаждения и сушки топливных брикетов: 1 — кулачки транспортера; 2 — топливные брикеты; 3 — первичный воздушный поток (атмосферный воздух); 4 — воздух первого этапа охлаждения и сушки; 5 — воздух второго этапа охлаждения и сушки; 6 — отработанный воздух

Эту задачу можно успешно решить, если процесс охлаждения и сушки разделить на несколько этапов и осуществить следующим образом.

На первом этапе охлаждение и сушка топливных брикетов проводится атмосферным воздухом. Поскольку в начале процесса брикеты имеют высокую температуру и влагосодержание, а разница между температурой брикетов и воздухом значительна, то атмосферный воздух интенсивно охлаждая брикеты, нагревается, от чего его относительная влажность снижается, способствуя интенсификации сушки брикетов.

На втором этапе необходимо интенсифицировать процесс сушки брикетов за счет использования подогретого воздуха первого этапа сушки с пониженной относительной влажностью. Использование подогретого воздуха увеличит коэффициент сушки брикетов и снизит их конечное влагосодержание.

На третьем этапе брикеты охлаждаются до необходимой температуры и частично досушиваются атмосферным воздухом за счет естественной циркуляции (после кулачкового транспортера).

Таким образом, осуществляется процесс охлаждения и сушки на каждом этапе в различных режимах: на первом этапе интенсивное охлаждение и сушка брикетов, на втором — интенсивная сушка за счет применения подогретого воздуха, на третьем — окончательное охлаждение брикетов и частичная сушка.

Повторное использование охлаждающего воздуха, т.е. рециркуляция, позволяет обойтись без технических средств для подогрева воздуха, а использовать для этого теплоту брикетов, которые охлаждаются.

Литература:

1. Коринчук Д. М. Выбор сушильной установки мобильного комплекса производства топливных брикетов и гранул из биомассы / Д. М. Коринчук // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: (хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження). — 2011. — № 2 (8). — С. 37–41.
2. Бунецкий В. О. Аналіз технологічних процесів отримання твердого палива у вигляді пелет або брикетів / В. О. Бунецкий // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. — 2011. — Вип. 10. — С. 328–340.

Таким образом, на основании изложенного можно предложить принципиальную схему технологического процесса охлаждения и сушки брикетов с применением рециркуляции воздуха (рис. 2).

Скорость движения брикетов по кулачковому транспортеру устанавливалась в соответствии с необходимым временем на процесс охлаждения и сушки топливных брикетов.

Таким образом, в зависимости от плотности брикетов, удельной поверхности и фактической влажности, подбирались скорость вращения кулачков транспортера и, при необходимости, корректировалась скорость воздушного потока. За счет этого обеспечивалось минимальное время охлаждения и сушки топливных брикетов. В зависимости от вышеупомянутых факторов, это время при проведении натурных испытаний не превышало 25 минут при охлаждении брикетов до температуры, которая была выше температуры окружающего воздуха на 8°C.

Характеристики полученных по предложенной технологии топливных брикетов по большинству показателей соответствуют характеристикам топливных брикетов международной классификации (GEN/TS).

Выводы

Использование предложенной технологии даст возможность снизить затраты на технологический процесс производства топливных брикетов из соломенной биомассы, снизить их себестоимость, сжигать брикеты с оптимальной влажностью, что будет способствовать увеличению КПД брикетосжигающих установок и, соответственно, уменьшению вредных выбросов в атмосферу.

3. Шабельник Б. П. Конвейеры-очистители корнеуборочных машин / Б. П. Шабельник. — К.: Міносвіта, 1998. - 243 с.
4. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки / А. В. Лыков. — М.: Госэнергоиздат, 1956. — 464 с.
5. Муштаев В. И. Теория и расчет сушильных процессов / В. И. Муштаев, М. Г. Ефимов, В. М. Ульянов. — М.: МИХМ, 1974. — 152 с.

Синтез структуры мультисервисной сети на базе генетических алгоритмов

Сиддиков Исомиддин Хакимович, кандидат технических наук, доцент;
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

Шербобоева Гулрух Бахтиёровна, старший научный сотрудник, докторант
Ташкентский университет информационных технологий (Узбекистан)

В статье рассмотрены вопросы структурного синтеза мультисервисной сети с помощью генетических алгоритмов. При этом все возможных решений представлены в виде хромосомы, а структура сети в виде графов. Такой подход позволяет объединить в единый комплекс решение задачи автоматизации процесса принятия проектных решений в проектирования структуры распределенных мультисервисных сетей. Предложены алгоритмы формирования структуры сети на базе модифицированных операторов кроссоверинга и мутации хромосомы.

The paper deals with the structural synthesis of multi-service network using genetic algorithms. Thus all possible solutions presented in the chromosome, and the network structure in the form of graphs. This approach allows us to combine into a single complex automation solution process of making design decisions in designing the structure of distributed multi-service networks. The algorithms for the formation of the network structure on the basis of modified and mutation operator's krossoveringa hromosomy. V article questions the structural synthesis of multi-service network using genetic algorithms. Thus all possible solutions presented in the chromosome, and the network structure in the form of graphs. This approach allows us to combine into a single complex automation solution process of making design decisions in designing the structure of distributed multi-service networks. The algorithms for the formation of the network structure on the basis of the modified operators krossoveringa and chromosome mutation.

Для решения задачи структурного синтеза мультисервисной сети в первую очередь, необходимо определить пространство потенциальных решений.

Пространством потенциальных решений S в нашем случае является множество всех возможных структур проектируемой сети представленных в виде графа Z .

Пространство представлений Z , соответствующее всем возможным структурам сети из пространства S , представим в виде:

$$Z = \text{concat}(Z^*, Z^{**}), \tag{1}$$

где $Z^* = (z_1^*, z_2^*, \dots, z_{n_a}^*)$ — множество дуг, представляющие информацию о взаимосвязи между абонентами и коммутационными узлами сети;

$Z^{**} = (z_1^{**}, z_2^{**}, \dots, z_{n_k(n_k-1)/2}^{**})$ — множество дуг, носящие в себе информацию о взаимосвязях только между коммутационными узлами сети [1–2].

Элементы вектора Z^* , строго упорядочены в соответствии с номерами абонентов сети $a_i \in A, i = 1, n_a$. Каждый i -ый элемент вектора $z_i^* \in Z^*$ содержит номер коммутационного узла $k_j \in K$, к которому подключен j -ый абонент сети $a_i \in A$:

$$z_i^* = \begin{cases} k_j, & \text{если } a_i \in A \text{ подключен к } k_j \in K \\ 0, & \text{если } a_i \in A \text{ не подключен к } k_j \in K \end{cases} \tag{2}$$

Элементы вектор Z^{**} является конкатенацией строк матрицы смежности Y , лежащих выше главной диагонали:

$$z_{i^{**}} = y_{ij}, l^{**} = i + (i-1) * n_k - \sum_{\eta=1}^i \eta + |i-j|, \tag{3}$$

где, $i = \overline{1, n_k - 1}, j = i + 1, n_k, i < j$.

Очевидно, что длина дуг при таком кодировании равна

$$L = n_a + n_k(n_k - 1) / 2. \tag{4}$$

В результате применения операций над графами могут образовываться петля или тупиковые состояния, т. е. решения, не удовлетворяющие параметрическими и структурным условиям сети $F(Z) = \infty$. Для решения поставленной задачи будем использовать генетические алгоритмы [3–4]. При этом пространство потенциальных решений представляется в виде хромосомы.

При этом Z^* будем называть *FP (First Part of Chromosome)* и Z^{**} будем называть *SP (Second Part of Chromosome)*- частями хромосомы. Тогда для устранения возможных случаев образования петель предлагаются применения модифицированных оператор кроссоверинга и мутации.

Модифицированный оператор кроссоверинга. Пусть имеются две родительские структуры Z_1 и Z_2 , представленные графами $G_{cp1} = (V_{cp1}, R_{cp1})$ и $G_{cp2} = (V_{cp2}, R_{cp2})$. На базе этих графов необходимо получить граф $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$ соответствующий структуре потомка Z_3 , образуемого в результате применения оператора кроссоверинга.

Для этого, на графе G_{cp1} и G_{cp2} выделим подграфы

$$\begin{aligned} G_{cp1}^{ak} &= (V_{cp1}, R_{cp1}^{ak}), G_{cp1}^{kk} = (K_{cp1}, R_{cp1}^{kk}), \\ G_{cp2}^{ak} &= (V_{cp2}, R_{cp2}^{ak}), G_{cp2}^{kk} = (K_{cp2}, R_{cp2}^{kk}) \end{aligned} \tag{5}$$

где $G_{cp1} = G_{cp1}^{ak} \cup G_{cp1}^{kk}, R_{cp1}^{ak} \cap R_{cp1}^{kk} = \emptyset, V_{cp1} \supset K_{cp1},$

$$G_{cp2} = G_{cp2}^{ak} \cup G_{cp2}^{kk}, R_{cp2}^{ak} \cap R_{cp2}^{kk} = \emptyset, V_{cp2} \supset K_{cp2},$$

Сформулируем множества каналов связей, несовпадающих у G_{cp1} и G_{cp2} :

$$\begin{aligned} R_{ak}^* &= (R_{cp1}^{ak} \cup R_{cp2}^{ak}) / (R_{cp1}^{ak} \cap R_{cp2}^{ak}), \\ R_{kk}^* &= (R_{cp1}^{kk} \cup R_{cp2}^{kk}) / (R_{cp1}^{kk} \cap R_{cp2}^{kk}) \end{aligned} \tag{6}$$

Введем следующие обозначения:

$R_{ak_{cp1}}^*, R_{kk_{cp1}}^*$ - соответственно подмножества ребер типа <абонент. узел> \rightarrow <комм. узел> и <комм. узел> \rightarrow <комм. узел>, принадлежащие только родительской структуре G_{cp1} , т. е. $R_{ak_{cp1}}^* \subseteq R_{cp1}$ и $R_{kk_{cp1}}^* \subseteq R_{cp1}$;

$R_{ak_{cp2}}^*, R_{kk_{cp2}}^*$ - соответственно подмножества ребер типа <абонент. узел> \rightarrow <комм. узел> и <комм. узел> \rightarrow <комм. узел>, принадлежащие только родительской структуре G_{cp2} , т. е. $R_{ak_{cp2}}^* \subseteq R_{cp2}$ и $R_{kk_{cp2}}^* \subseteq R_{cp2}$, тогда <абонент. узел> \rightarrow <комм. узел> и <комм. узел> \rightarrow <комм. узел>, принадлежащие только родительской структуре G_{cp1} , т. е. $R_{ak_{cp1}}^* \subseteq R_{cp1}$ и $R_{kk_{cp1}}^* \subseteq R_{cp1}$;

$$R_{ak}^* = R_{ak_{cp1}}^* \cup R_{ak_{cp2}}^*, R_{kk}^* = R_{kk_{cp1}}^* \cup R_{kk_{cp2}}^*. \tag{7}$$

Определяем множество вершин V_1^* и V_2^* инцидентных ребрам из множества R_{ak}^* и R_{kk}^* . Место расположения элементов вершин из множества V_1^* и V_2^* , соответственно в векторах Z_1 и Z_2 , определяет точки кроссоверинга.

Формируем множество весовых коэффициентов ребер $W^{ak}(R^{ak}(V_1^*))$ типа <абонент. узел> \rightarrow <комм. узел>, инцидентных абонентскому узлу (АУ) из множества V_1^* и множества весовых коэффициентов ребер $W^{kk}(R^{kk}(V_2^*))$ типа <комм. узел> \rightarrow <комм. узел>, инцидентных коммутационному узлу (КУ) из множества V_2^* , такой что:

$$W^{ak}(R^{ak}(V_1^*)) = \{w_{\gamma}^{ak}(r_{ij}^{ak}(v_i))\}, \tag{8}$$

где $w_{\gamma}^{ak}(r_{ij}^{ak}(v_i)) = \frac{F(Z_1) - F(Z_2)}{\sum_{i=1}^{N_p} F(Z_1)} + 0.5 - divide(d_{cp1_{ij}}^{ak} - d_{cp2_{ij}}^{ak}), \gamma = 1, m_1^*, \forall v_i, v_i \in V_1^*, m_1^*$ - мощность

множества $V_2^*; d_{cp1}^{ak}$ - длина канала связи (ребра) $r_{cp1ij}^{ak} \in R_{akcp1}^*$; d_{cp2}^{ak} - длина КС (ребра) $r_{cp2}^{ak} \in R_{akcp2}^*$; $divide(x) \in [0,1]$ - приведенные (нормированные) значения длины КС.

Весовые коэффициенты $W^{kk}(R^{kk}(V_2^*))$ вычисляются по формуле

$$W^{kk}(R^{kk}(V_2^*)) = \{w_{ij}^{kk}(r_{ij}^{kk}(v_j))\}, \tag{9}$$

где $w_{ij}^{kk}(r_{ij}^{kk}(v_i)) = \frac{F(Z_1) - F(Z_2)}{\sum_{i=1}^{N_p} F(Z_i)} + 0.5 - divide(d_{cp1ij}^{kk} - d_{cp2ij}^{kk})$, $\eta = 1, m_2^*, \forall v_i, v_i \in V_2^*, m_2^*$ - соответственно

мощность множеств $V_2^*; d_{cp1}^{kk}$ - длина канала связи (ребра) $r_{cp1ij}^{kk} \in R_{akcp1}^*$; d_{cp2}^{kk} - длина КС (ребра) $r_{cp2}^{kk} \in R_{akcp2}^*$; $divide(x) \in [0,1]$ - приведение (нормированное) значения длины каналов связи.

Формирование структуры потомка $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$ осуществляется по этапном решении задач формирования FP и SP - частей хромосомы потомка.

1. Формируем FP - части хромосомы в виде подграфа:

$$G_{cn}^{ak} = (V_{cn}, R_{cn}^{ak}), V_{cn} \subseteq V_{cp1} \text{ и } V_{cn} \subseteq V_{cp2}. \tag{10}$$

Поскольку в структуре потомка должны присутствовать все узлы сети, то множество вершин графа потомка G_{cn} будет равно множеству вершин графа, представляющего любой родительской структурой, т. е. $V_{cn} = V_{cp1} = V_{cp2}$.

Определяем подмножества ребер R_{cn}^{ak} графа G_{cp} , соединяющих абонентские узлы сети с его коммутационным узлом:

а) пусть R_{cn}^{ak0} - пустое множество ребер типа <абонент. узел> \rightarrow <комм. узел>. К множеству R_{cn}^{ak0} добавляем подмножество ребер, совпадающих у родительских структур G_{cp1}^{ak} и G_{cn1}^{ak} ,

$$R_{cn}^{ak} = R_{cn}^{ak0} \cup (R_{cp1}^{ak} \cap R_{cp2}^{ak}). \tag{11}$$

После выполнения данной операции в подграфе G_{cn}^{ak} остаются неподключенными к коммутационным узлам те абонентские узлы, которые принадлежат подмножеству $A^{**} = A \setminus A^*$, где A^* - подмножество абонентских узлов сети, инцидентных ребрам из множества R_{cn}^{ak} .

б) случайным образом выбираем число $\xi \in [0,1]$ и формируем подмножество ребер $R_{cn}^{ak} = \{r_{ij}^{ak}\}$, инцидентным к АУ $v_j \in A^{**}$.

в) объединяем подмножества ребер R_{cn}^{ak} и R_{cn}^{ak} : $R_{cn}^{ak} = R_{cn}^{ak} \cup R_{cn}^{ak}$.

В результате получаем подграф $G_{cn}^{ak} = (V_{cn}, R_{cn}^{ak})$, отображающий структуру FP - части хромосомы потомка, представляющий информацию о соединении абонентских узлов сети с соответствующими коммутационными узлами (рис. 1).

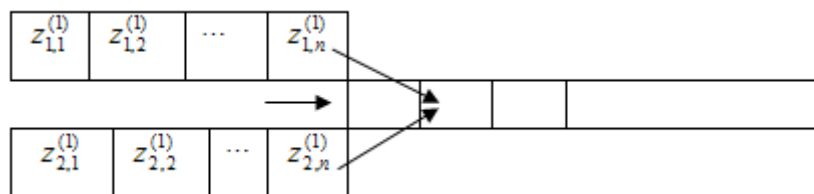


Рис 1. Схема соединения абонентского узла с коммутационным узлом сети

2. Формируем SP - части хромосомы потомка в виде подграфа

$$G_{cn}^{kk} = (K_{cn}, R_{cn}^{kk}), \tag{12}$$

где $K_{cn} = K_{cp1} = K_{cp2}$ и $K_{cn} \subseteq V_{cp1}, K_{cn} \subseteq V_{cp2}$.

Исходя из $V_{cn} = V_{cp1} = V_{cp2}$, получим $K_{cn} = K_{cp1} = K_{cp2}$. Учитывая это, решение второй подзадача можно свести к определению подмножества ребер $R_{cn}^{kk} \subseteq R_{cn}$.

а) пусть R_{cn}^{kk} - пустое множество ребер типа <комм. узел> \rightarrow <комм. узел>. Определяем подмножество ребер, совпадающих у родительских структур G_{cp1}^{kk} и G_{cp2}^{kk} :

$$R_{cn}^{kk} = (R_{cn1}^{kk} \cap R_{cn2}^{kk}) \tag{13}$$

Подмножестве коммутационных узлов K_{cn} разделим на две непересекающиеся подмножества K_{cn}^* и K_{cn}^{**} :

$$K_{cn} = K'_{cn} \cup K''_{cn}, \quad K'_{cn} \cap K''_{cn} = \emptyset, \quad K_{cn} = K_{cn} / K'_{cn}, \tag{14}$$

где K_{cn}^* - подмножества коммутационных узлов сети, инцидентных ребрам из множества R_{cn}^{kk} , K_{cn}^{**} - подмножество взвешенных коммутационных узлов.

б) случайно выбирая коммутационный узел $k_i \subseteq K_{cn}^{**}$, находим ребро r_{ij}^* подмножества ребер R_{kk}^* , соединяющее его с любым другим коммутационным узлом $k_j \subseteq K_{cn}^*$ по критерию минимума затрат, т. е. $r_{ij}^* = \min\{R_{kk}^*\}$.

Найденное ребро добавим в подмножество R_{cn}^{kk} , и коммутационный узел k_i переводим из подмножества K_{cn}^* и K_{cn}^{**} :

$$R_{cn}^{kk} = R_{cn}^{kk} \cup r_{ij}^*, \quad K_{cn}^* = K_{cn}^* \cup k_i, \quad K_{cn}^{**} = K_{cn}^{**} / k_i. \tag{15}$$

Поиск ребра r_{ij}^* из подмножества ребер R_{kk}^* осуществляется до тех пор, пока подмножество взвешенных вершин не будет пустым, т. е. $K_{cn}^{**} = \emptyset$.

с) объединяем подмножества ребер R_{cn}^{kk} и R_{cn}^{kk} :

$$R_{cn}^{kk} = R_{cn}^{kk} \cup R_{cn}^{kk} \tag{16}$$

д) в случае $K_{cn}^{**} = \emptyset$ в графе $G_{cn1}^{kk} = (K_{cn}, R_{cn}^{kk})$ образуются изолированным подграфы. Эти подграфы последовательно объединяем с помощью случайно выбранного ребра r_{ij}^* из множества всех возможных ребер R .

После выполнения данных операций имеем SP - часть хромосом потомка, представляющую информацию о соединении коммутационных узлов между собой в виде подграфа.

$$G_{cn}^{kk} = (K_{cn}, R_{cn}^{kk}) \tag{17}$$

Учитывая (8), граф $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$, представляющий структуру хромосомы потомка, можем определить как:

$$G_{cn} = G_{cn}^{ak} \cup G_{cn}^{kk} \tag{18}$$

где $R_{cn} = R_{cn}^{ak} \cup R_{cn}^{kk}$, $R_{cp}^{ak} \cap R_{cp}^{kk} = \emptyset$, $V_{cn} = V_{cp1} = V_{cp2}$, $V_{cp} \supset K_{cp}$.

Таким образом, мы получаем граф $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$ отображающий структуру потомка Z_3 , образующегося в результате применения оператора кроссоверинга.

Модифицированный оператор мутации. Пусть имеется родительская структура Z_{cp} , представленная графом $G_{cp} = (V_{cp}, R_{cp})$. В результате применения оператора мутации получим граф $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$, соответствующий структуре потомка Z_{cn} , образующегося из графа $G_{cp} = (V_{cp}, R_{cp})$. Для решения этой задачи на начальном этапе предположим, что:

$$G_{cp} = G_{cn} \tag{19}$$

Принимая во внимание (9), на графе $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$ определяем подграфы:

$$G_{cn1}^{ak} = (V_{cn}, R_{cn}^{ak}), \quad G_{cn}^{kk} = (K_{cn}, R_{cn}^{kk}), \tag{20}$$

такие, что

$$G_{cn} = G_{cn}^{ak} \cup G_{cn}^{kk}, \quad V_{cn} = A_{cn} \cup K_{cn}, \quad R_{cn} = R_{cn}^{ak} \cup R_{cn}^{kk}, \quad A_{cn} \cap K_{cn} = \emptyset, \quad R_{cn}^{ak} \cap R_{cn}^{kk} = \emptyset, \quad V_{cn} \supset K_{cn}.$$

Из множества ребер R_{cn} выбираем случайное ребро $r_{ij} \in R_{cn}$ и удаляем его

$$R'_{cn} = R_{cn} \setminus r_{ij}. \tag{21}$$

Если данное ребро относится к классу ребер типа <абонент. узел> \rightarrow <комм. узел>, т. е. $r_{ij} \in R_{cn}^{ak}$, абонентский узел $v_i \in A_{cn}$, остающийся отключенным от сети, будем подключать к коммутационному узлу согласно следующему правилу:

$$R''_{cn} = \begin{cases} R'_{cn} \cup r_{ij} \in R_{cn}^{ak} & \text{если } \xi > 0,5, \\ R'_{cn} \cup r_{ij} \in R_{cn}^{ak} & \text{если } \xi \leq 0,5. \end{cases} \tag{22}$$

где i^* - номер абонентского узла сети $v_i \in A_{cn}$ остающийся в результате выполнения операции (16); j^* - номер коммутационного узла сети $v_j \in K_{cn}$ определенная по критерию минимум затрат $d_{ij} = \min_j \{d_{ij}^{ak}\}$, η^* - случайное натуральное число, соответствующее номеру коммутационного узла сети $v_j \in K_{cn}$, $\eta^* \in [1, n_k]$; ξ - случайное число, находящееся в интервале $[0,1]$, $\xi \in [0,1]$.

Таким же образом будут внесены изменения в *FP*- части хромосомы Z_{cn} . Если удаленного ребро относится к классу ребер типа <комм. узел> \rightarrow <комм. узел>, т. е. $r_{ij} \in R_{cn}^{kk}$, тогда в результате выполнения операции (21) в графе $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$ образуются изолированные подграфы:

$$G_{cn}^* = (V_{cn}^*, R_{cn}^*), \quad G_{cn}^{**} = (V_{cn}^{**}, R_{cn}^{**}), \tag{23}$$

такие что,

$$V_{cn} = V_{cn}^* \cup V_{cn}^{**}, \quad V_{cn}^* \cap V_{cn}^{**} = \emptyset,$$

$$V_{cn} \supset V_{cn}^*, \quad V_{cn} \supset V_{cn}^{**},$$

$$R_{cn} = R_{cn}^* \cup R_{cn}^{**} \setminus r_{ij}, \quad R_{cn}^* \cap R_{cn}^{**} = \emptyset,$$

$$V_{cn} \supset K_{cn} = K_{cn}^* \cup K_{cn}^{**}, \quad K_{cn}^* \cap K_{cn}^{**} = \emptyset$$

В таком случае изолированные подграфы соединяются следующим образом:

$$R_{cn}'' = \begin{cases} R_{cn}' \cup r_{i_k^* j_k^*} \in R_{cn}^{kk} & \text{если } \xi_k > 0,5; \\ R_{cn}' \cup r_{i_k^{**} j_k^{**}} \in R_{cn}^{kk} & \text{если } \xi_k \leq 0,5; \end{cases} \tag{24}$$

где i_k^* , j_k^* - соответственно, номера коммутационных узлов сети $v_{i_k^*} \in K_{cn}^*$ и $v_{j_k^*} \in K_{cn}^{**}$ определенные по критерию минимума затрат $d_{i_k^* j_k^*} = \min_{ij} \{d_{ij}^{kk}\}$, i_k^{**} , j_k^{**} - соответственно, случайные натуральные числа, соответствующие номерам коммутационных узлов сети $v_{i_k^{**}} \in K_{cn}^*$ и $v_{j_k^{**}} \in K_{cn}^{**}$, $i_k^{**} \in [1, n_k]$, $j_k^{**} \in [1, n_k]$; ξ_k - случайное число находящееся в интервале $[0,1]$, $\xi \in [0,1]$.

В результате выполнения данной процедуры будет внесена изменения в *SP*- частью хромосомы Z_{cn} .

Таким образом, принимая $R_{cn} - R_{cn}$, получим граф $G_{cn} = (V_{cn}, R_{cn})$, представляющий структуру новой хромосомы потомка Z_{cn} .

Рассмотренные предпосылки позволяют сделать вывод о том, что необходимо комплексное решение задач проектирования мультисервисной сети, в том числе и задач топологического проектирования на базе генетических алгоритмов. Анализ методик синтеза топологий мультисервисной сети показывает, что в качестве базовых проектирование структуры сети могут быть использованы методы определения структур: древовидной конфигурации произвольной формы, древовидной иерархической сети, а также кратчайшей связывающей сети заданной конфигурации. Сложности, которые могут возникнуть при использовании этих методик, состоят в необходимости объединения этих методик в единый комплекс, позволяющий автоматизировать процесс принятия проектного решения распределенных мультисервисных сетей.

Литература:

1. Райншке К., Ушаков И. А. Оценка надежности систем с использованием графов. — М.: Радио и связь, 1988. — 208 с.
2. Свами М., Тхуласираман К. Графк, сети, алгоритмы. М.: Мир, 1984.
3. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001.
4. Усков А. А., Кузьмин А. В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. — М.: Горячая Линия — Телеком, 2004.

Формирование опций преобразования интерактивной конструкции прямой юбки в конструкцию классических брюк

Славинская Алла Людвиговна, доктор технических наук, профессор;
Вовк Юлия Владимировна, аспирант
Хмельницкий национальный университет (Украина)

В статье представлен метод трансформации конструктивных модулей интерактивной конструкции прямой юбки в конструктивные модули базовой конструкции четырехшовных женских брюк. Рассмотрен жесткий поворот заднего тазового участка брюк с учетом изменения силуэтных прибавок.

Ключевые слова: юбка, брюки, интерактивная конструкция, опции, универсальная конструкция, конструктивный модуль.

Для обеспечения высокого уровня качества конкурентоспособности продукции швейных предприятий Украины расширяют ассортимент, учитывая значительные сокращения сроков проектирования новых моделей.

Стабильность спроса на женские поясные изделия классического кроя требует новых подходов к разработке конструкций за принципом универсальности. За покрытием основных частей тела юбку и брюки относят к одной конструктивной группе — поясная одежда. Это обосновано однотипностью формы поверхности тела на участке от линии талии до линии бедер сбоку и сзади, спереди — соответствие форм определяется выступом живота [1].

Большинство методик конструирования одежды представляют в построении конструкции детали схему наложения конструктивных модулей. За определением [2] конструктивный модуль — это унифицированный графический элемент с конкретными размерными и параметрическими характеристиками, обеспечивающий функциональную и конструктивную совместимость графических примитивов в конструкции деталей.

Для разработки универсальной конструкции была принята гипотеза о том, что универсальная конструкция базируется на конструктивных модулях базовой конструкции прямой юбки, которые трансформируются в конструктивные модули базовой конструкции четырехшовных женских брюк.

Интерактивность базовой конструкции женской прямой юбки обеспечивает жесткий алгоритм аффинного преобразования с помощью заданных прибавлений в основных конструктивных точках.

Величины прибавлений определены способом группировки базовых конструкций юбки и брюк одинакового размера, построенных по методике ЕМКО СЭВ [3].

Трансформация конструкции основных деталей юбки в конструкцию брюк базируется на использовании блочно-модульного подхода к преобразованию конструкции на трех участках: тазовом, среднем и нижнем [4].

Опции интерактивной конструкции прямой юбки, как ближайшего конструктивного прототипа для разработки конструкции женских классических брюк, сформированы приемами масштабирования в ортогональных и диаго-

нальных перемещениях основных конструктивных точек.

Способ скоростного конструирования женских брюк на основании интерактивной конструкции юбки предусматривает использование разработанных схем прибавлений в следующих этапах преобразований: определение контуров тазового участка брюк; преобразование тазового участка юбки в тазовый участок брюк используя схемы прибавлений; выполнение жесткого поворота заднего тазового участка брюк; аффинное преобразование нижнего участка юбки в средний участок брюк; модифицирование нижнего участка брюк способом присоединения к среднему участку (рис. 1).

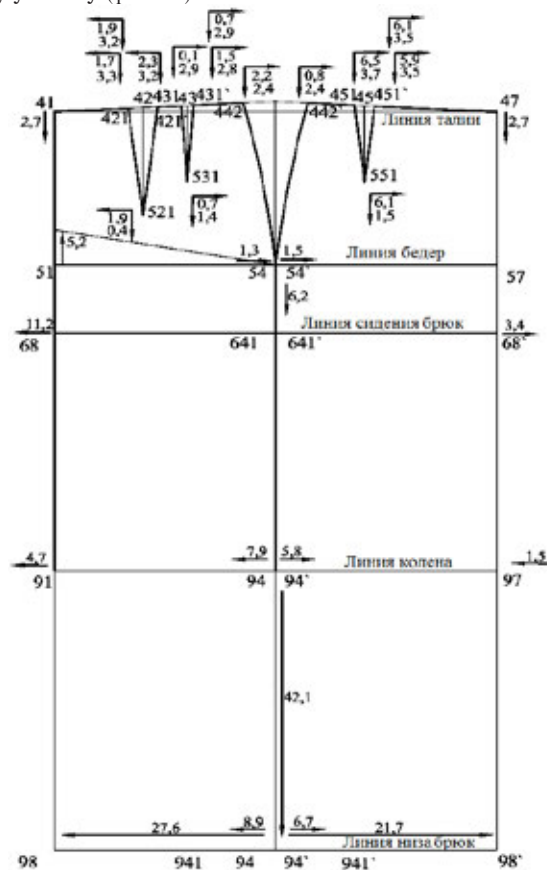


Рис. 1. Схема параметрической трансформации интерактивной конструкции женской юбки в конструкцию женских брюк на размер 158–88–96

Отличительной особенностью интерактивной конструкции является этап определения величины передне-заднего баланса брюк, путем жесткого поворота полученного тазового участка брюк при условии сохранения основных конструктивных точек (рис. 2).

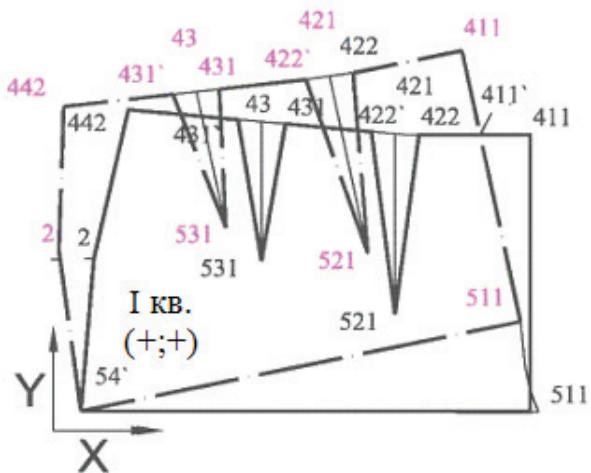


Рис. 2. Схема жесткого поворота заднего тазового участка брюк

Величина переднезаднего баланса зависит от размерных признаков — обхвата колена, обхвата бедер и силуэтных прибавок.

Экспериментальные зависимости изменений величин приращений основных конструктивных точек от заднего тазового участка брюк при жестком повороте представлены на рис. 3, 4.

Рассчитаны уравнения регрессий по оси X, Y для заднего тазового участка брюк, при которых минимальное значение коэффициента детерминации ΔX, ΔY равно 0,84, подтвердили линейную связь приращений основных конструктивных точек в размерах первой группы. С увеличением размера наблюдается тенденция к увеличению приращения по оси X в конструктивных точках на шаг: в точке 411—0,5; 0,1; 0,7; 0,1; 1,0 см, в 511—0,1; 0,1; 0,2; 0,1; 0,2 см, в 442—0,5; 0,2; 0,5; 0,4; 0,3 см, в 43—0,2; 0,1; 0,6; 0,4; 0,3 см, в 421—0,4; 0,2; 0,8; 0,4; 0,3 см.; а по оси Y — тенденция к уменьшению: в точке 411—0,6; 0; 0,9; 0,6; 0,6 см, в 511—0,6; 0,1; 1,0; 0,7; 0,6 см, в 442—0; 0,1; 0; 0,1; 0 см, в 43—0,2; 0,1; 0,2; 0,2; 0,3 см, в 421—0,4; 0; 0,7; 0,4; 0,3 см.

Методика ЕМКО СЭВ предусматривает для определения наклона заднего тазового участка брюк два условия определения прибавок на уровне колен /72–741/ и /72–742/ с учетом силуэта.

Таблица 1. Величина поворота заднего тазового участка при изменении прибавок к обхвату бедер и колена для размеров первой группы

Величины прибавок к		Величина угла поворота /51–511/, см					
Об, см	Ок, см	158–84–92	158–88–96	158–92–100	158–96–104	158–100–108	158–104–112
0	0	5,71	6,34	6,95	7,63	8,32	9,04
	0,5	5,62	6,25	6,85	7,49	8,21	8,93

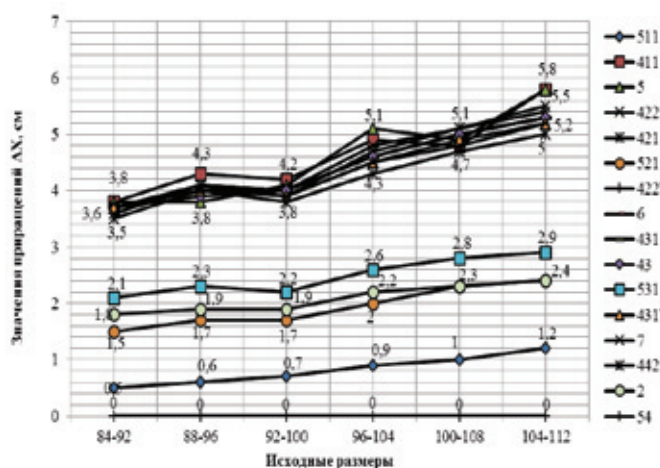


Рис. 3. Зависимости изменений величин приращений основных конструктивных точек для заднего тазового участка брюк при жестком повороте от размеров по оси X

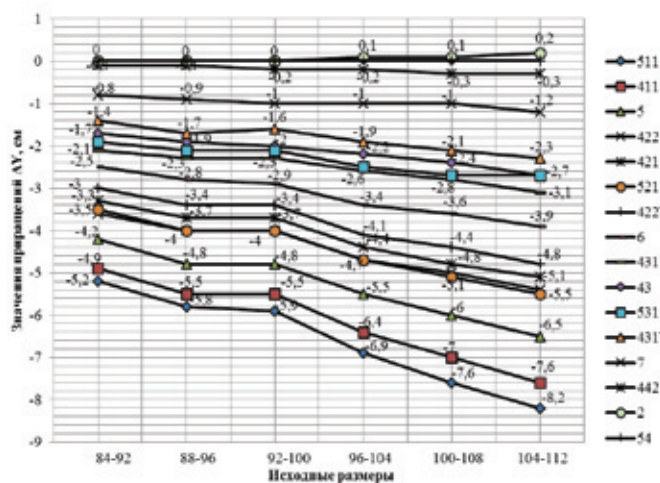


Рис. 4. Зависимости изменений величин приращений основных конструктивных точек для заднего тазового участка брюк при жестком повороте от размеров по оси Y

Исследовано поворот тазового участка с учетом изменения силуэтных прибавок. В ЕМКО СЭВ прибавка к обхвату бедер колеблется в пределах от 0 до 4,0 см, к обхвату колена — от 0 до 6,0 см, что существенно влияет на величины отрезков /52–54/, /72–742/, /72–741/. Для исследования поворота заднего тазового участка были построены чертежи с изменением прибавок на 0,5 см. Величина поворота заднего тазового участка для размеров первой группы, на примере сохранения прибавки к обхвату бедер равной нулю и вариантов прибавок к обхвату колена от 0 до 6,0 см, представлена в таблице 1.

Величины прибавок к		Величина угла поворота /51–511/, см					
Об, см	Ок, см	158–84–92	158–88–96	158–92–100	158–96–104	158–100–108	158–104–112
	1,0	5,53	6,16	6,76	7,39	8,11	8,82
	1,5	5,44	6,06	6,67	7,29	8,01	8,77
	2,0	5,35	5,97	6,56	7,19	7,9	8,61
	2,5	5,26	5,88	6,47	7,09	7,8	8,5
	3,0	5,17	5,78	6,37	6,99	7,7	8,4
	3,5	5,08	5,69	6,28	6,89	7,59	8,29
	4,0	4,99	5,6	6,18	6,79	7,49	8,18
	4,5	4,9	5,51	6,08	6,69	7,39	8,07
	5,0	4,81	5,41	5,99	6,59	7,28	7,97
	5,5	4,72	5,32	5,89	6,49	7,18	7,86
	6,0	4,63	5,23	5,79	6,39	7,08	7,75

Зависимости дисперсии ординат величин поворота /51–511/ для исследуемого диапазона прибавок обхвата бедер и обхвата колена представлено на рисунке 5 на примере размера 158–84–92.

Зависимости дисперсии ординат величин поворота /51–511/ для размерного ряда при нулевой прибавке к обхвату бедер и колена представлено на рисунке 6.

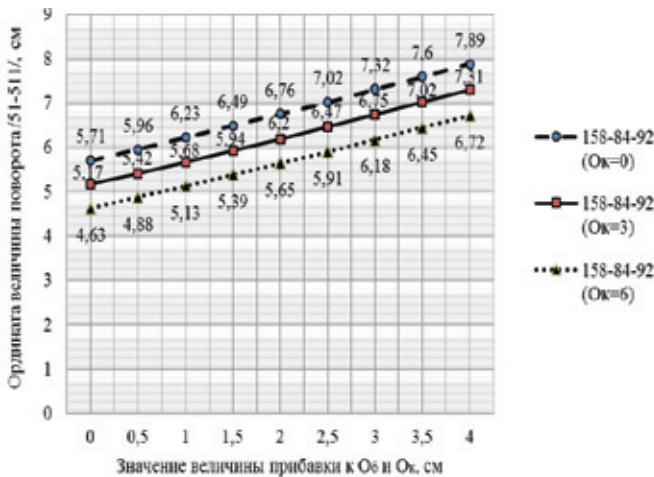


Рис. 5. Зависимость дисперсии ординаты величины вращения /51–511/ от прибавки к обхвату колена для размера 158–84–92

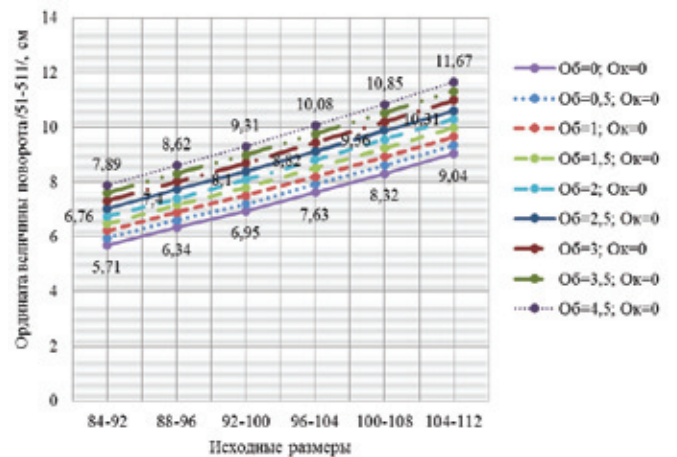


Рис. 6. Зависимость дисперсии ординаты величины вращения /51–511/ от прибавки к обхвату колена и бедер для размерного ряда 88–104

Преобразование контуров силуэтной конструкции предусматривает смещение основных конструктивных точек на величины приращений их координат, которые являются двумерными клетками клеточного пространства силуэтной конструкции.

Конечность силуэтного клеточного пространства подтверждает стабильность связей конструктивных прибавок участка поясной одежды с участками нижней части тела.

В результате исследований диапазона прибавок, по линиях талии — 1,0 (0,0÷2,0) и бедер — 2,0 (0,0÷4,0) для юбки и брюк выделены прибавки, которые дифференцированы по трем силуэтам: прилегающий *Su1*, полуприлегающий *Su2*, прямой *Su3*.

Координаты трансформации конструктивных точек тазового участка для построения цифровой модели силуэтных конструкций одежды рассчитываются по формуле:

$$MM(Go_T) = \sum_{i=1, j=1}^{I, J} G_{i, j} + \sum_{z=1}^Z PCu1 + \sum_{m=1}^M \Delta PCu1,2 + \sum_{n=1}^N \Delta PCu2,3, \tag{1}$$

где Go_T — координата трансформированной точки одежды;

$G_{i, j}$ — координата узловой точки тазовой поверхности манекена;

$PCu1$ — прибавка на $Cu1$ в конструктивной точке;

$\Delta PCu1,2$ — приращение координаты конструктивной точки между силуэтами $Cu1$ и $Cu2$;

$\Delta PCu2,3$ — приращение координаты конструктивной точки между силуэтами $Cu2$ и $Cu3$.

Выявлена линейная изменчивость силуэтов в интерактивной конструкции юбки обеспечивает трансформацию силуэтных конструкций женских брюк.

Разработанный метод параметрической трансформации интерактивной конструкции женской юбки в кон-

струкцию женских брюк обеспечивает точное построение конструкции, изменив ее на любом этапе проектирования.

Полученная интерактивная конструкция позволяет исключить проверку статического и динамического соответствия.

Литература:

1. Вовк Ю.В. Аналітичне обґрунтування універсальної конструкції жіночої спідниці і штанів / Ю.В. Вовк, А.Л. Славінська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2010. — № 2. — С. 267–270.
2. Славінська А.Л. Основи модульного проектування одягу: [монографія] / А.Л. Славінська. — Хмельницький: ХНУ, 2007. — 167 с.
3. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Базовые конструкции женской одежды, Т. 2. — М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1988. — 119 с.
4. Пат. 53834 України МПК А 41Н 1/00. Спосіб перетворення конструкції спідниці в конструкцію штанів / Ю.В. Вовк, А.Л. Славінська; заявник і патентовласник Хмельницький національний ун-тет. № 53834 заявл. 01.03.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. — 10 с.
5. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ). Теоретические основы. Т.1. — М.: ЦНИИТЭ-Илегпром, 1988. — 163 с.

Модифицирование силуэтных конструкций корсета методом трансформации моделирующего эффекта

Славинская Алла Людвиговна, доктор технических наук, профессор;
Селезнева Анна Владимировна, аспирант
Хмельницкий национальный университет (Украина)

Представлены результаты по определению критических параметров коррекции фигуры корсетом. Модифицирование силуэтных конструкций корсета выполнено методом трансформации моделирующего эффекта в виде отрицательных прибавок, которые дифференцированы для трех силуэтов. Величины перемещений конструктивных точек конструкции позволяют сократить термы ее построения.

Ключевые слова: *модифицирование, силуэтная конструкция, трансформация, моделирующий эффект, отрицательная прибавка, конструктивная точка, корсет, фигура.*

Одним из направлений, которые активно развиваются в швейной промышленности, является изготовление корсетных изделий. Современные модные тенденции в корсетных изделиях предусматривают разные варианты коррекции формы грудных желез и торса в целом как при помощи бельевого ассортимента, так и за счет корсета бытового назначения, который приобретает новое эстетическое значение.

Существенный вклад в отечественную практику конструирования бельевого корсетных изделий общего назначения внесли А.И. Антипова, З.Т. Акилова [1,2]. Исследования корсетных изделий специального назначения для профилактики и лечения заболеваний и травм опорно-двигательного аппарата, которые были проведены С.К. Лопандиной [3], Н.Л. Корниловой [4], Ю.А. Шаммут [5], показали, что перспективным для достижения моделирующего эффекта корсета являются способы коррекции

торса за счет использования деформационных свойств поверхности тела, комплексного действия давления и функциональных элементов изделия. Широкое распространение в разработке женского белья и корсетов приобрели методики «Мюллер и сын» и французская система.

Тем не менее, в разработанных методах отсутствует обоснование инженерных методов получения локальных разверток плотно прилегающих поверхностей в области грудных желез, талии и бедер. Кроме того, значения отрицательных прибавок на свободное облегание рассматриваются только в методиках конструирования корсетных изделий бельевого назначения, которые научно не обоснованы и чаще всего используются как постоянные величины для всех размеров [6].

Особенно сложным при проектировании женского корсета является обеспечение эргономичности конструкции, которое предусматривает усовершенствование

методов конструирования на базе новых материалов и технологии изготовления. Альтернативным в направлениях по разработке конструкций корсетов является использование отрицательных прибавок, установленных с использованием медицинской диагностики самочувствия женщины.

Моделирующий эффект — это величина утяжки фигуры корсетом. Утяжка фигуры по линии талии — одна из основных характеристик моделирующих корсетов и самый эффективный способ коррекции формы. За основу при исследовании влияния моделирующего эффекта корсета на степень деформации поверхности тела приняты размерные признаки фигуры, которые отражены в специальной антропометрической программе исследований.

Медицинские исследования по диагностике физиологического состояния здоровья женщины в корсете учитывают внутригрупповую изменчивость основного конструктивного размера, использованного в исследованиях поверхности манекена, который соответствует типовой фигуре женщины 158–88–96.

Исследования проводились на женщинах младшей возрастной группы, которые не имели никаких патологий опорно-двигательного аппарата и хронических заболе-

ваний, что подтверждают результаты обследования при помощи компьютерной диагностики в медико-биологической лаборатории. Для определения морфологического типа фигуры использовались ведущие размерные признаки: Р, Ог_{III}, Об, где опорной служит величина Ог_{III}=88±4 см в первой подгруппе группы малых размеров.

За результатами диагностирования выявлено, что достаточна выборка в 10 человек, которая отвечает минимальному изменению арифметической прогрессии в задаче линейного программирования численности выборки за рекомендациями [7].

Специальная антропологическая программа содержит в себе измерения обхватов, поперечных и передне-задних диаметров фигуры, а также соответствующие им моделирующие эффекты при минимальной, средней и максимальной утяжке фигуры корсетом. Измерения проводились во фронтальной и профильной проекциях при помощи сантиметровой ленты и толстого циркуля.

Результаты расчета средних арифметических величин моделирующих эффектов размерных признаков, среднеквадратического отклонения и средней ошибки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета моделирующих эффектов \bar{d} размерных признаков женщин в корсете

Размерный признак	Моделирующий эффект											
	минимальный				средний				максимальный			
	$\bar{d}, \text{ см}$	$\sigma, \text{ см}$	$\sigma_{0r}, \text{ см}$	$\alpha_{0,95r}, \text{ см}$	$\bar{d}, \text{ см}$	$\sigma, \text{ см}$	$\sigma_{0r}, \text{ см}$	$\alpha_{0,95r}, \text{ см}$	$\bar{d}, \text{ см}$	$\sigma, \text{ см}$	$\sigma_{0r}, \text{ см}$	$\alpha_{0,95r}, \text{ см}$
ОгIII	-1,3	0,483	0,153	0,346	-2,4	0,459	0,145	0,329	-3,2	0,632	0,200	0,452
ОгIV	-1,4	1,88	0,6	1,35	-1,45	1,23	0,39	0,88	-2,95	1,98	0,63	1,42
От	-2,2	0,42	0,13	0,3	-4,2	0,48	0,15	0,35	-6,9	0,74	0,23	0,53
дрIII	-0,35	1,00	0,32	0,72	-0,4	1,1	0,35	0,79	-0,35	1,29	0,41	0,92
дрIV	-0,45	0,64	0,2	0,46	-1,05	0,64	0,2	0,46	-1,75	0,42	0,13	0,3
др	-2	1,179	0,373	0,843	-3,15	1,435	0,454	1,026	-4,35	1,547	0,489	1,106
дб	-0,5	1,18	0,37	0,84	-0,7	0,48	0,15	0,35	-1,1	1,13	0,36	0,81
днзгIII	-0,95	0,69	0,22	0,49	-1,35	0,71	0,22	0,51	-1,75	0,92	0,29	0,66
днзгIV	0,2	0,26	0,08	0,18	0,35	0,58	0,18	0,41	0,65	0,78	0,25	0,56
днзг	-0,1	0,699	0,221	0,5	-0,05	0,956	0,302	0,684	0,15	1,375	0,435	0,984
днзб	-0,05	1,23	0,39	0,88	-0,35	1,33	0,42	0,95	-0,75	2,12	0,67	1,52

Анализ общего моделирующего эффекта по каждому размерному признаку проведен при помощи квантилей моделирующих эффектов.

В соответствии с [8] 95%-ным квантилем моделирующего эффекта ($d_{0,95}$) является такое числовое значение, при котором моделирующий эффект у 95% лиц генеральной совокупности не превышает значение $d_{0,95}$.

Для расчета квантилей моделирующих эффектов использованы функции линейных регрессий, описывающие зависимости среднего моделирующего эффекта от значения размерного признака:

$$\bar{d}_{x^s} = \bar{d} + r_{DX^s} \cdot (x^s - \bar{x}), \tag{1}$$

где \bar{x} — средняя арифметическая величина размерного признака, см;

\bar{d} — средняя арифметическая величина моделирующего эффекта размерного признака, см;

r_{DX^s} — коэффициент корреляции между моделирующим эффектом и соответствующим размерным признаком;

x^s — i -те значение соответствующего размерного признака, см.

Квантиль $d_{0,95}$ условного распределения моделирующего эффекта определен по формуле 2 [8]:

$$\bar{d}_{0,95} = \bar{d} x^s + u_{0,95} \cdot S_{D/x^s} \tag{2}$$

где $u_{0,95}$ — 95%-ный квантиль стандартизированного нормального распределения, $u_{0,95} = 1,645$;

S_{D/x^s} — частное среднеквадратическое отклонение. для крайних (формула 3, 5) и центральных (формула 4) Условные 95% и 50%-ные квантили были рассчитаны значений размерных признаков (табл. 2):

Таблица 2. Квантили моделирующих эффектов

Название размерного признака	Значение размерного признака		Квантили моделирующего эффекта					
			минимального		среднего		максимального	
			$d_{0,95}$	$d_{0,50}$	$d_{0,95}$	$d_{0,50}$	$d_{0,95}$	$d_{0,50}$
O Γ_{III}	$X_{cp}+2\sigma$	89,99	-1,68	-2,22	-2,60	-3,16	-2,90	-3,84
	X_{cp}	88,60	-0,74	-1,3	-1,82	-2,3	-2,27	-3,3
	$X_{cp}-2\sigma$	87,21	0,21	-0,33	-1,04	-1,60	-1,65	-2,59
O Γ_{IV}	$X_{cp}+2\sigma$	78,55	1,85	-1,19	-1,19	-1,28	0,55	-2,65
	X_{cp}	76,15	1,66	-1,38	-1,32	-1,41	0,25	-2,95
	$X_{cp}-2\sigma$	73,75	1,47	-1,57	-1,45	-1,54	-0,05	-3,25
O τ	$X_{cp}+2\sigma$	75,52	-1,20	-1,851	-1,33	-2,04	-5,99	-7,248
	X_{cp}	70,03	-1,54	-2,19	-3,51	-4,22	-5,66	-6,93
	$X_{cp}-2\sigma$	64,54	-1,87	-2,521	-5,69	-6,41	-5,34	-6,605
d Γ_{III}	$X_{cp}+2\sigma$	30,82	-3,50	-4,036	-3,34	-4,014	-3,16	-3,961
	X_{cp}	26,92	0,17	-0,36	0,26	-0,41	0,45	-0,35
	$X_{cp}-2\sigma$	23,02	3,85	3,309	3,86	3,187	4,06	3,26
d Γ_{IV}	$X_{cp}+2\sigma$	28,07	-1,22	-2,035	-2,14	-2,86	-2,02	-2,657
	X_{cp}	25,63	0,35	-0,47	-0,36	-1,08	-1,14	-1,78
	$X_{cp}-2\sigma$	23,18	1,91	1,088	1,42	0,699	-0,26	-0,902
d τ	$X_{cp}+2\sigma$	27,80	-2,53	-4,107	-2,86	-4,91	-3,46	-5,789
	X_{cp}	24,32	-0,44	-2,02	-1,10	-3,15	-2,03	-4,36
	$X_{cp}-2\sigma$	20,84	1,64	0,067	0,66	-1,39	-0,60	-2,92
d δ	$X_{cp}+2\sigma$	34,59	3,24	1,72	-2,25	-2,89	-3,39	-4,26
	X_{cp}	31,00	1,03	-0,50	-0,07	-0,70	-0,23	-1,10
	$X_{cp}-2\sigma$	27,41	-1,19	-2,72	2,12	1,49	2,94	2,07
dпз Γ_{III}	$X_{cp}+2\sigma$	26,49	-1,65	-2,51	-2,22	-3,04	-1,99	-3,20
	X_{cp}	24,10	-0,09	-0,95	-0,52	-1,35	-0,54	-1,75
	$X_{cp}-2\sigma$	21,71	1,46	0,61	1,17	0,34	0,90	-0,30
dпз Γ_{IV}	$X_{cp}+2\sigma$	21,48	0,41	-0,01	0,69	-0,23	0,99	-0,22
	X_{cp}	18,85	0,62	0,20	1,28	0,35	1,86	0,65
	$X_{cp}-2\sigma$	16,22	0,84	0,42	1,86	0,94	2,74	1,53
dпз τ	$X_{cp}+2\sigma$	19,03	1,61	0,52	2,00	0,50	2,79	0,63
	X_{cp}	17,25	0,98	-0,11	1,45	-0,05	2,31	0,15
	$X_{cp}-2\sigma$	15,48	0,35	-0,74	0,89	-0,60	1,83	-0,33
dпз δ	$X_{cp}+2\sigma$	36,09	-3,60	-4,67	-4,64	-5,43	-4,82	-5,91
	X_{cp}	30,65	1,02	-0,05	0,44	-0,35	0,34	-0,75
	$X_{cp}-2\sigma$	25,21	5,64	4,57	5,51	4,73	5,51	4,41

$$x_{min}^s = \bar{x} - 2\sigma_x, \tag{3}$$

$$x^s = \bar{x}, \tag{4}$$

$$x_{max}^s = \bar{x} + 2\sigma_x. \tag{5}$$

Таким образом, результаты исследований показали, что наибольшие значения моделирующего эффекта свойственны для размерных признаков: O Γ_{III} , O Γ_{IV} , O τ , d τ .

На рис. 1, 2, 3 представлены зависимости квантилей минимального (dI), среднего (dII) и максимального (dIII) моделирующих эффектов от значения обхватных размерных признаков.

За результатами анализа выявлено, что с увеличением обхвата груди третьего отрицательное значение моделирующего эффекта увеличивается (рис. 1), поскольку происходит сплющивание грудной железы. С увеличением размерных признаков O Γ_{IV} , O τ и d τ значение максимального моделирующего эффекта уменьшается (рис. 2, 3, 4).

Полученные регрессионные уравнения позволяют рассчитать моделирующие эффекты корсета в виде отрицательных прибавок, закладываемых в конструкцию, для размерных признаков O Γ_{III} , O Γ_{IV} , O τ . Критические параметры коррекции с учетом полнотных групп представлены в табл. 3.

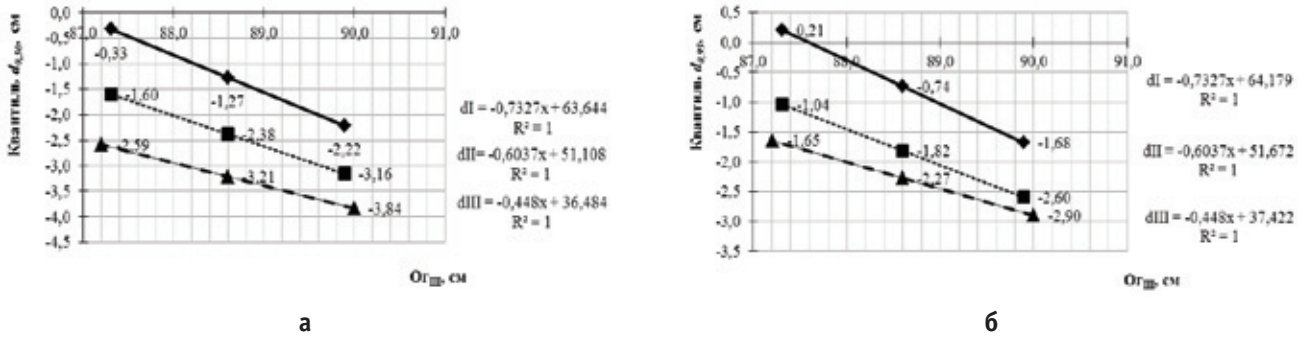


Рис. 1. Зависимость квантилей dI, dII, dIII от значения размерного признака O_{rIII}

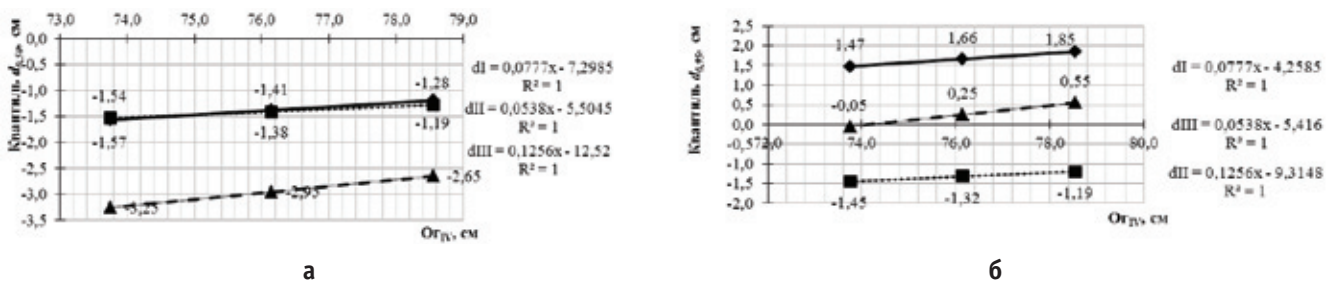


Рис. 2. Зависимость квантилей dI, dII, dIII от значения размерного признака O_{rIV}

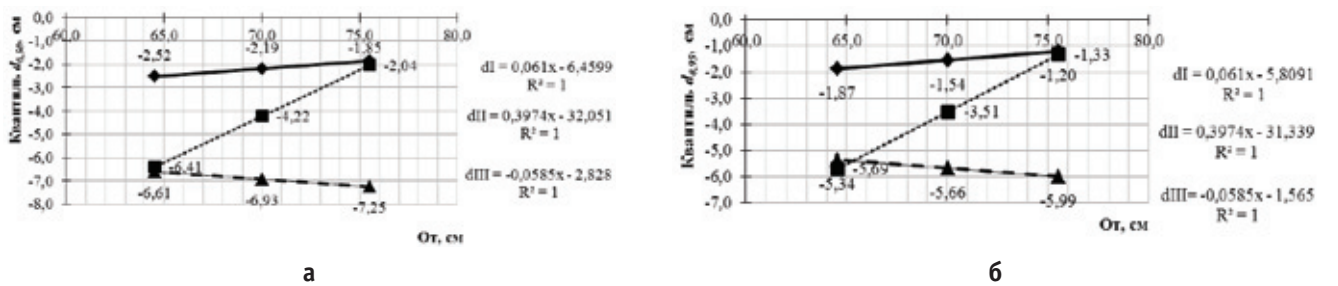


Рис. 3. Зависимость квантилей dI, dII, dIII от значения размерного признака O_r

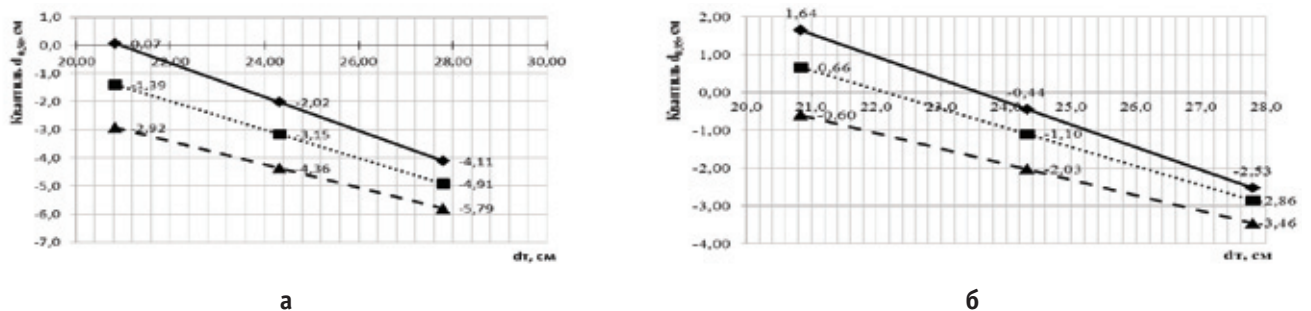


Рис. 4. Зависимость квантилей dI, dII, dIII от значения размерного признака d_t

Модифицирование матричной конструкции корсета методом трансформации моделирующего эффекта осуществляется путем наращивания величин силуэтных прибавок, соответствующих разной степени утяжки фигуры корсетом. На основе проведенных исследований, в которых рассматривалось три степени утяжки (макси-

мальная, средняя и минимальная), выделено три силуэта корсета: плотно прилегающий $С_{и01}$, прилегающий $С_{и02}$ и полуприлегающий $С_{и1}$.

В плотно прилегающем силуэте конструктивная прибавка равна величине максимального моделирующего эффекта $PC_{Ti}(C_{и01})=dIII$, в прилегающем — среднего

Таблица 3. Вариативная таблица для определения критических параметров коррекции для типовых фигур 88–96 I и II полнотой групп

Размер типовой фигуры	Критические величины моделирующего эффекта, см																	
	I полнота									II полнота								
	минимальный			средний			максимальный			минимальный			средний			максимальный		
	О _{ГIII}	О _{ГIV}	О _Г	О _{ГIII}	О _{ГIV}	О _Г	О _{ГIII}	О _{ГIV}	О _Г	О _{ГIII}	О _{ГIV}	О _Г	О _{ГIII}	О _{ГIV}	О _Г	О _{ГIII}	О _{ГIV}	О _Г
84	-	-1,7	-2,6	-0,5	-1,8	-6,4	-1,0	-3,4	-7,2	-	-1,6	-2,5	-0,5	-1,7	-5,8	-1,0	-3,5	-6,6
88	-2,0	-1,4	-2,4	-2,5	-1,5	-4,7	-3,0	-3,0	-5,5	-2,0	-1,3	-2,3	-2,5	-1,4	-6,0	-3,0	-3,0	-6,8
92	-3,0	-1,1	-2,2	-4,5	-1,2	-3,0	-5,0	-2,6	-3,8	-3,0	-1,0	-1,8	-4,5	-1,1	-6,2	-5,0	-2,7	-7,0
96	-5,0	-0,8	-2,0	-6,5	-0,9	-1,3	-7,0	-2,2	-2,1	-5,0	-0,7	-1,6	-6,5	-0,8	-6,4	-7,0	-2,4	-7,2

моделирующего эффекта $PC_{Ti} (Cи_{01})=dII$, в полуприлегающем — минимального моделирующего эффекта $PC_{Ti} (Cи_{01})=dI$.

Исходя из того, что проектирование одежды предусматривает построение половины конструкции, отрица-

тельная прибавка для силуэтной конструкции составляет половину величины моделирующего эффекта.

За результатами исследований сформирована система рациональных отрицательных прибавок для трех силуэтов (табл. 4).

Таблица 4. Рациональные отрицательные конструктивные прибавки на свободное облегание для корсета

Название силуэта	Обозначение силуэта	Прибавка по линии О _{ГIII}	Прибавка по линии О _{ГIV}	Прибавка по линии О _Г
		PCO _{ГIII} , см	PCO _{ГIV} , см	PCO _Г , см
Плотно прилегающий	Cи ₀₁	-3,0	-3,0	-6,0
Прилегающий	Cи ₀₂	-2,5	-1,4	-4,0
Полуприлегающий	Cи ₁	-2,0	-1,3	-2,0

Оптимизация конструктивных параметров матричной конструкции женского корсета выполнена на основе синтеза шести методик конструирования за «компромис-

сными» величинами, которые определены по величине минимального отклонения от измерений средневзвешенной конструкции (рис. 5).

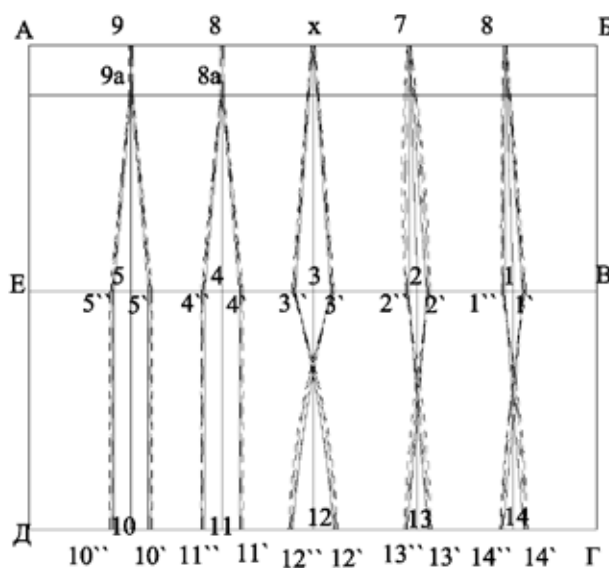


Рис. 5. Силуэтная трансформация оптимальной конструкции женского корсета:

- Оптимальная конструкция Cи₀₁;
- Силуэтная конструкция корсета Cи₀₂;
- · - · - Силуэтная конструкция корсета Cи₀₂;
- - - Силуэтная конструкция корсета Cи₁

Полученные конструкции, в основу которых закладывается разная величина утяжки, совмещены по основным линиям ориентации: по горизонтали — линия талии, по вертикали — линия середины переда. Силуэтная трансформация выполнена при помощи линейных геометрических преобразований графического изображения деталей конструкции за принципом аффинного сдвига. Величины и направление перемещений конструктивных точек определены на основе комплексных чертежей конструкции. За счет величин перемещений при силуэтной трансфор-

мации, а также их равномерного распределения сокращаются термины построения конструкций женского корсета при переходе от $С_{и_{\text{онт}}}$ → $С_{и_{01}}$ → $С_{и_{02}}$ → $С_{и_1}$.

Таким образом, впервые определены критические параметры коррекции фигуры корсетом, установленные на основе диагностики самочувствия потребителя. Величины отрицательных прибавок дифференцированы для трех силуэтов, соответствующих минимальному, среднему и максимальному моделирующим эффектам на разных конструктивных поясах фигуры с учетом ее морфологического типа.

Литература:

1. Антипова А. И. Конструирование и технология корсетных изделий: Учебник для кадров массовых профессий / А. И. Антипова. — М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. — 160 с.
2. Акилова З. Т. Проектирование корсетных изделий / З. Т. Акилова. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 168 с.
3. Лопандина С. К. Инновации в проектировании женских корсетных изделий / С. К. Лопандина, М. П. Ивкин // Швейная промышленность. — 2005. — № 6. — С. 22.
4. Корнилова Н. Л. 3D — Проектирование корсетных изделий [Электронный ресурс] / Н. Л. Корнилова // Модное белье — 2009. — № 36. — Режим доступа: <http://www.modnoe.ru>
5. Шаммут Ю. А. Совершенствование процессов конструкторско-технологической подготовки производства корсетных изделий специального назначения: автореферат на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.19.04 «Технология швейных изделий» / Ю. А. Шаммут. — И.: — 2005. — 20 с.
6. Андреева Е. Г. Воздействие корсетных изделий на изменение размерных признаков фигур женщин / Е. Г. Андреева, Н. В. Чинова, А. В. Шпачкова // Швейная промышленность. — 2012. — № 1. — С. 39–40.
7. Славінська А. Л. Методи і способи антропометричних досліджень для проектування одягу: [монографія] / А. Л. Славінська. — Хмельницький: ХНУ, 2012. — 191 с.
8. Дунаевская Т. Н. Размерная типология населения с основами анатомии и морфологии: учеб. пособие для студ. учреждений сред. профобразования / Т. Н. Дунаевская и др. под ред. Е. Б. Кобляковой. — М.: Мастерство; Академия, 2001. — 288 с.

Импregnирование абразивных кругов

Степанов Евгений Викторович, студент
Тамбовский государственный технический университет

Рассматриваются вопросы импregnирования шлифовальных кругов с целью повышения их эксплуатационных свойств.

Ключевые слова: абразивный инструмент, пористость, импregnатор, пропитка.

Известны следующие методы повышения эксплуатационных свойств абразивных инструментов на стадии подготовки: заполнение пор импregnаторами; создание прерывистой рабочей поверхности инструментов; спецтермообработка, в том числе в криогенных средах. Для этой же цели на стадии эксплуатации абразивных инструментов используют: специальные смазочно-охлаждающие жидкости, наложение колебаний, твердые смазки. Из перечисленных методов повышения эксплуатационных свойств наиболее легкодоступными и экономичными являются пути, связанные с усовершенствованием готового стандартного абразивного изделия, а именно — импregnирование [1].

Схема применения импregnаторов для различных целей при шлифовании представлена на рис. 1.

Укрупненный блок операций А (блоки 2–12) раскрывает последовательность действий в способах импregnирования жидкими и твердыми импregnаторами с целью изготовления правящих (блок 10), шлифовальных (блок 11) и упрочняющих (блок 12) абразивных инструментов [2].

Также используют импregnаторы в виде твердых брусков для нанесения смазки на рабочую поверхность круга непосредственно в процессе шлифования (Рис. 1, блоки 13–15). В качестве твердых смазок применяют: неорганические материалы типа дисульфида молибдена, графита, гексагонального нитрида бора; органические ма-

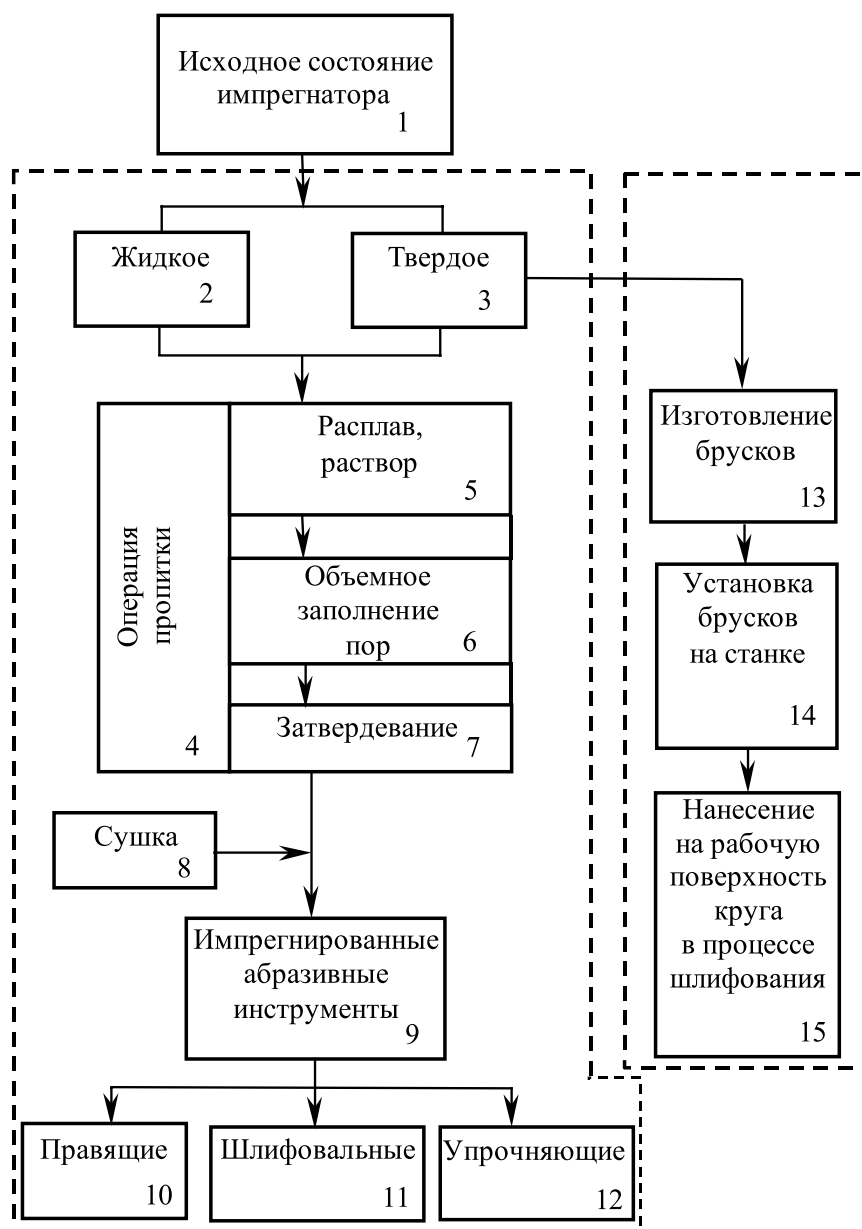


Рис. 1. Схема применения импрегнаторов

териалы типа политетрафторэтилена и др. Нанесение твердых смазок на рабочую поверхность круга в процессе шлифования требует разработки и изготовления брусков, а также специальных приспособлений для их закрепления на станке.

Технология заполнения пор абразивных инструментов жидкими импрегнаторами (Рис. 1, блоки 5–9) определяется физическими свойствами последних, а эффективность инструментов при эксплуатации определяется химическими свойствами импрегнаторов

[3–5]. Импрегнатор оказывает полифункциональное действие. С одной стороны, повышая твердость, жесткость и прочность круга, он способствует лучшему закреплению абразивных зерен. С другой стороны, выступая в роли внутренней смазки, охлаждения и демпфера он автоматически превращает круг в самосмазывающийся,

высокотеплопроводный и хорошо демпфирующий колебания инструмент, что снижает интенсивность фрикционных, тепловых и колебательных процессов при шлифовании [6–8].

Исследование пропитки пор абразивных кругов жидкими импрегнаторами основан на знании точных структурных характеристик кругов. Структура абразивного инструмента характеризуется соотношением объемов абразивных зерен, связки и пор. Система регулирования структур основана на сохранении равенства:

$$V_z + V_c + V_n = 100\%,$$

где V_z — объем зерна, V_c — объем связки, V_n — объем пор.

Изменяя объем зерна (V_z) и связки (V_c), получают абразивные инструменты различной твердости с тем или другим объемом пор.

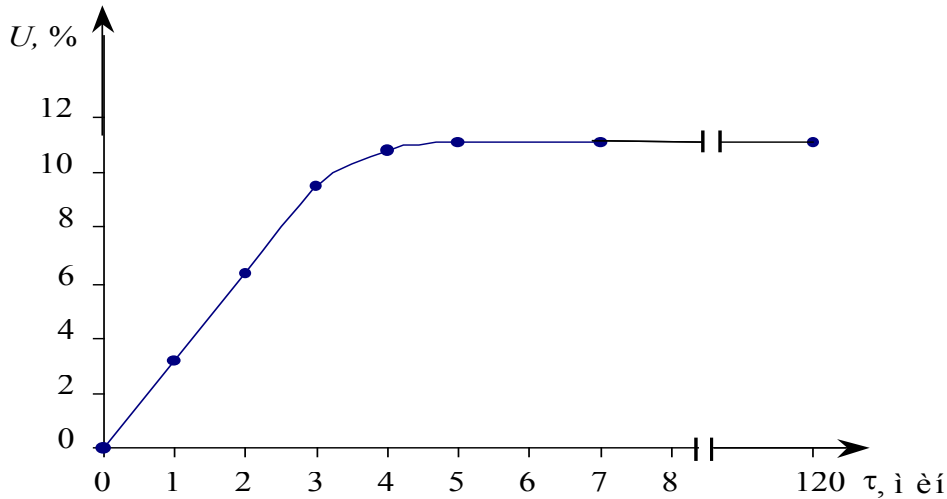


Рис. 2. Кривая пропитки абразивного круга марки 25A16CT25KB3

Определяющим параметром структуры является объем зерна — V_z . С увеличением на один номер структуры объем зерна уменьшается на 2%, расстояния между зернами и размер отдельных пор увеличивается, однако для сохранения одинаковой твердости инструмента объем связки также увеличивается на 2% (значение объема пор V_n остается неизменным). Соотношения объемов зерна и связки, при соблюдении которых в процессе производства получают абразивные инструменты различной твердости с тем или другим объемом пор, приведены в работе [5].

Таким образом, абразивные инструменты одинаковой зернистости и твердости, но разных структур, различаются между собой по степени сближения абразивных зерен. Принято называть структуры от № 1 до № 4 закрытой (плотной), от № 5 до № 8 — средней, от № 9 до № 16 — открытой. Чем больше номер структуры, тем больше расстояние между зернами, т. е. инструмент будет иметь более открытую структуру.

Авторами была проведена серия экспериментов по определению открытой пористости абразивных кругов, используемых в машиностроении. Опыты проводились с кругами из электрокорунда белого на керамической связке типа ПП с зернистостью от 16 до 40, твердостью от М до СТ2 и номерами структур 5 и 6.

Открытая пористость абразивных кругов определялась весовым методом при пропитке образцов водой под вакуумом. Методика проведения экспериментов была следующей. Из абразивного круга выкалывали образцы, которые подсушивали и термостатировали при комнатной температуре в бюксах. Затем образцы взвешивали на аналитических весах, пропитывали под вакуумом дистиллированной водой и вновь взвешивали. Открытую пористость определяли по объему воды, которая заполняла поры. Исследования показали, что полученные ре-

зультаты хорошо коррелируются с литературными данными [2–4].

Исследования показали, что открытая пористость кругов изменялась в пределах от 32 до 42%. Существенным оказалось то, что образцы, взятые из периферийной области круга, имеют пористость на 6% больше, чем образцы из области, расположенной ближе к посадочному отверстию [3].

Во второй серии опытов, исследуемые образцы подвергали пропитке дистиллированной водой при атмосферном давлении. Эксперименты свидетельствуют, что около 15% открытых пор не пропитываются водой под атмосферным давлением (по сравнению с пропиткой под вакуумом).

Опыты по кинетике пропитки образцов водой при атмосферном давлении показали, что открытые поры абразивного круга марки 25A16CT25KB3 максимально насыщаются за первые пять минут. Наибольшая скорость насыщения наблюдается в первые три минуты (рис. 2).

Приведенная выше кривая позволяет рассчитать скорость пропитки абразивного круга данной структуры уравнением:

$$W = 1,915 \times \tau,$$

где $W = \frac{dU}{d\tau}$, W — скорость пропитки, U — влажность, τ — время.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

При обработке абразивных кругов импрегнаторами, адгезионно-кагезионные свойства которых аналогичны воде, периферийная (по радиусу) область круга, возможно, будет иметь больше пропиточного материала, чем область расположенная ближе к посадочному отверстию. Следовательно, область круга с большим количеством импрегнатора будет иметь большую стойкость при его эк-

сплуатации, чем круг в целом. Кроме того, несмотря на высокую скорость пропитки абразивного материала при атмосферном давлении, значительное количество пор не

заполняется импрегнатором. Поэтому необходимо экономически обосновать пропитку абразивных кругов импрегнатором под вакуумом [9–10].

Литература:

1. Оробинский В. А. Абразивные методы обработки и их оптимизация. — М.: Машиностроение, 2000. — 314 с.
2. Островский В. И. Импрегнированный абразивный инструмент: Обзор. — М: НИИМаш, 1983. — 72 с.
3. Чурилин А. В. Кинетика и аппаратурно — технологическое оформление процессов пропитки и сушки абразивного инструмента: Дис... канд. техн. наук. — Тамбов, 2004. — 223 с.
4. Муцянюк В. И. Основы выбора шлифовальных кругов и подготовка их к эксплуатации. — Л.: Машиностроение. 1997. — 133 с.
5. Попов С. А. Шлифование высокопористыми кругами / С. А. Попов, Р. В. Ананьян. — М.: Машиностроение. 1980. — 77 с.
6. А.С. № 1604590 (СССР), МКИ В24Д 3/34 Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда / Н. Ф. Майникова, С. М. Опарин, Ю. В. Воробьев и др. (СССР). № 4458728 / 31–08. Оpubл. 07.11.90 // Открытия и изобретения. 1990. № 41.
7. А.С. № 1726222 (СССР), МКИ В24Д 3/34 Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда / Н. Ф. Майникова, С. М. Опарин, Ю. В. Воробьев, В. А. Роцин (СССР). № 4872268. Оpubл. 01.08.90 // Открытия и изобретения. 1992. № 14.
8. Исследование взаимного влияния динамически контактирующих абразивов. полимеров и металлов на их поверхностное диспергирование / Майникова Н. Ф., Жуков Н. П., Рогов И. В. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 1997. Т.3 № 3 — С. 298–305.
9. Майникова Н. Ф. Модифицирование абразивного корундового инструмента поверхностно-активными веществами // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 1998. Т. 4. — № 1. — С. 91–97.
10. Патент РФ № 2284895, МКИ В24Д 3/34 Способ импрегнирования абразивного инструмента / Майникова Н. Ф., Жуков Н. П., Дмитриев В. М., Чурилин А. В. // Открытия и изобретения, 2006. № 28.

Влияние стартовых культур на вторичное сырье животного происхождения

Тарасова Ирина Викторовна, аспирант;

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Зинина Оксана Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Ребезов Ярослав Максимович, студент;

Полтавская Юлия Андреевна, студент;

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (Челябинск)

При современном уровне развития мясной отрасли решение основной задачи по увеличению объемов производства и расширения ассортиментов высококачественной, безопасной продукции с длительными сроками хранения, конкурентоспособной связано с развитием пищевой биотехнологии и уровнем использования ее принципов в конкретных технологиях мясопродуктов [1–7]. Эффективным инструментом решения данной конкретной в технологическом, экономическом и социальном направлениях проблемы является применение принципов биомодификации мясного сырья. Используемые принципы направлены на регулирование хода биохимических, физико-химических и микробиологических процессов, в результате которых формируются основные характеристики готового продукта: вкус, цвет,

запах, структура, консистенция, нежность [8–13]. На настоящий момент разработано множество методов биомодификации мясного сырья. Большинство из этих методов хорошо изучены и достаточно обширно применяются на практике [14–17]. Например, методы переработки коллагенсодержащего сырья, основанные на химическом и термическом воздействиях на соединительную ткань. Данные методы являются достаточно трудными и энергоемкими процессами, а также оказывают негативное воздействие на мышечную и жировую ткани, ухудшают органолептические показатели готовых изделий. В случае химического метода биомодификации возникает дополнительная необходимость в удалении химических реактивов. Также существуют наиболее перспективные и малоизученные способы улучшения свойств сырья, как

например, ферментативная обработка. Ферментативные способы обработки подразумевают обработку сырья ферментными препаратами (животного и растительного происхождения) и стартовыми культурами. Недостатками обработки ферментными препаратами являются: узкий ассортиментный ряд, высокая стоимость предлагаемых препаратов, преобладание препаратов импортного производства.

Наибольший научный и практический интерес проявляют к применению стартовых культур. Микроорганизмы с пробиотическими свойствами способствуют получению готового продукта стабильного качества, глубокой переработке основного и вторичного сырья, реализации технологических режимов в естественных диапазонах температур, pH и давления среды, с минимальными затратами материальных и энергоресурсов. Действие микроорганизмов основано на образовании органических кислот, ферментов, витаминов и других веществ, способствует улучшению санитарно-микробиологических, органолептических показателей готового продукта, а также позволяет интенсифицировать процесс производства. К одним из наиболее перспективных микроорганизмов для обработки коллагенсодержащего сырья относят бифидобактерии и пропионовокислые бактерии.

Особое внимание привлекают бифидобактерии, так как они обладают уникальными свойствами и широко используются в мясной и молочной промышленности.

В настоящее время установлено, что бифидобактерии являются преобладающим компонентом кишечной системы, составляя в среднем до 90% общего числа микроорганизмов. Именно бифидобактерии улучшают процессы всасывания и гидролиза жиров, участвуют в белковом и минеральном обмене, а также обладают высокой антагонистической активностью по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам. В 1935 г. впервые была обнаружена витаминообразующая функция бифидобактерий. Впоследствии эти свойства были подтверждены рядом исследователей. Бифидобактерии синтезируют витамины группы B (B_1 , B_2 , B_6 , B_{12}), фолиевую кислоту, витамин K и др. Пропионовокислые бактерии являются обособленной группой микроорганизмов, давно привлекающих к себе внимание во всем мире. Эти бактерии способны к синтезу ряда практически важных веществ: большого числа аминокислот, значительного количества жирных кислот, липидов, фосфолипидов и ферментов.

Анализируя пропионовокислые и бифидобактерии по наличию полезных свойств, биохимическим особенностям и благоприятному влиянию на технологические процессы можно сделать вывод о перспективности их использования при создании мясных функциональных продуктов. В процессе разработки нового продукта особое внимание уделяется достижению положительного эффекта от использования сырья и обогащающих компонентов. При этом необходимо рационально использовать

все имеющееся мясное сырье. Это приведет к значительному сокращению существующего на данный момент дефицита пищевого белка и позволит внедрить на производство безотходные технологические процессы. Данные аспекты находятся в основе технического перевооружения производства за счет применения современного технологического оборудования и приемов, обеспечивающих комплексную переработку сырья и высокое качество готовой продукции, а также позволят исключить или существенно снизить вредное воздействие на окружающую среду [19–22].

Особенности использования вторичного сырья животного происхождения в производстве мясных функциональных продуктов заключаются в ряде ограничений, основанных на функциональных особенностях данного сырья. При этом использование коллагенсодержащего сырья ведет к расширению ассортимента продукции мясной отрасли и улучшению экологического состояния прилегающих к мясоперерабатывающим предприятиям зон, к значительному уменьшению количества отходов производства, и как следствие значительному повышению рентабельности колбасного производства.

Непосредственное использование коллагенсодержащего сырья, например, субпродуктов II категории и малоценных отходов мясоперерабатывающих предприятий при производстве пищевых продуктов нерационально из-за очень слабой перевариваемости коллагеновых белков. Трудоемкость их выделения и целесообразность использования тесно связаны с особенностями гистоморфологического строения и химическим составом тканей. В то же время применение коллагена ограничено из-за отсутствия достаточной научной базы, обосновывающей нетрадиционные технические решения, разработку технологий производства и использования коллагеновых масс.

В последние годы ученые многих стран, в том числе и российские: Антипова Л. В., Апраксина С. К., Журавская Н. К., Жаринов А. И., Крылова В. Б., Кудряшов Л. С., Митасева Л. Ф., Рогов И. А., Токаев Э. Г., Хорольский В. В. и др., направляют свои усилия на создание комбинированных мясных продуктов, в том числе и с использованием коллагенсодержащего сырья. Решением проблемы ограниченного применения коллагенсодержащего мясного сырья является возможность его биомодификации заквасками микроорганизмов.

В этой связи целью нашей работы является теоретическое обоснование и исследование микроструктуры, органолептических, функционально-технологических (ВСС, СЭ, ЭС), физико-химических (белок, жир, влага, зола) показателей вторичного сырья животного происхождения биомодифицированного заквасками микроорганизмов и разработка технологии производства нового колбасного изделия на основе данного сырья.

На данном этапе исследований был проведен патентно-литературный обзор. Сделан анализ собранных данных в процессе обзора, на основе которого дано теоретическое обоснование применения пропионовокислых

и бифидобактерий для модификации коллагенсодержащего сырья. На основе выбранного способа биомодификации разработаны белковые коллагеновые композиции и в настоящее время проводятся исследования показателей качества.

Для определения эффективности применения заквасок бактерий с целью улучшения структурно-механических характеристик сырья проведены исследования микроструктуры опытных образцов. В качестве объекта исследования были выбраны коллагенсодержащие субпродукты крупного рогатого скота. Исследование микроструктуры образцов проводили после обработки заквасками бифидобактерий и пропионовокислых бактерий, а также контрольного образца. В результате проведенных исследований установлено, что процесс биомодификации сопровождается положительными разрушениями молекул коллагена и накоплением продуктов жизнедеятельности молочнокислых культур. На

гистопрепаратах из тканей субпродуктов, обработанных пропионовокислыми бактериями, картина морфоструктурных изменений заметна, но выражена незначительно, по сравнению с пробой, обработанной бифидобактериями и пробами контроля. Таким образом, по результатам проведенных микроструктурных исследований можно сделать вывод о том, что для проведения биомодификации целесообразнее коллагенсодержащее сырье обрабатывать заквасками бифидобактерий.

На сегодняшний день продолжают исследования по данной теме, проверяются необходимые показатели качества. В дальнейшем планируется разработать ресурсо- и энергосберегающие технологии, позволяющие получить новые мясные биопродукты на основе низкосортного сырья с высокой пищевой и биологической ценностью, которые будут максимально удовлетворять потребности населения в качественных и экологически безопасных продуктах питания с низкой себестоимостью.

Литература:

1. Наумова Н.Л. Микроэлементный статус челябинцев как обоснование развития производства обогащенных продуктов питания / Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 4–1. С. 196–200.
2. Ребезов М.Б. Экология и питание. Проблемы и пути решения. / Ребезов М.Б., Наумова Н.Л., Альхамова Г.К., Лукин А.А., Хайруллин М.Ф. // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 8–2. С. 393–396.
3. Ребезов М.Б. Изучение отношения потребителей к обогащенным продуктам питания. / Ребезов М.Б., Наумова Н.Л., Хайруллин М.Ф., Альхамова Г.К., Лукин А.А. // *Пищевая промышленность*. 2011. № 5. С. 13–15.
4. Ребезов М.Б., Определение потребностей потребителей / М.Б. Ребезов, К.Е. Трапезникова, Е.С. Вайсқрובה // *Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов*. — Кемерово: КемТИП, 2008. — Вып. 15. — С. 104–106.
5. Зинина О.В. Полуфабрикаты мясные рубленые с ферментированным сырьем / О.В. Зинина, М.Б. Ребезов, С.А. Жакслыкова, А.А. Солнцева., А.В. Чернева // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. — 2012. — № 3. — С. 19–25.
6. Тарасова И.В. Оценка полуфабрикатов мясных рубленых/ И.В. Тарасова, М.Б. Ребезов // *Экономика и бизнес. Взгляд молодых: мат. междунар. заоч. научн.-практ. конф. молодых ученых*. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. — С. 301–303
7. Ребезов М.Б. Разработка мясных полуфабрикатов с заданными функциональными свойствами/ М.Б. Ребезов, Е.Ю. Кожевникова // *Пищевая промышленность: состояние, проблемы, перспективы: мат. междунар. научн.-практ. конф.* — Оренбург: ОГУ, 2009. — С. 181–183.
8. Антипова Л.В. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности. / Антипова Л.В., Глотова И.А. — СПб: ГИОРД, 2006. — 384 с.
9. Машенцева Н.Г. Функциональные стартовые культуры в мясной промышленности. / Машенцева Н.Г., Хорольский В.В. — М.: ДеЛи принт, 2008. — 336 с.
10. Ребезов М.Б. Использование стартовых культур при формировании качества мясопродуктов/ М.Б. Ребезов, М.Ф. Хайруллин // *Проблемы развития АПК Саяно-Алтая: мат. межрегион. научн.-практ. конференции*. — Абакан: КрГАУ, 2009. — С. 74–76
11. Ребезов М.Б. Особенности применения ферментных препаратов/ М.Б. Ребезов, Г.К. Альхамова, А.А. Лукин // *Биотехнология растительного сырья, качество и безопасность продуктов питания: мат. всерос. научн.-практ. конференции*. — Иркутск: ИрГТУ, 2009. — С. 17–19
12. Ребезов М.Б. Практическое применение микробных препаратов в мясной промышленности/ М.Б. Ребезов, М.Ф. Хайруллин, А.А. Лукин // *Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане: мат. III междунар. научн. конференции*. — Алматы: Жибек жолы, 2009. — С. 372–373
13. Ребезов М.Б. Сравнительная оценка воздействия ферментных препаратов различного происхождения на коллагенсодержащее сырье / М.Б. Ребезов, А.А. Лукин, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. — 2011. — № 5 (10). — С. 28–36.

14. Зинина О.В. Технологические приемы модификации коллагенсодержащих субпродуктов / О.В. Зинина, М.Б. Ребезов // Мясная индустрия. — 2012. — № 5. — С. 34–36.
15. Тарасова И.В. Использование коллагенсодержащего сырья животного происхождения при производстве мясного биопродукта/ И.В. Тарасова, М.Б. Ребезов, О.В. Зинина, Я.М. Ребезов // Сборник научных трудов SWorld: по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013». — Том 4. — № 1. — Одесса: Куприенко, 2013. — С. 46–50.
16. Тарасова И.В. Современное развитие способов обработки вторичного сырья животного происхождения/ И.В. Тарасова, М.Б. Ребезов // Качество продукции, технологий и образования: мат. VIII междунар. научн.-практ. конф. — Магнитогорск: МГТУ, 2013. — с. 103–105.
17. Ребезов М.Б. Изменение соединительной ткани под действием ферментного препарата и стартовых культур / М.Б. Ребезов, А.А. Лукин, М.Ф. Хайруллин, М.Л. Лакеева, С.Г. Пирожинский, А.О. Дуць, Я.М. Ребезов // Вестник мясного скотоводства. — 2011. — Т. 3. — № 64. — С. 78–83.
18. Зинина О.В. Влияние биотехнологической обработки на микроструктуру коллагенсодержащего сырья / О.В. Зинина, И.В. Тарасова, М.Б. Ребезов // Всё о мясе. Научно-технический и производственный журнал. — 2013. — № 3. — С. 41–43.
19. Тарасова И.В. Подбор микроорганизмов для обработки коллагенсодержащего сырья/ И.В. Тарасова, М.Б. Ребезов // Научное обеспечение инновационного развития животноводства: мат. XX междунар. научн.-практ. конф. — Жодино: Издатель — Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2013. — С. 470–472.
20. Ребезов М.Б. Особенности использования стартовых бактериальных культур в производстве мясопродуктов/ М.Б. Ребезов, А.А. Соловьева, О.В. Зинина // Техника и технология пищевых производств: мат IX междунар. научн.-технич. конф. (25–26 апреля 2013 г). — Могилев: МГУП, 2013. — С. 170
21. Зинина О.В. Изменение микроструктуры рубца в процессе ферментной обработки/ О.В. Зинина, М.Б. Ребезов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — № 88. — С. 119–128.
22. Соловьева А.А. Использование коллагенсодержащего сырья животного происхождения при производстве мясного биопродукта/ А.А. Соловьева, О.В. Зинина, И.М. Б. Ребезов, М.Л. Лакеева // Сборник научных трудов SWorld: по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013». — Том 4. — № 1. — Одесса: Куприенко, 2013. — С. 46–50.

Опыт развития инновационной инфраструктуры (на примере Пензенской области)

Фадеева Галина Дмитриевна, доцент;

Гарькин Игорь Николаевич, аспирант;

Железняков Леонид Алексеевич, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

На примере Пензенской области, опыт создания необходимой инфраструктуры для ведения инновационной деятельности. Отмечается роль инфраструктуры для ведения успешной конкурентоспособной коммерческой деятельности на основе инновационных разработок.

Ключевые слова: инновации, инфраструктура, государственная поддержка, бизнес-инкубатор, технопарк.

В настоящее время становится очевидным, что повышение конкурентоспособности регионов возможно только через развитие инновационной деятельности. Важнейшим направлением развития и стимулирования инновационной деятельности является создание инновационной инфраструктуры [1].

Правительство Пензенской области в течение нескольких последних лет активно формирует региональную

инновационную систему взяв за основу комплексный подход. Она включает в себя элементы поддержки инноваций от рождения идеи до её коммерциализации.

Научными исследованиями и разработками занимаются 23 специализированные организации, численность работников которых составляет около 7 тыс. человек. Рост объёма выполненных научных работ за последние 4 года составил более 40%. Количество созданных и ис-



Рис. 1. Площадь существующих бизнес-инкубаторов и кол-во их резидентов

пользуемых в области объектов интеллектуальной собственности ежегодно увеличивается в среднем на 10%.

Особый упор правительства Пензенской области был сделан на создание и развитие инновационной инфраструктуры. За относительно короткий период времени была открыта сеть бизнес-инкубаторов, как в г. Пенза, так и в районах области. В Пензенской области функционируют 36 бизнес-инкубаторов, их общая площадь 32 365,25 кв.м., в том числе:

- 11 областных бизнес-инкубаторов (26 209 кв.м.)
- 25 муниципальных бизнес-инкубаторов (6 156,25 кв.м.)

Общее число резидентов — 235, арендовано 700 рабочих мест. На диаграмме (Рис. 1), показана площадь существующих бизнес-инкубаторов и кол-во их резидентов [2].

Резидентам бизнес-инкубаторов предоставляется в аренду помещения и офисное обслуживание на льготных условиях, оказывается консультативная помощь начинающим малым предприятиям и т.д. Так же часть бизнес инкубаторов располагает своей производственной базой, которой могут пользоваться резиденты бизнес-инкубаторов. Для более лучшей доступности сейчас ведутся работы по созданию филиалов бизнес-инкубаторов на территории университетов г. Пензы.

Особую гордость Пензенской области (в сфере инновационных технологий) представляют собой два технопарка:

1. Технопарк «Яблочков» специализирующийся на приборостроении, микро- и нанoeлектронике, IT-технологиях, материаловедение (в настоящее время насчитывает 11 резидентов).

2. Пензенский Универсальный Технопарк Инновационных Нанотехнологий (П.У.Т.И.Н) в настоящее время готов на 98%, его резиденты будут, иметь специализацию

на изготовление высокотехнологичных изделий медицинского назначения.

Технопарки так же создаются при Пензенских университетах, в них представители ВУЗов могут проводить свои научные разработки, что бы в дальнейшем реализовать в отраслях народного хозяйства.

В результате проектов по созданию технопарков предполагается создать 2400 рабочих мест, годовой объём выпускаемой продукции составит не менее 5,6 млрд. руб. [3].

Для поддержки перспективных бизнес-идей, научно-технических разработок и инновационных проектов на ранних стадиях был создан венчурный фонд — Пензенский региональный фонд поддержки инноваций. В 2010 году фонд начал отработку на пилотных проектах механизмов венчурного финансирования. Объём средств венчурного фонда в 2010 г. Составлял до 100 млн. рублей, и неуклонно растёт каждый год.

Также в г. Пенза планируется открыть центр коммерциализаций нанотехнологий (общий объём инвестиций в проект составит 380 млн рублей, включая софинансирование ФИОП в размере 180 млн рублей).

Центр коммерциализации технологий — новая форма инфраструктурных проектов, реализуемых Фондом инфраструктурных и образовательных программ. Главными задачами центра коммерциализации является инкубирование высокотехнологичных стартапов, а также продвижение и вывод на рынок новых технологий. В частности, центр коммерциализации оказывает услуги в сфере «упаковки» проектов и управленческого консультирования, привлечения финансирования, аренды помещений и оборудования, а также сервисные услуги.

Ведётся активная информационная поддержка инновационной деятельности. Особую роль в этом стоит отнести сайту Innoteerra.

Общее руководство инновационной деятельностью ведёт Управление инновационной политики и специальных проектов Пензенской области. Координацию же поддержки продвижений инноваций осуществляет Центр содействия инновациям.

Литература:

1. Москалец П. В., Гарькин И. Н. Опыт развития инновационной инфраструктуры в Пензенской области // Молодёжь в науке: проблемы и перспективы сб. мат. VI меж. регион. съезда молодых учёных. — Воронеж, 2012 г. с. 125–127
2. Материал сайта www.inno-terra.ru
3. Долгосрочная целевая программа «Капитальное строительство объектов собственности Пензенской области» на 2009–2013 г.

Таким образом, за короткое время в Пензенской области была организована мощная инновационная инфраструктура, которая позволяет создать новую модель организационной деятельности, способствующая подготовке и реализации дальнейшего региона в целом.

Влияние региональных и локальных факторов на формирование техногенных цинксодержащих гидроресурсов ГОКов Южного Урала

Чалкова Наталья Леонидовна, старший преподаватель
Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

Рассмотрен процесс формирования гидротехногенных потоков на территории горных предприятий, занимающихся переработкой медноколчеданных месторождений. Проанализированы условия, влияющие на процесс формирования и миграции катионов металлов в условиях ГОКов Южного Урала. Проанализирована скорость естественного выщелачивания металлов из перерабатываемых руд в различное время года.

Ключевые слова: формирование, техногенные гидроресурсы, факторы, влияние, рельеф, климат, миграция, катионы металлов.

Урал является крупнейшей колчеданной провинцией мира. Здесь более сотни месторождений и рудопроявлений, насчитывающих более 1,8 млрд. т медных и медноцинковых руд. Южный Урал, являясь важнейшей составляющей Уральского промышленного региона, имеет наиболее явно выраженную техногеосферу, так как характеризуется чрезвычайно высокой концентрацией промышленного производства.

В результате деятельности ГОКов помимо добычи и обогащения полезных ископаемых, происходит образование специфического сернокислого техногенного ландшафта, который приводит к загрязнению атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод, накоплению твердых и жидких отходов. Жидкие отходы характерно образуются из отработанных хвостов, карьеров, рудных отвалов [1].

Пирит и другие сульфидные минералы окисляются в отвалах и хвостохранилищах под влиянием аэрации, атмосферных осадков, солнечной радиации, образуют сульфатные соединения, которые, мигрируя, оседают в почве, поверхностных и подземных водах. Образование значительных объемов (до 40 тыс. м³/сут.) техногенных вод в зоне техногенеза горнорудного профиля позволяет рассматривать их как техногенные гидроминеральные ре-

сурсы, вовлечение которых в переработку увеличит минерально-сырьевую базу и позволит наиболее полно использовать природные ресурсы. Сброс неочищенных техногенных стоков на земную поверхность приводит к накоплению в окружающих водных объектах тяжелых металлов, таких как медь, цинк, железо, марганец многие из которых обладают кумулятивным действием, а также общетоксичными, эмбриотропными и мутагенными свойствами [2,3].

На химический состав техногенных вод оказывает воздействие рельеф местности, а также региональные и локальные факторы, которые, формируя стоки и водообмен, влияют на солевой состав природных и техногенных вод. Местность преимущественного расположения основных медно-колчеданных месторождений Южного Урала равнинная или холмистая с незначительными отклонениями в высотах, поэтому подземные воды имеют преимущественно сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевый или натриевый состав, повышенную минерализацию [4].

При формировании гидротехногенных потоков необходимо учитывать и локальные и региональные факторы. К локальным факторам относятся характер и распределение остаточной минерализации полезного ископаемого

в рудной и породной массе, находящейся в отвалах. К региональным факторам, проявляющимся на всех медно-колчеданных месторождениях Южного Урала, относят климат, морфолого-тектонические, общие особенности металлогении и химизма вод данной области.

Одним из важнейших условий формирования состава подземных вод является климат. Так, снижение температуры воздуха зимой сопровождается промерзанием почвы и изменением условий питания подземных вод. Повышение температуры весной сопровождается таянием снежного покрова и интенсивной инфильтрацией талых вод, наблюдается снижение минерализации подземных вод и увеличение содержания гидрокарбоната. В зимние месяцы во многих районах установлено повышение минерализации и изменение состава грунтовых вод, обусловленное отсутствием пополнения горизонта за счет атмосферных осадков. Сопоставление режимов уровня и химического состава грунтовых вод с характером выпадения атмосферных осадков показало, что осадки зимнего периода являются наиболее эффективными: как правило, весной под влиянием инфильтрации талых вод происходит снижение минерализации грунтовых вод. Однако резко континентальный климат вносит свои особенности, характерные только для районов Южного Зауралья, которые были изучены для полного представления механизма образования цинксодержащих техногенных вод.

Климат в местах расположения основных медно-колчеданных месторождений Южного Урала континентальный. Зима холодная с сильными ветрами. Лето жаркое, сухое.

Среднегодовая температура воздуха в районе составляет примерно 3°C. Абсолютный максимум температуры около +38°C, минимум — минус 42°C.

Проведенные исследования показали, что в зимний период в связи с отсутствием пополнения запасов поверхностных и грунтовых вод за счет атмосферных осадков снижаются объемы сбросных шахтных и карьерных вод. Зависимость среднемесячной величины осадков и доли месячных осадков от месяцев года представлена на рис. 1. Подотвальные воды, питающиеся за счет осадков, с декабря по середину марта практически отсутствуют, сток перемерзает (рис. 1).

Низкая скорость естественного выщелачивания металлов из руды и слабый катионный обмен во вмещающих породах в холодный период приводят к снижению концентрации цинка (рис. 2).

Малая увлажненность местности, высокая температура, сильное испарение в летний период способствуют повышению общей минерализации подотвальных и поверхностных вод, кислотности среды и концентрации цинка в техногенных водах. Зависимости концентрации цинка и меди и кислотности от времени года представлены на рис. 2.

Усиленный сток в период активного таяния снежного покрова способствует снижению общей минерализации как в шахтных, карьерных, так и в подотвальных водах.

Из-за большого разбавления талыми водами в период таяния снега минерализация стоков может составлять менее 10 г/дм³. Талые воды отличаются повышенным содержанием гидрокарбонат-иона, нейтральной средой,

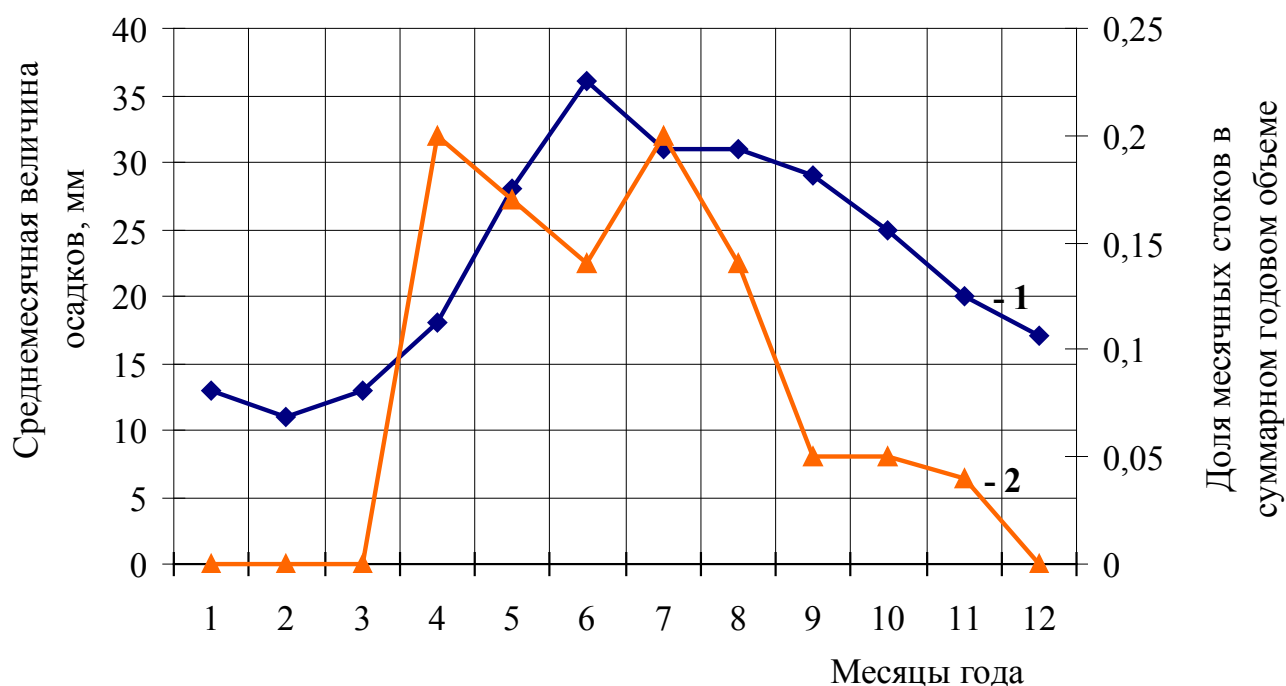


Рис. 1. Зависимость среднемесячной величины осадков и доля месячных стоков в суммарном годовом объеме: 1 — среднемесячная величина осадков; 2 — подотвальная вода

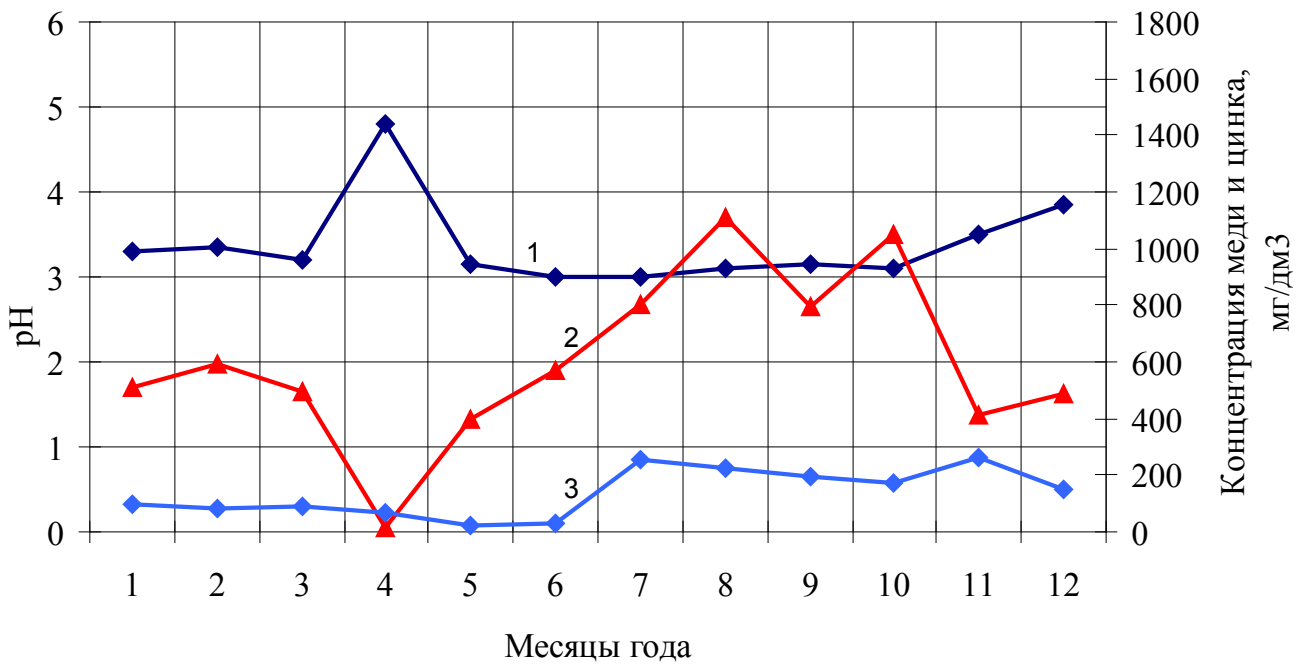


Рис. 2. Графики зависимости изменения концентрации катионов: 1 — pH; 2 — концентрация цинка, мг/дм³; 3 — концентрация меди, мг/дм³

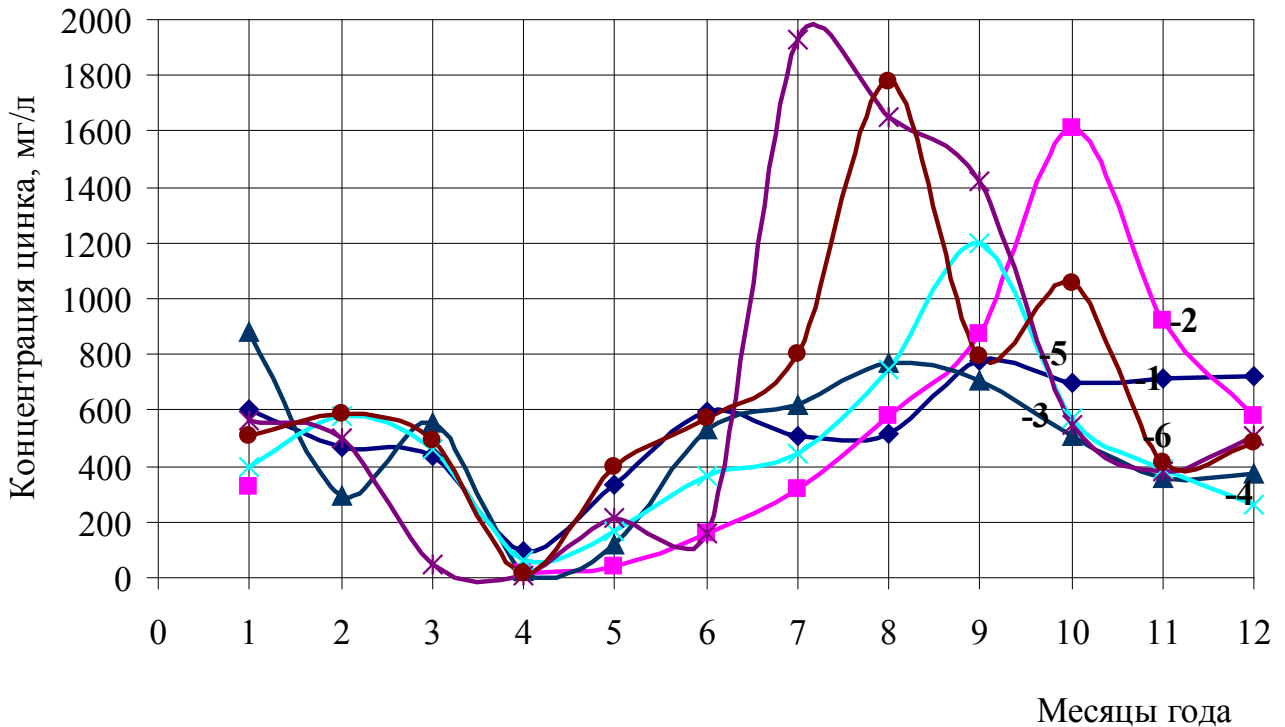


Рис. 3. Изменение концентрации цинка подотвальных вод Учалинского месторождения, в зависимости от сезонности с 2007 по 2012 г.: 1–2012 г.; 2–2011 г.; 3–2010 г.; 4–2009 г.; 5–2008 г.; 6–2007 г.

что ведет к замедлению процессов окисления сульфидной минерализации в отвалах и снижению концентрации ионов цинка в техногенных водах. Зависимость изменения концентрации ионов цинка от времени года (с 2003 по 2008 г.) представлена на рис. 3.

Фактор сезонности является главным фактором в формировании объемов водопритока.

На формирование природных и техногенных вод горно-рудных предприятий большое влияние оказывают региональные и локальные факторы.

К региональным факторам, проявляющимся на всех медноколчеданных месторождениях Южного Урала, относят климат, морфолого-тектонические, общие особенности металлогении и химизма вод данной области. Локальные факторы индивидуальны для каждого рассматриваемого месторождения: характер залегания рудного тела, его минеральный состав, структурные и текстурные особенности, условия залегания и характер боковых пород при формировании подземных и грунтовых вод. При формировании поверхностных подотвальных вод к локальным факторам относится также характер и распределение остаточной минерализации полезного ископаемого в рудной и породной массе, находящейся в отвалах. Поэтому для исследования процессов, участвующих в формировании техногенных вод Бурибаевского, Учалинского,

Сибайского и других медноколчеданных месторождений Южного Урала, изучается влияние региональных факторов.

Таким образом, проведенный анализ условий формирования гидротехногенных цинксодержащих георесурсов горнорудных предприятий медноколчеданного комплекса Южного Урала показал, что:

— на медноколчеданных месторождениях уральского региона под действием природных условий независимо от влияния техногенных факторов формируются кислые сульфатные воды, концентрация цинка в которых зависит от климатических явлений, от морфолого-тектонических факторов, литолого-минералогического состава рудных тел и вмещающих пород;

— качественный и количественный анализ техногенных вод, формирующихся на территории горнорудных предприятий, показал, что исследуемые рудничные воды характеризуются значительным различием по содержанию цинка и других сопутствующих компонентов. Поэтому с целью предотвращения разубоживания концентрированных марганецсодержащих вод необходимо проводить предварительное разделение образующихся техногенных потоков на цинксодержащие и условно чистые. Это позволит более эффективно и экономически выгодно извлекать цинк из гидротехногенных потоков.

Литература:

1. Абдрахманов Р. Ф., Ахметов Р. М. Влияние техногенеза на поверхностные и подземные воды Башкирского Зауралья и их охрана от загрязнения и истощения // Геологический сборник. 2006 № 6 Информационные материалы. С. 266–269.
2. Мишурина О. А., Медяник Н. Л. Комплексные исследования и технологические решения по извлечению марганца из гидротехногенных ресурсов ГОКов Южного Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2009. № 8. С. 198–203.
3. Мишурина О. А., Чупрова Л. В., Муллина Э. Р. Особенности химических способов извлечения марганца из технических растворов // Молодой учёный, 2013, № 3 С. 84–86.
4. Шадрунова И. В. Емельяненко Е. А. Влияние климатических условий на формирование медьсодержащих стоков горных предприятий/ Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы Международной науч.-техн. конференции. Екатеринбург, 2004. с. 162–167.

Проведение вычислительного эксперимента по оптимизации технологических параметров первичной транспортировки древесины

Черных Александр Сергеевич, доцент;

Бондаренко Алексей Витальевич, аспирант;

Абрамов Виталий Викторович, кандидат технических наук, старший преподаватель

Воронежская государственная лесотехническая академия

В настоящее время лесным комплексом России решаются задачи, направленные на широкое применение ресурсосберегающих технологий, увеличение объема несплошных рубок, повышение экологической совместимости лесных машин с окружающей средой [2, с. 46]. В таких условиях на лесоистощенных территориях, где основной объем древесины заготавливается от рубок ухода, стремление обеспечить наибольший производственно — экономический эффект

должно реализовываться без снижения лесоводственного результата или роста негативных экологических последствий. В этой связи, особое значение приобретает эффективность выполнения первичной транспортировки древесины, как самой затратной операции в технологическом процессе лесосечных работ, определяющей в наибольшей степени лесоводственно-экологические последствия выборочных рубок [1, с. 38]. Для реализации такого подхода на стадии технологического проектирования предлагается использовать обобщенный показатель качества с помощью процедур принятия многокритериальных решений путем свертывания целей:

$$\begin{aligned} \sum \bar{C}_{ABC} &= C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 = \\ &= \left(\frac{C_{m-smi} M_j}{\Pi_{cmi}} + L_i C_{m.ni} \right) + \frac{S_2}{S_{n2}} + \frac{T_3}{T_{n3}} + \frac{P_4}{P_{n4}} + \frac{T_{p5}}{T_{pn}} + \frac{P_{g6}}{T_{pn}} \Rightarrow \min, \end{aligned} \quad (1)$$

где C_1 — общие затраты на выполнение первичного транспорта леса, руб;

C_{m-smi} — себестоимость содержания машино-смены i -го технического средства, руб;

M_j — объем древесины заготавливаемый на лесосеке для последующей транспортировки; м³;

Π_{cmi} — сменная производительность i -го транспортного средства, м³;

L_i — протяженность i -го типа транспортных путей, м;

$C_{m.ni}$ — стоимость подготовки (волока) или строительства (ус) 1 км i -го типа транспортных путей, руб;

C_2 — показатель повреждаемости стволовой части оставляемых деревьев;

S_2 — количество деревьев, с повреждением ствола после выполнения лесосечных работ, шт.;

S_{n2} — количество оставленных деревьев для последующего лесовыращивания, шт.;

C_3 — показатель повреждаемости тонкомера на лесосеке;

T_3 — количество поврежденного тонкомера в процессе выполнения лесосечных работ, шт.;

T_{n3} — количество тонкомера до выполнения лесосечных работ, шт.;

C_4 — показатель повреждаемости подроста на лесосеке;

P_4 — количество подроста после выполнения рубки, шт.;

P_{n4} — количество подроста до выполнения рубки, шт.;

C_5 — показатель повреждаемости травяного покрова лесосеки;

T_{p5} — протяженность траекторий подтрелевки всех лесоматериалов с пасеки до трелевочного волока, м;

T_{pn} — общая протяженность траекторий перемещения всех лесоматериалов с пасеки до погрузочного пункта, м;

C_6 — показатель повреждаемости почвогрунта лесосеки;

P_{g6} — протяженность траекторий перемещения всех лесоматериалов по трелевочным волокам, м;

T_{pn} — общая протяженность траекторий перемещения всех лесоматериалов с пасеки до погрузочного пункта, м.

Для реализации предлагаемого обобщенного критерия разработан математический аппарат чувствительный к следующим параметрам и характеристикам: ширина пасеки; расстояние между технологическими позициями; длина оттягивания собирающего троса; ширина ленты; угол укладки дерева относительно трелевочного волока; средний объем предмета труда; запас на гектаре; интенсивность рубки; ширина волока; ширина и глубина разрабатываемой делянки; доля используемой рейсовой нагрузки; перепад высот; вид склона (конусообразный, веерообразный, прямой); средняя длина предмета труда; расстояние между погрузочной и перегрузочной площадками [3, с. 32]. Достоверность полученных моделей подтвердилась серией производственных экспериментов с расхождением — 5%. После этого создано программное обеспечение для расчета на ПЭВМ оптимальных параметров первичной транспортировки древесины с позиций технико-экономического и лесоводственно-экологического совершенствования процесса, рекомендуемое к использованию в лесозаготовительных предприятиях малолесных районов на стадии технологического проектирования лесосечных работ.

Пример успешного использования обозначенных научно-исследовательских разработок можно наблюдать в условиях ООО ЛЗК «Кедр», где для оценки характера и степени влияния, основных природно-производственных факторов по каждому составляющему обобщенного показателя качества проводился предварительный вычислительный эксперимент [5, с. 79]. На рисунке 1 показаны результаты такого эксперимента по критерию общих производственных затрат.

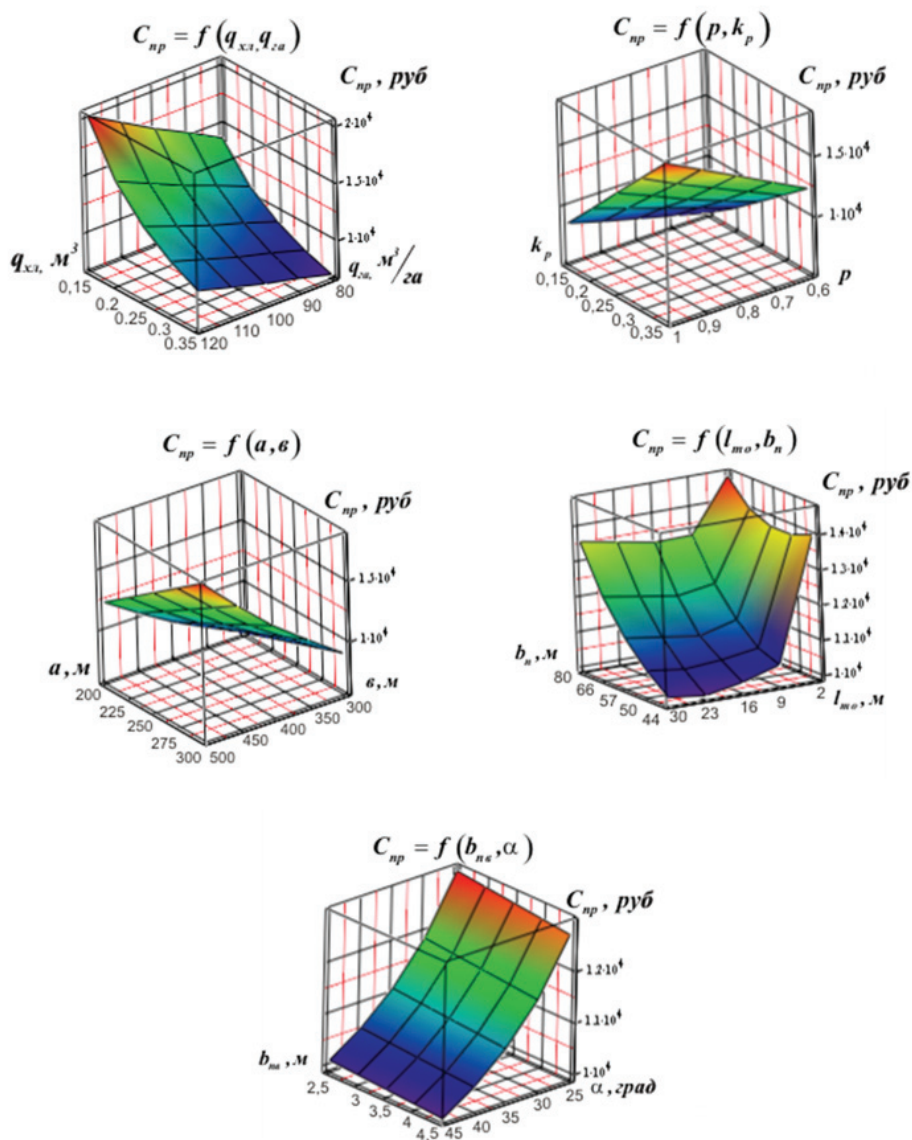


Рис. 1. Графики зависимости общих затрат на первичный транспорт от исследуемых факторов влияния при работе агрегата МТЗ-82 + ЗТЛ-2

На основе анализа результатов предварительной серии экспериментов для выполнения многокритериальной оптимизации первичной транспортировки древесины были выбраны следующие транспортно-технологические параметры процесса: x_1 — ширина пасеки b_n ; x_2 — расстояние между технологическими стоянками $l_{m.n.}$; x_3 — длина оттягивания тягово-собирающего троса трелевочной техники на пасечном волоке $l_{m.o}$; x_4 — угол укладки дерева относительно трелевочного волока α . Для решения оптимизационной задачи пварьирование производилось на следующих уровнях: $x_1 = 31,3$ м; 41,7 м; 50 м; 62,5 м; 71,4 м; $x_2 = 5$ м; 10 м; 15 м; 20 м; 25 м; $x_3 = 10$ м; 13 м; 15 м; 17 м; 20 м; $x_4 = 25$ град.; 30 град.; 35 град.; 40 град.; 45 град. Факторы состояния фиксировались следующими значениями: доля трелеваемой древесины от рейсовой нагрузки $p = 1$; средний объем хлыста $q = 0,25$ м³; запас древесины на 1 га $q_{za} = 110$ м³/га; интенсивность изреживания насаждения

$k_p = 0,25$; ширина пасечного волокна $b_{п.в} = 3$ м; ширина визира $b_{вз.} = 1$ м; ширина магистрального волокна $b_{м.в} = 5$ м; ширина делянки $v = 500$ м; глубина делянки $a = 250$ м [4, с. 109]. Результаты вычислительного эксперимента по оптимизации технологических параметров выполнения первичного транспорта представлена на рисунке 2.

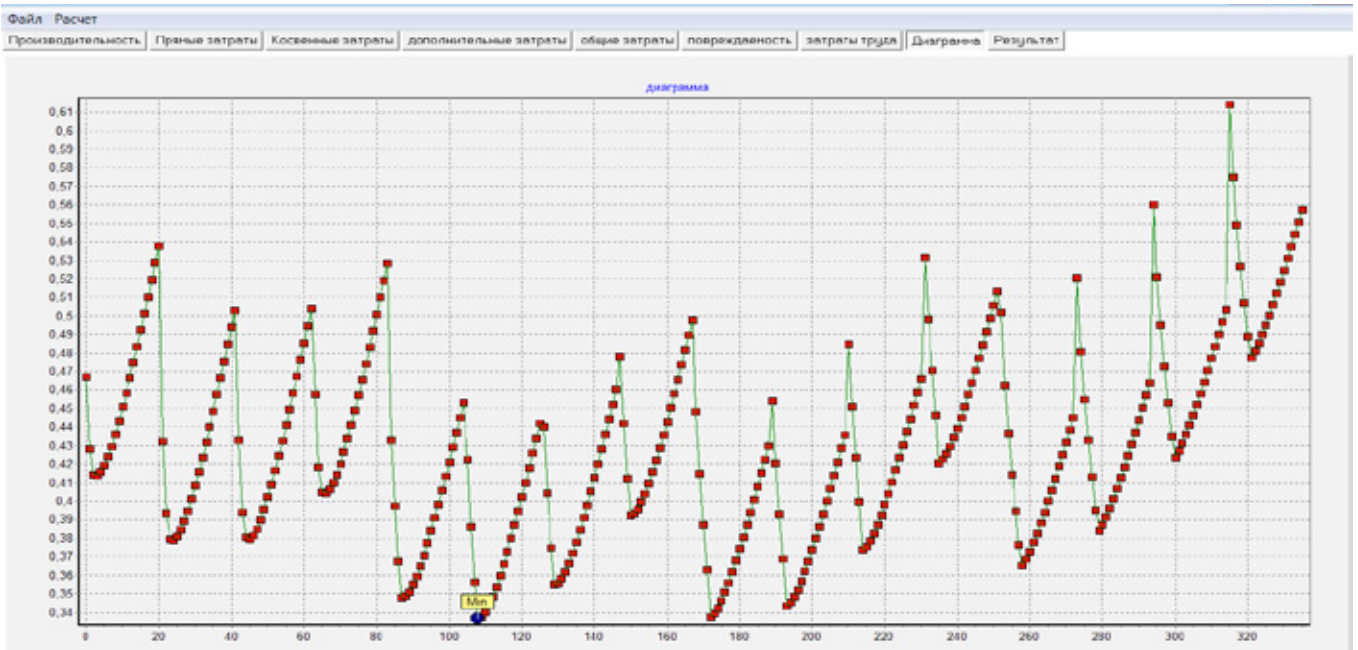


Рис. 2. Графическая иллюстрация результатов вычислительного эксперимента по оптимизации технологических параметров выполнения первичной транспортировки древесины

Реализация результатов научных разработок в условиях ООО ЛЗК «Кедр» позволила определить наиболее предпочтительную технологию первичной транспортировки древесины (МТЗ-82 + ЗТЛ-2, хлыстами, без визиров) со следующими технико-технологическими параметрами: $b_n = 62,5$ м; $l_{м.о} = 13$ м; $\alpha = 30^\circ$. Общие затраты на реализацию данной технологии составляют 70788,6 руб., годовой экономический эффект — 303490,7 руб., условно-годовая экономия от снижения эксплуатационных затрат — 306790,7 руб., а срок окупаемости дополнительных инвестиций — 0,57 лет.

Литература:

1. Абрамов В.В. Имитационное моделирование работы трелевочных средств на выборочных рубках [Текст] / В.В. Абрамов; ВГЛТА. — Воронеж, 2008. — 96 с. — Деп. в ВИНТИ 22.07.2008, № 631-B2008.
2. Абрамов В.В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах [Текст]: дис. к-та техн. наук: 05.21.01 / В.В. Абрамов. — Воронеж: ВГЛТА, 2009. — 288 с.
3. Абрамов В.В. Трелевка леса в малолесных районах России: деп. рукопись / Воронеж. гос. лесотехн. акад. — Воронеж, 2005. — 63 с.
4. Пошарников Ф.В., Абрамов В.В. Выполнение трелевки в условиях постоянного и непрерывного лесопользования // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. — 2008. — № 6. — С. 108–111.
5. Пошарников Ф.В., Абрамов В.В., Бондаренко А.В. Обоснование оптимальных параметров работы трелевочных средств на сплошных рубках // Лесотехнический журнал. — 2011. — № 1. — С. 76–80.

Разработка имитационных моделей функционирования канатных установок в горной местности

Черных Александр Сергеевич, доцент;
 Бондаренко Алексей Витальевич, аспирант;
 Абрамов Виталий Викторович, кандидат технических наук, старший преподаватель
 Воронежская государственная лесотехническая академия

В настоящее время около 20% всей лесопокрытой площади России приходится горные леса, при этом доля запаса древесины на данных территориях около 30% от общего по стране. Одной из основных особенностей лесозаготовок в горных районах является более высокая стоимость их проведения, связанная со сложными условиями работ из-за рельефа местности. Особенно существенно увеличиваются затраты на первичный транспорт и вывозку леса.

Выбор наиболее адаптированных технических средств, оптимизация их режимов работы, обоснование экономичных схем транспортировки древесины с позиции дифференцированного подхода к разрабатываемым участкам остаются наиболее актуальными направлениями совершенствования производственной деятельности лесозаготовительных предприятий на данных территориях. Правила рубок в горных лесах нашей страны выработаны в основном с позиции последующего успешного естественного возобновления, поэтому проведение исследовательской работы по обозначенным направлениям повышения эффективности транспортировки древесины не может рассматриваться без обеспечения сохранения компонентов леса в необходимом объеме [1, с. 76].

Использование для внутрилесосечного транспорта традиционных технических средств (многооперационных машин, трелевочных тракторов) приводит к разрушению почвы, подроста, части растущих деревьев, наносит невосполнимый ущерб природе леса, вызывает оползни, эрозию почв, и даже гибель целых лесных массивов. Поэтому наиболее предпочтительным вариантом для горных лесов на первичной транспортировке древесины являются канатные установки, особенно самоходного типа — без значительных трудовых и материальных затрат на монтажно-демонтажные работы, а также перебазирование. Они не имеют ограничений по уклону разрабатываемой местности, наиболее приспособлены к экологическим особенностям горных лесов и отличаются, к тому же, минимальной энерго- и металлоемкостью, достаточно высокой производительностью, обеспечивают требования техники безопасности транспортных работ. Сравнение эффективности использования канатных установок и традиционной тракторной технологии показывает, что по длине трассы канатные установки вне конкуренции; по энергозатратам — расход горючего в 4...5 раз меньше относительно трактора; по затратам на ремонт и техобслуживание канатные установки также на много экономичнее, чем трактор. Кроме этого, работа канатных установок не лимитируется природными условиями и временем года. Но главным их преимуществом является полное соответствие, экологическим условиям сохранения лесной среды: перемещая грузы в подвешенном состоянии, канатные установки способствует сохранению почвенного покрова и подроста, предупреждению повреждений корневых систем оставленных растущих деревьев и сохранению всех сопутствующих живому лесу даров природы [5, с. 14].

Для принятия научно-обоснованных решений на стадии технологического проектирования по использованию самоходных канатных установок требуется учитывать кроме рельефа местности — конфигурацию лесосеки, непредсказуемо изменяющуюся по естественным ее рубежам (скале, хребту, балке, речке и т. п.); лесотаксационные показатели насаждения (запас, объемы хлыстов, состав насаждения); способ рубки; вид транспортируемой древесины; характеристику технических средств. Достоверность прогнозируемых результатов функционирования различных вариантов техники с такой высокой чувствительностью к условиям производства и природной среды возможна только на основе использования современных методов моделирования и имитации транспортных процессов [2, с. 161].

Для этого необходимо решение следующих задач: структуризация циклового времени трелевки по всем исследуемым вариантам разнотипной техники; установление теоретических зависимостей по каждой составляющей продолжительности трелевки от ее основных факторов влияния; разработка информационно-логических блок-схем и имитационных моделей функционирования техники; сбор информации для моделирования в различных условиях производства и природной среды; проверка построенных моделей на адекватность в конкретных лесозаготовительных условиях; корректировка полученных моделей в случае не соответствия их реальной действительности.

Общее время, затрачиваемое самоходной канатной установкой на разработку лесосеки, согласно принятому в работе подходу [3, с. 42], определяется формулой:

$$T_{\text{раб}} = t_{\text{м.ку}} + t_{\text{дм.ку}} + t_{\text{п.л.}} + t_{\text{т.дер}} \quad (1)$$

где $t_{\text{м.ку}}$ — время на монтаж установки на расчетном участке, с;

$t_{\text{дм.ку}}$ — время на демонтаж установки на расчетном участке, с;

$t_{\text{п.л.}}$ — время на переезды между лентами на расчетном участке, с;

$t_{\text{т.дер}}$ — время, затрачиваемое на трелевку всех деревьев на расчетном участке, с.

Время на монтаж и демонтаж установки, будет описываться формулами:

$$t_{\text{м.ку}} = \frac{A}{\Delta} \cdot t_{\text{м.ку.л}}, \quad (2)$$

$$t_{\text{дм.ку}} = \frac{A}{\Delta} \cdot t_{\text{дм.ку.л}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{м.ку.л}}$, $t_{\text{дм.ку.л}}$ — время монтажа и демонтажа установки на одной разрабатываемой ленте соответственно, с.

Время монтажа и демонтажа канатной установки на одной разрабатываемой ленте, определяется по формулам и, соответственно.

$$t_{\text{м.ку.л}} = t_{\text{м1}} + t_{\text{м2}} + t_{\text{м3}} + t_{\text{м4}} + t_{\text{м5}} + t_{\text{м6}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{м1}}$ - время на фиксацию канатной установки, с;

$t_{\text{м2}}$ - время на переход работника с монтажным тросиком от канатной установки к опорному дереву, с одновременным переходом одного человека с технологическим оборудованием, с;

$t_{\text{м3}}$ - время на фиксацию опорного блока на дереве, с;

$t_{\text{м4}}$ - время на установку растяжек для опорного дерева, переход к канатной установке, и возврата монтажного троса к канатной установке, с;

$t_{\text{м5}}$ - время запасовки грузового троса, с;

$t_{\text{м6}}$ - время на монтаж каретки, с.

$$t_{\text{дм.ку.л}} = t_{\text{дм1}} + t_{\text{дм2}} + t_{\text{дм3}} + t_{\text{дм4}} + t_{\text{дм5}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{дм1}}$ - время на демонтаж каретки, с;

$t_{\text{дм2}}$ - время сматывания несущего каната на барабан, с;

$t_{\text{дм3}}$ - время на переход работников к опорному дереву, с;

$t_{\text{дм4}}$ - время на демонтаж растяжек и опорного блока и на переход работника от опорного дерева к канатной установке с монтажным оборудованием, с;

$t_{\text{дм5}}$ - время на демонтаж растяжек канатной установки и фиксации ее мачты в транспортное положение, с.

Время на фиксацию канатной установки, определяется по следующей формуле:

$$t_{\text{м1}} = t_{\text{ф.м.р}} + \left(\frac{2L_{\text{у.р.ку}} \cdot K_{\text{у.р}}}{V_{\text{н.р.у.р}}} + t_{\text{з.р.ку}} \right) \cdot N_{\text{р.ку}}, \quad (6)$$

где $t_{\text{ф.м.р}}$ — время фиксации мачты в рабочем положении, с;

$L_{\text{у.р.ку}}$ — расстояние на котором устанавливается растяжка при фиксации мачты канатной установки, м;

$K_{\text{у.р}}$ — коэффициент увеличения пути проходимого работником за счет обхода естественных препятствий;

$V_{\text{н.р.у.р}}$ — средняя скорость перехода работника при установке растяжек, м/с;

$t_{\text{з.р.ку}}$ — время, затрачиваемое на зацепку одной растяжки для фиксации мачты канатной установки, с;

$N_{\text{р.ку}}$ — количество растяжек для фиксации мачты канатной установки.

Время на переход работника с монтажным тросиком от канатной установки к опорному дереву, определяется по формуле:

$$t_{\text{м2}} = \frac{L_{\text{т.ку}}}{V_{\text{н.ф.к.д}}} \cdot K_{\text{у.р}}, \quad (7)$$

где $L_{m.ky}$ — протяженность трассы канатной установки или расстояние от канатной установки до опорного дерева (можно принимать равным ширине лесосеки), м;

$V_{n.ф.к.д}$ — скорость перехода работника с монтажным тросиком для фиксации каната на опорном дереве, м/с.

Время на установку растяжек для опорного дерева, переход к канатной установке, и возврата монтажного троса к канатной установке в виду параллельности некоторых операций по времени определяется по формуле:

$$t_{м4} = \left(\frac{2L_{y.p.д} \cdot K_{y.p}}{V_{n.p.y.p}} + t_{з.p.д} \right) \cdot N_{p.д} + \frac{L_{m.ky}}{V_{x.n.p}} \cdot K_{y.p}, \quad (8)$$

где $L_{y.p.д}$ — расстояние, на котором устанавливается растяжка при фиксации блока на опорном дереве, м;

$t_{з.p.д}$ — время, затрачиваемое на зацепку одной растяжки для фиксации блока на опорном дереве, с;

$N_{p.д}$ — количество растяжек для фиксации блока на опорном дереве;

$V_{x.n.p}$ — скорость холостого перехода работников по лесосеке, м/с.

Время запасовки грузового каната определяется формулой:

$$t_{м5} = \frac{2 \cdot L_{m.ky} + L_{з.к}}{V_{с.к.}} \cdot K_{y.p}, \quad (9)$$

где $L_{з.к}$ - дополнительная длина каната для нормальной запасовки, м;

$V_{с.к.}$ - скорость сматывания каната лебедкой канатной установки.

При демонтаже канатной установки затраты времени на переход работников к опорному дереву, определяются по формуле 7, куда вместо скорости перехода работника с монтажным тросиком подставляется скорость холостого перехода рабочего по лесосеке.

Время на демонтаж растяжек и опорного блока и на переход работника от опорного дерева к канатной установке с монтажным оборудованием находятся по формуле:

$$t_{дм4} = t_{о.б.} \left(\frac{2L_{y.p.д} \cdot K_{y.p}}{V_{n.p.y.p}} + t_{о.p.д} \right) \cdot N_{p.д} + \frac{L_{m.ky}}{V_{n.m.o}} \cdot K_{y.p}, \quad (10)$$

где $t_{о.p.д}$ — время, затрачиваемое на отцепку одной растяжки для опорного дерева, можно принять равным времени на зацепку растяжки, с;

$t_{о.б.}$ — время, затрачиваемое на отцепку опорного блока, с;

$V_{n.m.o}$ — скорость перехода работника с монтажным оборудованием по лесосеке, м/с.

При демонтаже растяжек канатной установки и фиксации ее мачты в транспортном положении затраты времени определяется по формуле 6. Где вместо времени фиксации мачты установки подставляется время на ее установку в транспортное положение, а вместо времени зацепки растяжки время ее снятия.

Время на переезды между лентами на расчетном участке определяется по формуле:

$$T_{n.l} = A \cdot C_{д.в.ку}, \quad (11)$$

где $C_{д.в.ку}$ - коэффициент, учитывающий дополнительное время, затрачиваемое на остановку, дополнительные переезды и разворот канатной установки перед ее установкой на разрабатываемой ленте.

Время трелевки всех деревьев на расчетном участке определяется по формуле:

$$T_{m.дер} = T_{m.дер.в} + T_{m.дер.м}, \quad (12)$$

где $T_{m.дер.в}$, $T_{m.дер.м}$ — время трелевки всех деревьев на волоках и полупасеках, с.

Время трелевки всех деревьев на волоках и полупасеках определяется по формуле:

$$T_{m.дер} = T_{m.n.дер} + \frac{Q_{y.l}}{M_{к.у} \cdot K_p}, \quad (13)$$

где $T_{m.n.дер}$ — среднее время трелевки одной пачки деревьев на волоках или полупасеках, с;

$Q_{у.л}$ — запас леса приходящийся на волокна или полупасеки, м³;

$M_{к.у}$ — объем пачки деревьев трелеваемой канатной установкой на волоке, м³.

Среднее время трелевки одной пачки деревьев на волоках и полупасеках определяется по формуле:

$$t_{m.n.дер} = t_{m.д.1} + t_{m.д.2} + t_{m.д.3} + t_{m.д.4} + t_{m.д.5} + t_{m.д.6}, \quad (14)$$

где $t_{m.д.1}$ — время натяжения грузового каната для перемещения каретки, с;

$t_{m.д.2}$ — среднее время перемещения каретки к месту формирования пачки, с;

$t_{m.д.3}$ — среднее время формирования пачки, с;

$t_{m.д.4}$ — время натяжения грузового каната для перемещения каретки с пачкой деревьев, с;

$t_{m.д.5}$ — время трелевки пачки деревьев, с;

$t_{m.д.6}$ — время отцепки пачки деревьев, с.

Среднее время перемещения каретки к месту формирования пачки определяется по формуле:

$$t_{m.д.2} = \frac{L_{m.ку}}{2 \cdot V_{xx}}, \quad (15)$$

где V_{xx} — скорость холостого хода каретки канатной установки, м/с.

Среднее время формирования пачки определяется по формуле:

$$t_{m.д.3} = t_{o.к.} + t_{ч.д.} \cdot \frac{M_{к.у.} \cdot K_p}{q_{хл}} + \frac{L_{o.б.р.}}{V_{o.б.р.}}, \quad (16)$$

где $t_{o.к.}$ — время опускания каретки для зацепки пачки деревьев, с;

$t_{ч.д.}$ — среднее время чокеровки одного дерева, с;

$L_{o.б.р.}$ - расстояние на которое должен отойти чокеровщик после зацепки пачки, м;

$V_{o.б.р.}$ - скорость отхода работника на безопасное расстояние, м/с.

Время трелевки пачки деревьев определяется по формуле:

$$t_{m.д.5} = \frac{L_{m.ку}}{2 \cdot V_{2x}}, \quad (17)$$

где V_{2x} — скорость рабочего хода каретки канатной установки, м/с.

Время отцепки пачки деревьев определяется по формуле:

$$t_{m.д.6} = t_{o.к.н} + t_{o.ч.д.} \cdot \frac{M_{ку} K_p}{q_{хл}}, \quad (18)$$

где $t_{o.к.н}$ — время опускания каретки с пачкой деревьев, с;

$t_{o.ч.д.}$ - среднее время отцепки чока с одного дерева, с.

Представленная аналитическая модель функционирования самоходной канатной установки позволяет определять продолжительность ее работы на лесосеке в широком изменении факторов: предмета труда, условия работы, технологии и технического средства. В дальнейшем на ее основе рекомендуется разработка информационно-логических блок-схем и имитационных моделей функционирования канатных установок для принятия научно-обоснованных решений на стадии технологического проектирования по выбору наиболее адаптированных к конкретным лесозаготовительным условиям горной местности технических средств, оптимизации режимов их работы, а также обоснованию наиболее экономичных схем работы внутрилесосечного транспорта [4, с. 29].

Литература:

1. Абрамов В.В. Имитационное моделирование работы трелевочных средств на выборочных рубках: Деп. в ВИНТИ 22.07.2008, № 631-В2008 — Воронеж, 2008 — С. 96.

2. Луценко Е. В. Эффективные объемы лесозаготовительного производства в условиях горных лесных массивов Дальнего Востока // Актуальные проблемы лесного комплекса/ Под ред. Е. А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 25. — Брянск: БГИТА, 2010. — С. 160–162.
3. Пошарников Ф. В., Абрамов В. В., Бондаренко А. В. Оптимизация параметров работы трелевочных средств при уходе за насаждением: Деп. в ВИНТИ 14.07.2011, № 342-В2011 — Воронеж, 2011 — С. 41.
4. Пошарников Ф. В., Абрамов В. В., Бондаренко А. В. Анализ технологий и технических средств для выполнения транспортировки древесины в условиях горной местности: Деп. в ВИНТИ 14.07.2011, № 343-В2011 — Воронеж, 2011 — С. 35.
5. Пошарников Ф. В., Абрамов В. В., Бондаренко А. В. Моделирование процесса транспортировки древесины в горной местности: Деп. в ВИНТИ 14.07.2011, № 344-В2011 — Воронеж, 2011 — С. 31.
6. Пошарников Ф. В., Абрамов В. В. Выполнение трелевки в условиях постоянного и непрерывного лесопользования // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. — 2008. — № 6. — С. 108–111.
7. Пошарников Ф. В., Абрамов В. В., Бондаренко А. В. Разработка математической модели трелевки древесины в условиях несплошных рубок // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 2. URL: <http://www.science-education.ru/102-5521>.

Оценка надежности и долговечности металлоконструкций

Черняев Александр Иванович, аспирант;

Трефилов Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Благодаря разнообразию механических и эксплуатационных характеристик металл в современном мире является одним из наиболее распространенных и используемых материалов. Многообразие сплавов позволяет использовать его во всех промышленных отраслях, таких как строительство зданий и сооружений, двигателестроение, создание коммуникаций, путепроводов и т.д. Существует множество рекомендаций, ГОСТов, СНиПов и стандартов, которые определяют выбор металлов при производстве конкретных изделий. Не смотря на это, в СМИ часто можно встретить сообщения об авариях, происшествиях и катастрофах, связанных с разрушением или отказом металлических элементов конструкций. Более того, в строительной практике известны такие примеры, когда причиной аварии каменных, бетонных, деревянных и других конструкций были дефекты металлических элементов, входящих в общий конструктивный комплекс.

Одной из основных причин аварий металлоконструкций являются аварии, наступающие вследствие хрупкого разрушения. Хрупкое разрушение стали может иметь место:

- при работе конструкций в условиях низких температур;
- в случае применения материалов, подверженных хрупкому разрушению, при этом аварии могут иметь место и при нормальных температурах;
- при действии на конструкцию ударных и других видов динамических нагрузок;
- под влиянием различных дефектов в основном металле и сварных швах [1].

Техническое состояние стальных конструкций определяют на основе оценки следующих факторов:

- наличия отклонений фактических размеров поперечных сечений стальных элементов от проектных;
- наличия дефектов и механических повреждений;
- состояния сварных, заклепочных и болтовых соединений;
- степени и характера коррозии элементов и соединений;
- прогибов и деформаций;
- прочностных характеристик стали;
- наличия отклонений элементов от проектного положения [2].

Анализ большого числа аварий и аварийных состояний конструкций позволяет прийти к выводу, что многие из них происходят в результате снеговой перегрузки, на которую при эксплуатации сооружений не обращают должного внимания. Принятые в свое время к эксплуатации сооружения, зачастую выполненные по типовым проектам, рассчитанные на усредненные, а не на реальные для каждого конкретного объекта нагрузки, продолжают эксплуатировать, не обращая внимания на несоответствие между проектными и реальными нагрузками [1].

Дефекты, допущенные при изготовлении конструкции, не всегда сразу приводят к аварии. Часто даже грубые отступления от проекта и технических условий сказываются не сразу, а при неблагоприятном сочетании нескольких факторов. В свою очередь, внутренние дефекты материала неизбежно приводят к разрушению металла.

Наличие концентраторов напряжений в виде внутренних дефектов, таких, как отверстия, прорези, трещины, поры, крупные неметаллические включения, расположенные в местах и на участках с высокими местными напряжениями и ориентированные поперек направления действующих растягивающих напряжений, могут привести к преждевременному разрушению элемента, и без должного контроля с помощью нормативных документов [3–5] к разрушению всей конструкции.

Дефекты в металле делятся на 3 основных типа: возникшие на стадии проектирования, возникшие при изготовлении и транспортировке, возникшие при монтаже [6].

В процессе изготовления металлические изделия проходят сложный технологический цикл. Он включает следующие основные операции: плавка, вакуумирование, внепечная обработка, литье, обработка давлением, термическая обработка, механическая обработка, соединение с другими деталями. На этапах изготовления, расплавленная сталь вступает в контакт с кислородом, расплавленным флюсом, раскислителями и инертными газами, вследствие чего при кристаллизации в ней образуются поры, пустоты, усадочные раковины, крупные неметаллические включения, которые при обработке давлением и изготовлении проката вытягиваются и расплющиваются, тем самым создавая трещины, расслоения, волосовины, становясь сильными концентраторами напряжений.

Внутренние дефекты объемного типа (раковины, шлаки, поры, «скворечники» и др.) выявляются независимо от направления радиационного или ультразвукового излучения. Слабораскрытые дефекты плоскостного типа (трещины, закаты, заливины и др.) лучше обнаруживаются при радиационном контроле, когда излучение направлено вдоль плоскости дефекта, а при ультразвуковом контроле — когда излучение направлено перпендикулярно плоскости дефекта [7].

На производстве многие дефекты при малых размерах допускаются в изделия и не требуют исправления, тем не менее, их количество и расположение может оказать решающее воздействие на надежность и долговечность ответственных металлических элементов.

Для снижения риска разрушения необходимо более тщательно подходить к вопросу оценки состояния, используя при этом современные технологии, а так же усовершенствовать существующие методы прогнозирования надежности стальных конструкций и элементов.

Наиболее распространена статистическая оценка надежности элементов, где система состоит из n элементов. Каждый элемент случайно может находиться либо в рабочем состоянии, либо в состоянии отказа. Так, например, в работе [8] представлен расчет зоны наиболее вероятного усталостного разрушения оси шарнирного соединения с использованием результатов механических испытаний цилиндрических пропорциональных образцов, и на их основе сформулированы выводы о наиболее надежных областях металла. Не смотря на возможность быстро рас-

считать надежность любых систем, в том числе неприводимых, основной недостаток такого метода — статистический расчет получается приближенным и только для конкретных числовых значений.

Существует аналитический метод расчета надежности, который подразумевает представление зависимости $y(X)$ в виде надежностного графа. Достоинство аналитического метода заключается в возможности выразить искомую характеристику безотказной работы элемента через заданные параметры в общем виде, но из-за трудоемкости расчета используется реже, чем статистический.

Для оценки надежности и долговечности в зависимости от напряжений вызываемых давлением, температурой, вибрациями и т. п., возможно применение модели «нагрузка — несущая способность», основная идея которой заключается в том, что под действием нагрузки несущая способность системы постепенно уменьшается до тех пор, пока система не откажет [9]. Ее основной недостаток заключается в том, что при большом числе факторов, действующих на систему, нахождение вероятности отказа превращается в сложную математическую задачу, решение которой даже численными методами с применением ЭВМ весьма трудоемко.

Существует множество подходов и различных методик оценки надежности, так например, в работах [10,11,12] представлены методики расчета надежности по предельным состояниям с использованием математической модели. В диссертациях представлен обширный обзор существующих методик расчета надежности, а так же методики расчета основанные на данных о несущей способности, пластических деформациях конструкций, и их устойчивости. Тем не менее, представленные методики затруднительны для реализации непосредственно во время эксплуатации, так как в некоторых случаях необходим постоянный контроль состояния металла для осуществления своевременного реагирования и предотвращения аварий.

Несмотря на обширное количество существующих методик расчета надежности, в настоящее время нет ни одной, которая позволяла бы достаточно быстро и объективно, исходя из состояния материала оценить долговечность конструкции и дать рекомендации по её использованию на основе внутренних дефектов материала, охватывала все возможные изменения погодных условия, влияние среды, а так же позволяла бы контролировать состояние элементов конструкции в любой момент времени.

Таким образом, существует научная задача разработки инженерной методики оценки долговечности металлических конструкций на основе анализа структуры материала, действующих и возможных нагрузок и влияния внешней среды.

На данный момент существует методика оценки вероятности отказа элемента, надежности и долговечности, основанная на структурно-энергетической теории отказов [13]. Структурно-энергетическая теория отказов, позволяет легко оценить влияние структурных факторов (количества и размеров чувствительных структур матери-

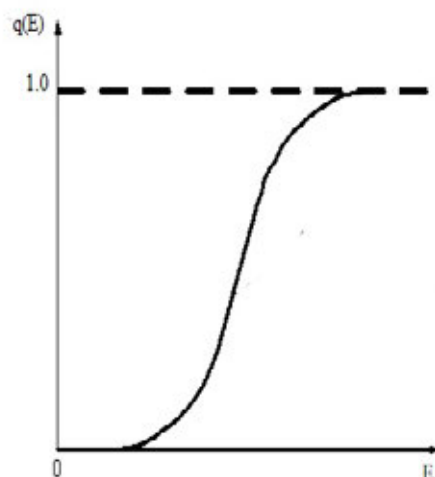


Рис. 1. Функция распределения энергии разрушения

алов) на форму кривой функции распределения энергии разрушения (рис. 1), а, следовательно, на надежность элементов и на этой основе разработать конкретные рекомендации по технологическому обеспечению заданного уровня надежности и качества элементов.

Зависимость вероятности отказа от величины энергетического воздействия будет простой экспонентой:

$$q(e) = 1 - \exp(-be),$$

где b — вариация размеров чувствительных структур;
 e — величина энергетического воздействия.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ является обратной величиной вероятности отказа и определяется следующим образом:

$$P(t) = 1 - q(e)$$

Используя следующее уравнение, представляется возможным определить время безотказной работы детали:

$$P(t) = \exp(-\alpha It) \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(\alpha It)^i}{i!},$$

где I — величина энергетического воздействия;
 α — коэффициент перехода из одного состояния в другое;

t — время работы элемента.

Коэффициент перехода α определяется следующим образом:

$$\alpha = \frac{t_{cp} - t_0}{I \cdot \sigma_t^2}$$

где t_{cp} — среднее время работы элементов до отказа;
 t_0 — гарантированное время работы элемента;
 σ — дисперсия энергии возникновения отказа.

Представленная методика оценки была разработана и опробована на тонкостенных образцах, толщиной 0.1–0.5 мм, тем не менее, по мнению авторов, её применение возможно также и на более габаритных деталях и элементах, испытывающих в разы большие нагрузки. Исходя из этого была сформулирована и поставлена задача по проведению экспериментов на образцах и реально используемых узлах металлических конструкций, выполнению усталостных разрушений, для сравнения расчетных результатов и полученных опытным путем, а также разработке методики, которая бы позволяла максимально точно оценить долговечность металлической конструкции исходя из условий изготовления, эксплуатации, и изменения свойств материала с течением времени.

Литература:

1. Лашенко М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений Л.: Стройиздат, 1969. — 184 с.
2. Коробейников О. П., Панин А. И., Зеленев П. Л. Обследование технического состояния зданий и сооружений (основные правила): учебное пособие / О. П. Коробейников, А. И. Панин, П. Л. Зеленев; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. — Н.Новгород: ННГАСУ, 2011. — 55 с.
3. ГОСТ 23118–99. Конструкции стальные строительные. Общие технические условия. — Введ. 2001–01–01. Госстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 2001. — 41 с.
4. СНиП 3.03.01–87. Несущие и ограждающие конструкции. — Введ. 1988–01–07. Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Гос-строя СССР, 1989. — 113 с.
5. СП 53–101–98. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций. — Введ. 1999–01–01. Гос-строй России. — М.: ГУП ЦПП, 1999. — 36 с.

6. О. В. Евдокимцев, О. П. Самсонова Классификация дефектов и повреждений металлических конструкций, обнаруженных на стадии возведения зданий и сооружений // Труды ТГТУ. Выпуск № 21 / Тамбов. Издательство ТГТУ / 2008
7. А. К. Гурвич, И. Н. Ермолов, С. Г. Сажин. Неразрушающий контроль. Кн. 1. Общие вопросы. М.: Высшая школа. 1992. 242 с.
8. Густов Ю. И., Воронина И. В., Катанина А. Г. Оценка надежности металлических изделий по деформационно-энергетическим показателям // сборник трудов XII-й Международной научно-технической конференции «Новые материалы и технологии в машиностроении — 2010». — Брянск.: 2010 электр. ресурс.
9. Острейковский, В. А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В. А. Острейковский. — М.: Высш. шк., 2003. — 463 с.
10. Плотникова О. С. Определение надежности металлических конструкций в составе зданий и сооружений при ограниченной статистической информации о контролируемых параметрах: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук, [С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т]. — Санкт-Петербург: 2008. — 20 с.
11. Кошелева Ж. В. Оценка несущей способности, надежности и остаточного ресурса элементов железобетонных конструкций при ограниченной информации о контролируемых параметрах: автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. [С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т]. — СПб.: 2004. — 24 с.
12. Галаева Н. Л. Расчет надежности несущих элементов при ограниченной информации о параметрах модели предельных состояний: автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. [Вологод. гос. техн. ун-т]. — Санкт-Петербург: 2010. — 24 с.
13. Деев В. С., Трефилов В. А. Надежность технических систем и техногенный риск. Часть 3: Структурно-энергетическая теория отказов: учеб. пособие. — Пермь: издательство ПНИПУ. — 2012. С. 167.

Подход к численному моделированию процесса прессования цилиндрических заготовок из алюминиевого сплава в программном комплексе Ansys/ls-dyna

Шемякин Юрий Владимирович, аспирант

Научный руководитель Плешивцева Ю. Э., доктор технических наук, доцент
Самарский государственный технический университет

Разработан подход к математическому моделированию процесса прессования предварительно нагретых алюминиевых цилиндрических заготовок. Рассмотрены основные этапы создания модели: построение геометрии, генерация сетки, задание электромагнитных, теплофизических свойств материалов. Представлены результаты моделирования процесса прямого прессования цилиндрических слитков из алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: численное моделирование, прессование алюминиевых заготовок, ANSYS/LS-DYNA, системный подход, обработка металлов давлением.

Введение. Прессование является одним из наиболее распространенных методов обработки металлов давлением и часто единственным возможным способом получения продукции требуемой геометрической формы. Системный подход к оптимизации взаимосвязанных технологических операций, основанный на современной теории оптимального управления системами с распределенными параметрами, позволяет формулировать и решать задачи достижения предельных качественных показателей функционирования, как отдельных технологических стадий, так и производственного комплекса в целом. В данной статье рассматривается проблема создания математической модели процесса прессования цилиндрических заготовок из алюминиевых сплавов, ориентированной на дальнейшее использование в оптимизационных процедурах. Процесс прессования рассматривается как

объект с распределенными параметрами, состояние которого характеризуется пространственно-временным распределением температурных и деформационных полей [1]. Предлагается новый подход к численному моделированию в наукоёмком пакете Ansys с использованием многоцелевой программы конечноэлементного анализа Ls-Dyna, предназначенной для моделирования процессов различной физической природы, связанных с механикой деформируемого твердого тела, теплопереносом, гидродинамикой и др., позволяющей рассматривать их как отдельные, так и как взаимосвязанные явления [2].

Основные этапы численного моделирования стадии прессования технологического комплекса «ИНУ-Пресс».

Реализация численной модели процесса прессования на базе программного пакета Ansys/Ls-dyna может быть

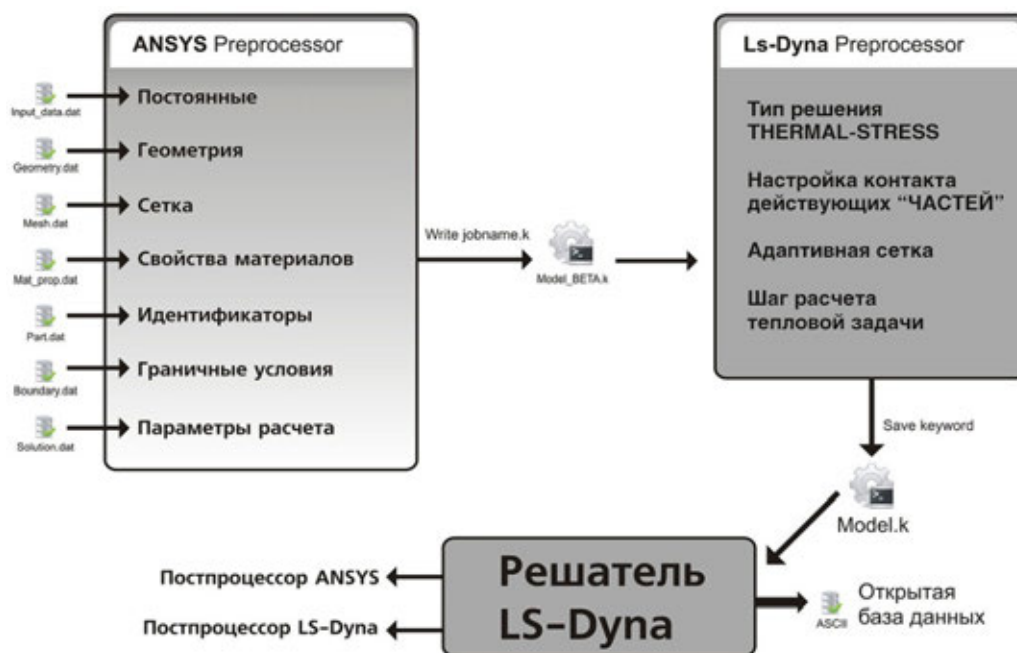


Рис. 1. Основные этапы моделирования процесса прессования предварительно нагретых алюминиевых заготовок в среде ANSYS/ LS-Dyna

разделена на следующие основные этапы: задание исходных данных в предпроцессор, численное решение в процессоре LS-Dyna, обработка результатов в постпроцессоре (постпроцессор ANSYS или постпроцессор LS-PrePost). В ANSYS устанавливаются, граничные, начальные условия и другие необходимые параметры расчета. Для завершения моделирования этого недостаточно, поэтому окончательная настройка происходит в предпроцессоре LS-Dyna — Ls-PrePost. Важной корректировкой в среде предпроцессора LSPrePost является изменение типа расчета: Stress (механическая) на «CoupledStress-THERMAL» — Совместное решение механической и тепловой задачи). Также на данном этапе указываются, температурно-зависимые физические свойства материала, шаг теплового расчета, настраивается адаптивная сетка и генерируется доработанный «k»-файл, который запускается на расчет в Ls-Dyna. Преимуществом данного подхода (Рис. 1) является возможность использования решений задачи нагрева в качестве начальных условий для задачи прессования.

Реализация численной модели процесса прессования на базе программного пакета Ansys/Ls-dyna может быть разделена на следующие основные этапы: задание исходных данных в предпроцессор (предпроцессор ANSYS и/или предпроцессор LS-PrePost), численное решение в процессоре LS-Dyna, обработка результатов в постпроцессоре (постпроцессор ANSYS или постпроцессор LS-PrePost). На первом этапе в предпроцессоре задаются основные настройки, такие как: геометрия и сетка, физические свойства материалов, после чего узлы сетки конечных элементов объединяются в наборы, из которых генерируются специальные идентифи-

каторы «PARTs (ЧАСТИ)». В ANSYS устанавливаются, граничные, начальные условия и другие необходимые параметры расчета. Для завершения моделирования этого недостаточно, поэтому окончательная настройка происходит в мануальном режиме или в предпроцессоре LS-Dyna — Ls-PrePost. Промежуточный выходной файл ANSYS для LS-Dyna генерируется командой «Writejobname.k. Важной корректировкой в среде предпроцессора LSPrePost является изменение типа расчета: Stress (механическая) на «CoupledStress-THERMAL» — Совместное решение механической и тепловой задачи). Также на данном этапе указываются, температурно-зависимые физические свойства материала, шаг теплового расчета, настраивается адаптивная сетка и генерируется доработанный «k»-файл, который запускается на расчет в Ls-Dyna.

Работа в предпроцессоре программного пакета LS-Dyna.

Рассмотрим задачу моделирования процесса прямого прессования предварительно нагретых заготовок из алюминиевого сплава Д16 (AA2024) в двумерной осесимметричной постановке (Таблица 1).

Поскольку система симметрична относительно вертикальной оси в двухмерной постановке целесообразно построить $\frac{1}{2}$ часть от всей модели. Геометрия и сетка системы представлены на рисунке 2. В случае прессования (рассматривается сжатие материала, без обратного растяжения) в качестве типа упрочнения для нелинейной модели материала можно использовать как кинематическое, так и изотропное описание.

Выбранная модель материала в области пластических деформаций описывается следующим образом:

Таблица 1. Основные параметры системы

Теплофизические параметры заготовки, алюминиевый сплав Д16 (AA2024)					
D , диаметр заготовки, мм	150				
Y , длина заготовки, мм	130				
$V_{пр}$, скорость прессования, мм/сек	8				
Коэффициент вытяжки μ	11				
λ , теплопроводность, Вт/м·°C	130				
ρ , плотность, кг/м ³	2800				
c , теплоемкость, Дж/кг·°C	922				
Теплофизические параметры инструмента, стальной сплав Н11					
λ , теплопроводность, Вт/м·°C	15				
ρ , плотность, кг/м ³	7880				
c , теплоемкость, Дж/кг·°C	460				
α , температуропроводность, м ² /с	49x10 ⁻⁶				
Зависимость сопротивления деформации в фильере матрицы прессования от температуры заготовки					
Температура, °C	300	350	400	450	500
Сопротивление деформации, МПа.	70	50	40	35	28

$$\hat{\sigma}_{nl} = \sigma_y + \frac{E \cdot E_T}{E - E_T} \cdot \hat{\varepsilon}_{nl}^h \quad (1)$$

где $\hat{\sigma}_{nl}$ — эквивалентное напряжение, σ_y — предел текучести, E — модуль Юнга, E_T — тангенциальный модуль, $\hat{\varepsilon}_{nl}^h$ — эквивалентная пластическая деформация.

В рассматриваемой модели пластической деформации используется тип материала «004_MAT_PLASTIC_ELASTIC_THERMAL», позволяющий задавать температурно-зависимые механические свойства материалов таблично или функцией.

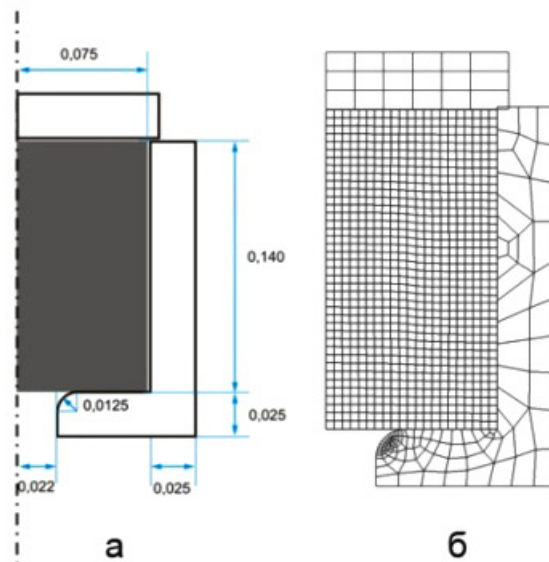


Рис. 2. Геометрия и сетка системы: а — геометрия заготовки; б — адаптивная сетка КЭ

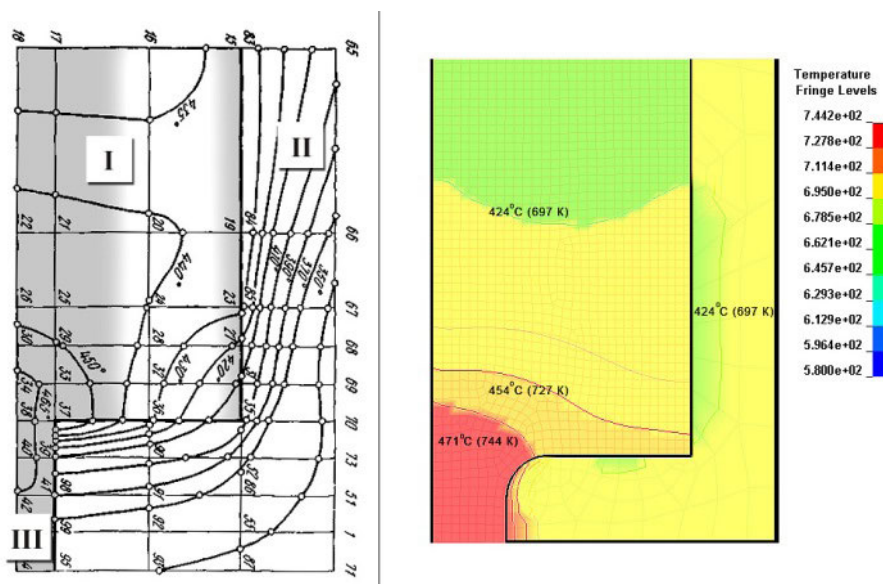


Рис. 3 (слева) Изотермы температурного поля при прессовании прутка из сплава Д16 на квазианалоговом электроинтеграторе [3]: I — заготовка; II — контейнер; III — пресс-изделие, (справа) модель в LS-Dyna: распределение температуры при прессовании в заготовке из сплава Д16

Численное решение поставленной задачи в процессоре LS-Dyna и обработка результатов в постпроцессоре. Ключевым фактором, влияющим на сходимость задачи и качество моделирования, является выбор настроек шага расчета (TimeStep) и адаптивной сетки. В модели применена адаптивная сетка конечных элементов (CONTROL_ADAPTIVE), которая перестраивается в процессе расчета. Модель позволяет регистрировать температурные поля по профилю заготовки в любой момент времени. Анализ показывает, что данный подход к моделированию показывает точность 5–12% при сравнении поведения характера температурного поля в заготовке в процессе прессования с экспериментальными данными. На рисунке 3 показан характер температурного распределения в фильере матрицы во время прессования

цилиндрических заготовок из алюминиевого сплава Д16.

Выводы. На основе анализа современных методов и средств математического моделирования разработан подход к моделированию и произведен выбор среды моделирования процесса прессования. В среде наукоемкого программного комплекса Ansys/Ls-Dyna была разработана численная двумерная модель технологической стадии прямого прессования предварительно нагретых цилиндрических заготовок из алюминиевого сплава. Разработанная двумерная модель позволяет выявлять основные физические закономерности поведения температурных полей и анализировать распределение температуры в фильере матрицы. Данная модель может быть использована в оптимизационных процедурах и для оптимального проектирования.

Литература:

1. Ю. Плешивцева, А. Афиногентов, Ю. Шемякин, Б. Наке, А. Никаноров. Применение методов оптимального управления для оптимизации производственных комплексов пластической деформации металлов // Информационный научно-технический журнал «Индукционный нагрев», 2010, № 3 (13), с. 43–48
2. Y. Shemyakin. Mathematical simulation for optimization of pressing stage in the «heating — hot forming» manufacturing line // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XII международной конференции (21–23 июня 2010 г., Самара, Россия). — Самара: Самарский НЦ РАН, 2010. — С. 99–99.
3. Беляев С.В., Довженко И.Н, Соколов Р.Е. Конспект лекций «Технология прессования», Красноярск: ИПК СФУ, 2007. — 310 с.

Система контроля охлаждения стойки РЭА

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель;

Гаркуш Сергей Константинович, студент

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет (Хабаровский край)

Описывается устройство, предназначенное для регулировки систем охлаждения и мониторинга процессов охлаждения.

Ключевые слова: *охлаждение, стойка, система контроля, контроль температуры, нагрев.*

Современный научно-технический прогресс неразрывно связан с расширением масштабов применения радиотехнических систем и систем телекоммуникации. Основной частью таких систем является радиоэлектронная аппаратура (РЭА), содержащая огромное количество радиокомпонентов, для изготовления которых используются современные материалы. Усложняются технологические процессы изготовления процессоров, чипсетов, микросхем и отдельных компонентов, увеличивается количество выполняемых функций, а это в свою очередь ведет к высокой интеграции элементов. Так например современный процессор AMD trinity изготовленный по 32-нм технологии с площадью ядра 246 мм² имеет 1,3 млрд. транзисторов и максимальным тепловыделением (TDP) 100 Вт.

В настоящее время сложилось такое положение когда для обеспечения требуемого температурного режима уже на стадии разработки электронных элементов требуются совместные усилия схемотехников, технологов конструкторов и теплофизиков. Создание систем охлаждения позволяет обеспечить эффективный отвод избыточной теплоты от радио элементов. Теплоотводящие устройства являются неотъемлемой частью конструктивных узлов современных РЭА.

Разработанное мной устройство предназначено для регулировки систем охлаждения и мониторинга процессов охлаждения.

Предлагается система контроля охлаждения стойки РЭА. Стойка РЭА может включать в себя до восьми блоков электроники. Каждый блок электроники может включать до 4 датчиков температуры и 2 вентиляторов с максимальной регулируемой мощностью до 10 ватт каждый. Частота вращения вентиляторов составляет

1500–3500 об/мин, и поддерживается с точностью до 5%. Логика работы системы охлаждения состоит в том, что выявляется наиболее критичный датчик температуры (выдающий наиболее высокое значение температуры) и подбирается скорость вращения вентиляторов таким образом, чтобы температурный режим пришел в требуемую норму. Перед каждым вентилятором в блоке поставлен пылевой фильтр состояние которых также контролируется системой.

На стойке РЭА расположен светодиодный дискретный индикатор (см. рисунок 1), на который выводится следующая информация: усредненная температура по каждому блоку, частота вращения вентиляторов и загрязненность пылевого фильтра в данном блоке.

Информация по состоянию каждого блока передается по радио каналу на центральный компьютер. Центральный компьютер может собирать информацию с 50 отдельных стоек. Требуемые инструкции для температурного режима каждого блока задаются при помощи центрального блока к которому подключается персональный компьютер. Далее эти инструкции передаются по радио каналу и загружаются в каждую стойку в отдельности.

В системе охлаждения имеется оповещение аварийных ситуаций. К ним относятся:

1. превышение температуры в каком либо датчике выше критического;
2. остановка вентилятора;
3. засорение пылевого фильтра.

По каждому блоку задается критическая температура, а система стремится поддерживать температуру на уровне 60 процентов от критической.

В случае возникновения критической ситуации отображается информация на стойке, а также информация



Рис. 1. Передняя панель прибора (для одного блока)

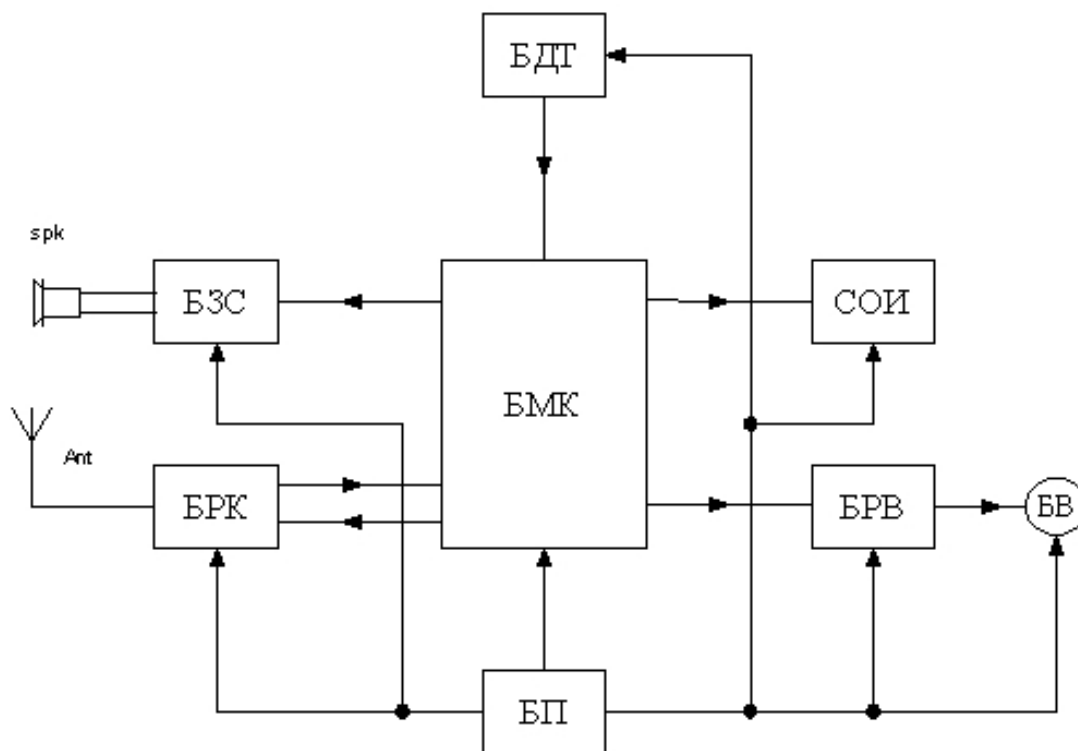


Рис. 2. Структурная схема устройства

о критическом состоянии передается на центральный пульт.

Структурная схема представлена на рисунке 2, и состоит из следующих блоков:

1. БМК — блок микро контроллера.
2. СОИ — система отображения информации.
3. БРВ — блок регулировки вращения вентиляторов.
4. БВ — блок вентиляторов.
5. БДТ — блок датчиков температуры.
6. БПК — блок радиоканала.
7. БЗС — блок звуковой сигнализации.
8. БП — блок питания.

Функциональная схема представлена на рисунке 2 и состоит из следующих блоков:

1. AVR — управляющий микроконтроллер.
2. ТУ — токовый усилитель.
3. ТК — транзисторные ключи.
4. МУХ — мультиплексор.
5. ФЦИ — формирователь цифровых импульсов.
6. В — вентилятор.
7. ЗР — система радио канала.
8. КДФ — контактный датчик состояния фильтров.
9. СНС — схема начального сброса.
10. У — усилитель.
11. ДРИ 1 — ДРИ 10 — драйверы индикаторов.
12. НЛ 1 — НЛ 10 — индикаторы.
13. ДТ — датчики температур.
14. ТКС — транзисторный ключ спикера.

15. СПК — спикер.

16. ZQ1 — кварцевый резонатор.

Схема работает следующим образом. Центральным звеном является управляющий AVR микроконтроллер, который информационно связан со всеми блоками системы. Для регулирования работы каждого вентилятора задается соответствующий режим таймера с выходом ШИМ, который эквивалентно задает скорость вращения вентиляторов. Сигнал усиливается по току и поступает на регулирующий транзисторный ключ. Для контроля частоты вращения с вентилятора снимаются частотные сигналы, которые преобразуются в цифровые импульсы, и через мультиплексор, который служит для перебора подключаемого канала, поступают на таймер-счетчик контроллера. Для контроля состояния фильтров в схеме введены контактные датчики фильтров, которые напрямую подключаются к порту микроконтроллера.

Информация выдается и принимается с радиоканала при помощи стандарта ZigBee, причем обмен информацией с центральным контроллером передается по интерфейсу SPI. По этому же интерфейсу управляющий микроконтроллер выдает информацию для драйверов индикаторов в последовательном коде. Задача драйвера индикаторов обеспечивать динамическую индикацию за подключаемый к нему индикатор.

Опрос датчиков температуры происходит последовательно посредством интерфейса I²C.

Таблица 1. Назначение портов микроконтроллера

PQ0/TOSC1	Входной частотный сигнал скорости вращения вентилятора
PD5/MOST	Интерфейс SPI
PD7/SCK	Интерфейс SPI
PD6/MISO	Интерфейс SPI
PD0/SDA	Интерфейс I ² C
PD1/SCL	Интерфейс I ² C
PE0/SDA	Интерфейс I ² C
PE1/SCL	Интерфейс I ² C
PF0/SDA	Интерфейс I ² C
PF1/SCL	Интерфейс I ² C
PC0/SDA	Интерфейс I ² C
PC1/SCL	Интерфейс I ² C
PF0/OC0A	ШИМ
PF1/OC0B	ШИМ
PF2/OC0C	ШИМ
PF3/OC0D	ШИМ
PF4/OC1A	ШИМ
PF5/OC1B	ШИМ
PE4/OC1A	ШИМ
PE5/OC1B	ШИМ
PA	Входной сигнал датчиков фильтров
PB0÷3	Управляющий сигнал MUX
PB4÷6	Вспомогательный сигнал для радиоканала
PQ1/TOSC2	Частотный сигнал для спикера
RESET	Сброс
XTAL1, XTAL2	Кварцевый резонатор

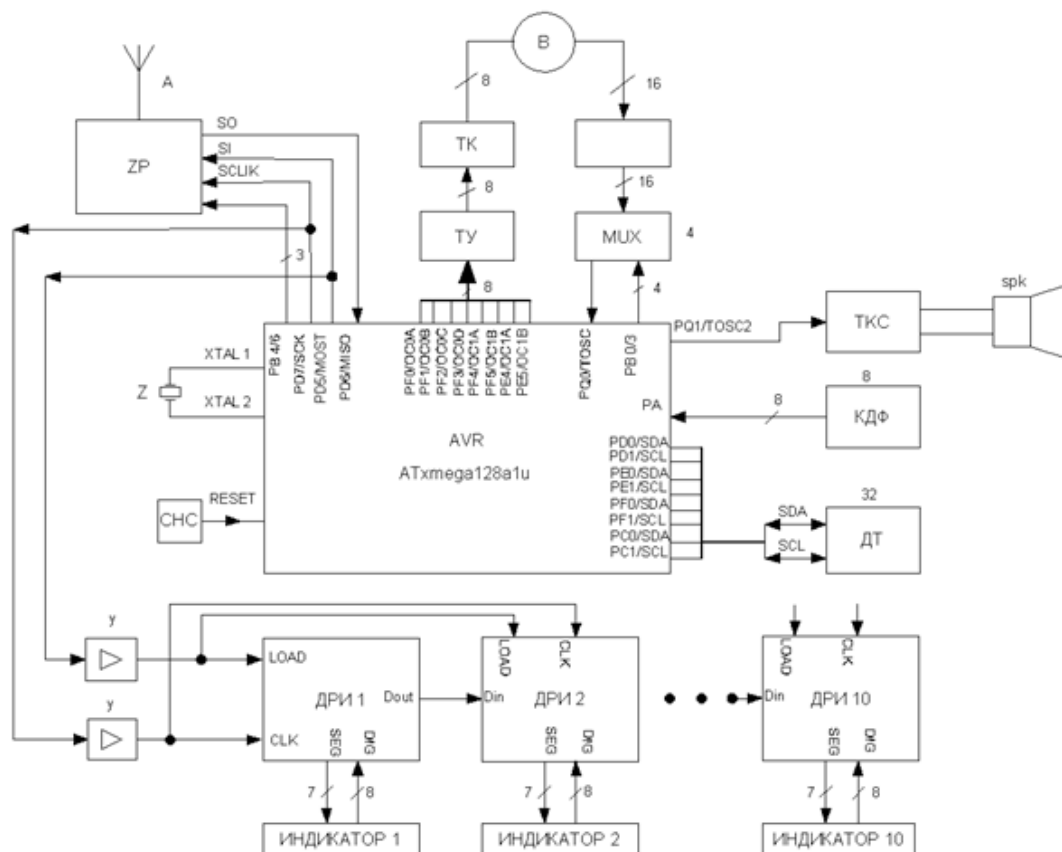


Рис. 3. Функциональная схема

Литература:

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре / Г.Н. Дульнев — М.: Высшая школа, 1984. — 247 с. : ил.;
2. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г.И. Волович — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005. — 258 с.

Проектирование информационной системы оперативно-диспетчерского управления основными производственными процессами мукомольного предприятия

Юсупов Фирнафас, кандидат технических наук, доцент;
Шарипов Максуд Сиддиқович, кандидат технических наук, доцент;
Шарипов Расулбек Сиддиқович, ассистент
Ташкентский университет информационных технологий, Ургенчский филиал (Узбекистан)

Повышение качества оперативного управления является наиболее существенным фактором эффективности любых производственных систем, в том числе мукомольных предприятий. В рамках оперативного управления одной из важнейших проблем является проблема планирования загрузки оборудования, т.е. определения структуры комплекса технических средств (модулей) и упорядочение работ на выбранной структуре производственных модулей (календарное планирование). Планирование обеспечивает взаимодействие совокупности элементов управляемого объекта для достижения заданных целей, главная из которых заключается в организации согласованного во времени и маршрутно-ориентированном пространстве движения модификации помольной партии зерна в производстве. Значимость и сложность задач управления обусловлена их иерархической структурой, функциональными особенностями, динамичностью, необходимостью эффективного использования дорогостоящего оборудования.

Заметное в последнее время возрастание интереса к вопросам построения оптимальных расписаний для различных обслуживающих систем обусловлено существенным повышением уровня автоматизации всех видов человеческой деятельности, в том числе и управления этой деятельностью мукомольных предприятий. Качество функционирования современного производства во многом определяется решениями, принимаемыми на этапах календарного планирования и оперативного управления. Наряду с улучшением качеств плановых решений все более жесткими становятся требования к сокращению сроков их выработки, повышению оперативности и гибкости управления.

В мукомольном производстве проблемы синхронизации, координации и повышения непрерывности производства решается путем выявления таких комбинаций загрузки, при которых каждый из технологических маршрутов

наилучшим образом синхронизируется с моментом освобождения рабочих мест из-под обработки предыдущей помольной партии зерна.

Основной характеристикой системы оперативного управления основными производственными процессами мукомольного предприятия будем считать скорость реакции на изменения условий функционирования производства без потери гибкости. Проблемы планирования (формирования оперативно-календарных планов) являются достаточно сложной задачей, т.к. на нее в наибольшей степени воздействует среда. Это одна из динамических систем и поэтому, помимо проблем оптимизации оперативно-календарного планирования, здесь должны быть созданы средства, повышающие устойчивость оперативно-календарных планов и средства адаптации реализуемых планов к изменяющимся условиям производства. Календарный план-расписание формирует информационную модель, которая становится базой для диспетчирования операций в реальном времени, т.е. для оперативно-диспетчерского управления рассматриваемым производством.

В управлении предприятием подсистема оперативно-диспетчерского управления производством занимает центральное место, так как является основной функциональной подсистемой интегрированной системы управления предприятием, оказывающей наибольшее влияние на эффективность деятельности предприятия и служащей связующим звеном между другими подсистемами [1].

Оперативно-диспетчерское управление представляет собой сочетание централизованного непрерывного контроля и оперативного регулирования хода производства с целью обеспечения равномерного выполнения номенклатурного плана. Его основными функциями являются [2]:

— Непрерывный учет текущей информации о фактическом ходе работ по выполнению установленного графика производства и сменно-суточных заданий;

- Выявление и анализ причин отклонений;
- Принятие оперативных мер по предупреждению и устранению отклонений от плана и различных перебоев в ходе производства;
- Координация текущей работы взаимосвязанных звеньев производства в целях обеспечения ритмичного хода работы по установленному графику.
- Организационное руководство оперативной подготовкой всего необходимого для выполнения сменно-суточных заданий и календарных графиков производства.

В разных типах производства конкретное содержание диспетчерского руководства имеет ряд существенных особенностей.

Для мукомольного производства характерна линейная планировка, где каждая помольная партия переработки зерна фактически проходит одни и те же технологические операции обработки. Таким образом, данное производство характеризуется расчленением производственного процесса на отдельные относительно короткие операции (очистка, сушка, дробления, размол зерна, прессования, экстрагирование и т.д.), выполняемые на специально оборудованных, последовательно расположенных рабочих местах — технологических линиях.

В условиях дискретно-непрерывного производства, которое является таковым мукомольное предприятие, диспетчерское наблюдение должно быть направлено на проверку соблюдения установленного ритма работы непрерывных линий по переработки зерна и норм заделов на всех стадиях производственного процесса.

Анализ особенностей оперативно-диспетчерского управления производственным участком и существующих автоматизированных систем оперативного управления производством мукомольного предприятия показывает, что производственный процесс данного предприятия характеризуется сравнительно быстрым изменением параметров производственного цикла, особенно параметры перерабатываемого сырья зерна, в пространстве и во времени, а также случайными значениями времени протекания отдельных процессов [3]. В реальных условиях производства ОДУ производственным процессом мукомольного предприятия осуществляет диспетчер, опираясь на свой опыт и интуицию, он же определяет рациональные пути выхода из нештатных ситуаций. Однако диспетчер физически не в состоянии переработать огромное количество информации о текущем состоянии интенсивности в производстве, материалах, а главное — использовать эту информацию для детального анализа текущей ситуации и принять оперативные и обоснованные решения по корректировке производственных расписаний, выявлению и устранению причин непредвиденных простоев оборудования, недогрузка, перегрузка станков (драных, размольных, ситовеечных и др.). В силу этих причин оперативное управление производственными участками основного производственного процесса мукомольного предприятия должно осуществляться при помощи автоматизированной системы, основными функциями которой

должны быть планирование, учет, контроль, анализ и регулирование хода производства.

Для реализации функциональных задач оперативно-диспетчерского управления основными процессами производственных участков мукомольного предприятия построена проект концептуальной модели процесса ОДУ с использованием вербального описания и диаграммы методологии IDEF0 (ICAM Definition) [4, 5].

Согласно разработанной концептуальной модели основного производственного процесса мукомольного предприятия диспетчер планово-диспетчерского отдела (ПДО) формирует сменные задания с учетом приоритетности интенсивности запуска модификации партии зерна, согласно текущему плану производства [6]. В ходе выполнения плана-графика основного производства диспетчер ПДО осуществляет контроль за фактическим ходом работ по выполнению установленного графика производства и сменных заданий, обрабатывает оперативные данные о текущих ситуациях на производственных участках, выявляет и анализирует причины отклонений от установленных плановых заданий.

В процессе контроля осуществляется непрерывное сравнение выходной информации с плановой на различных стадиях производственного процесса, при которых диспетчер получает комплексную лингвистическую оценку ситуаций, возникших на производственных участках основного производства мукомольного предприятия. Проанализировав полученную информацию о текущем состоянии производственных процессов, он принимает оперативное решение по устранению отклонений от плана-графика производства.

По окончании смены диспетчер осуществляет анализ и оценку эффективности функционирования производственных участков основного производства за смену, выдает отчетные формы и архивирует информацию.

Для процесса оперативно-диспетчерского управления на рис. 1 представлена диаграмма верхнего уровня, отображающими связи объекта моделирования с окружающей средой.

Входами процесса ОДУ являются: текущий план-график основного производства; оперативная информация о состоянии единиц оборудования, заделов и пневмотранспортных средств; первичные показатели о выполнении плана.

Управляющим входом ОДУ являются нормативные акты, регламентирующие производственные процессы основного производства.

Выходами процесса являются: сменные задания; план запуска модификации исходного сырья (интенсивность запуска) с учетом приоритетов; отчет о текущей ситуации технологического и производственного процесса (состояние единиц оборудования, станков, агрегатов, состояние хода производства, выполнение сменного задания и т.д.); отчет о выполнении плана производства; оценка качества функционирования основного производственного процесса; информация, извлекаемая из архива.

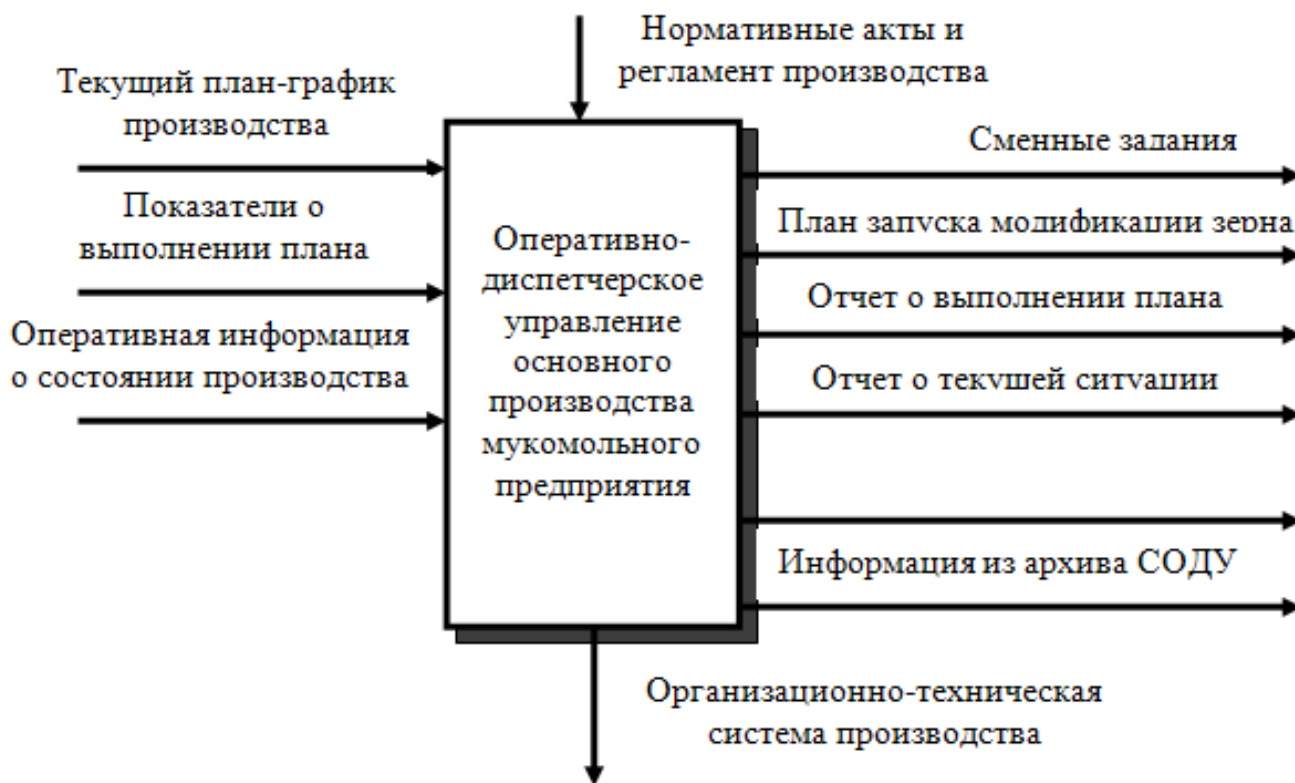


Рис. 1. IDEF0-диаграмма для процесса оперативно-диспетчерского управления основного производства

В качестве механизма, поддерживающего процесс ОДУ, выступает организационно-техническая система мукомольного предприятия, в которую входит диспетчер ПДО.

Проведя декомпозицию IDEF0-диаграммы, определим основные составляющие ее блоки (Рис. 2).

Блок 1 — включает механизм расчета приоритетности запуска модификации партии зерна в производство. Результатом является план запуска модификации партии зерна в производство, согласно установленных приоритетов.

Блок 2 — включает механизм сбора оперативной информации о состоянии производственных процессов переработки модификации партии зерна, выполнении графика работ, состоянии единиц оборудования, транспортных средств. Результатом является моделирование работы производственных участков мукомольного производства в режиме реального времени на основании детерминированной модели планирования и управления основного производства [6].

Блок 3 — определяет наличие внештатных ситуаций, требующих принятия управленческого решения от диспетчера ПДО.

Блок 4 — осуществляет поддержку принятию решения по устранению отклонений при возникновении внештатных ситуаций в ходе выполнения сменных заданий.

Блок 5 — позволяет смоделировать процесс выполнения сменного задания с учетом принятых оперативных

управленческих решений по устранению непредвиденных отклонений производства.

Блок 6 — генерирует отчеты о результатах работы производственных участков основного производства мукомольного предприятия за истекший период.

Блок 7 — осуществляет формирование архива истории производственных процессов по сменам и выдает информацию по запросам руководству предприятия.

В соответствии с основными функциональными задачами и представленными диаграммами была спроектирована логическая структура информационной системы ОДУ (рис. 3).

Логическая структура программного комплекса включает основную программу, предоставляющую пользователю удобный интерфейс и организующую последовательность, необходимую для выполнения всех программных модулей, каждый из которых соответствует функциональной задаче оперативно-диспетчерского управления.

Программный модуль «Установка приоритетности запуска модификации партии зерна» является удобным средством, которое позволяет диспетчеру структурировать проблему определения приоритетности запуска модификации помольной партии зерна.

Программный модуль «Имитационная модель функционирования основного производства» является удобным средством для исследования свойств моделей и алгоритмов оперативно-диспетчерского управления производствен-

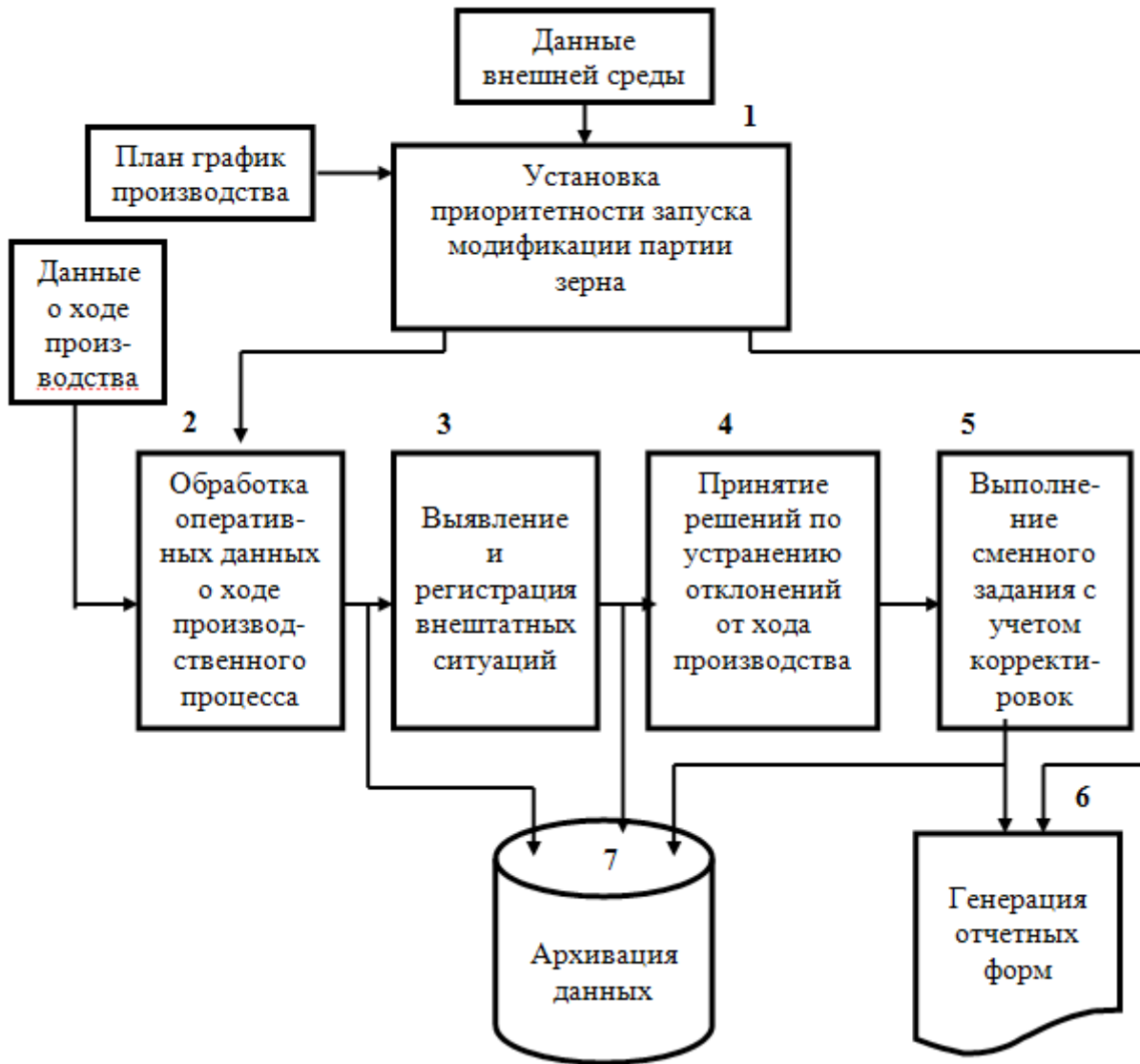


Рис. 2. Декомпозиция ОДУ основного производственного процесса

ными участками основного производства мукомольного предприятия, в частности для выявления и определения простоев единиц оборудования на производственных линиях, визуально отображает процесс функционирования производственного участка, имеет открытую архитектуру, что позволяет изменять структуру (режимов работы технологических процессов) моделируемых участков, в ускоренном масштабе времени воспроизводить различные режимы функционирования производственного процесса, что в реальных условиях невозможно.

Программный модуль «Диаграмма Ганта» является удобным средством для отображения плановых и фактических графиков загрузки единиц оборудования производственных участков, позволяющий диспетчеру ПДО осу-

ществлять оперативный контроль текущего состояния запуска помольной партии и единиц оборудования.

Программный модуль «Принятие решений» на основании данных о текущей ситуации выдает диспетчеру ПДО совет по корректировке хода производственного процесса.

Таким образом, спроектированная информационная система оперативно-диспетчерского управления основного производства мукомольного предприятия соответствующих основным функциональным задачам оперативно-диспетчерского управления производственными участками, позволяет сократить длительность простоев производственных линий и оптимально распределять ресурсы, будут способствовать повышению эффективности производства в целом.

Литература:

1. Фатхутдинов Р. А. Производственный менеджмент: (краткий курс)/Р. А. Фатхутдинов. — СПб.: Питер, 2004. — 263 с.

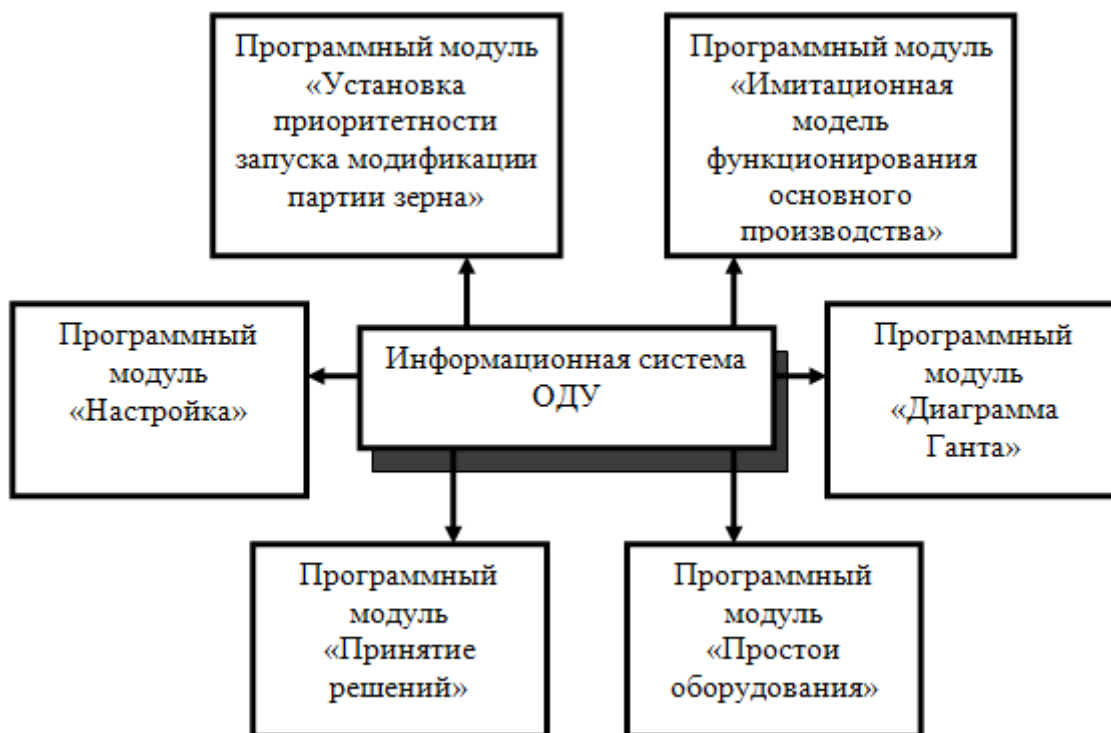


Рис. 3. Логическая структура информационной системы ОДУ

2. Бухало С. М. Организация, планирование и управление деятельностью промышленного предприятия/С. М. Бухало. — К.: Вища школа, 1989. — 472 с.
3. Бутковский В. А., Мерко И. А., Мельников Е. М. Технологии зерноперерабатывающих производств. — М.: Интеграф сервис, 1999. — 472 с.
4. Кашуба С. Б., Шевченко С. Г. Разработка программного обеспечения реализации комплекса функциональных задач оперативно-диспетчерского управления бизнес-процессами производственного участка/С. Б. Кашуба, С. Г. Шевченко//Нов технолог. — 2010. — № 3 (29). — С. 73–81.
5. Избачков Ю., Петров В. Информационные системы. Учебник для вузов.2-изд./ Ю.Избачков, В.Петров. — СПб.: Питер. 2005. — 656 с.
6. Юсупов Ф., Шарипов М. С., Садиков С. Б. Автоматизация управления производственным процессом размола зерна на основе объемных статических моделей/Международная научно-практическая конференция. Сборн. научных статей. «Инновация-2003» Ташкент, 2003. — с. 232–233.

Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 10 (57) / 2013

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М.Н.

Иванова Ю.В.

Лактионов К.С.

Комогорцев М.Г.

Ахметова В.В.

Брезгин В.С.

Котляров А.В.

Яхина А.С.

Насимов М.О.

Ответственный редактор:

Кайнова Г.А.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (*Армения*)

Арошидзе П. Л. (*Грузия*)

Атаев З. В. (*Россия*)

Велковска Г. Ц. (*Болгария*)

Гайич Т. (*Сербия*)

Данатаров А. (*Туркменистан*)

Ешиев А. М. (*Кыргызстан*)

Игисинов Н. С. (*Казахстан*)

Лю Цзюань (*Китай*)

Нагервадзе М. А. (*Грузия*)

Прокопьев Н. Я. (*Россия*)

Прокофьева М. А. (*Казахстан*)

Ребезов М. Б. (*Россия*)

Хоналиев Н. Х. (*Таджикистан*)

Хоссейни А. (*Иран*)

Художник:

Шишков Е. А.

Верстка:

Буриянов 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.