

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



24 2019  
ЧАСТЬ II

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 24 (262) / 2019

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

*Главный редактор:* Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

*Редакционная коллегия:*

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук (Узбекистан)  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*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)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кожурбаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

---

---

На обложке изображен *Кваме Энтони Аппиа* (1954), философ, культуролог, писатель ганского происхождения.

Кваме родился в Лондоне в семье юриста, дипломата и политика из Ганы Джо Эммануэля Аппиа и британской аристократки Пегги Криппс. В свое время их брак широко освещался в международной прессе, потому что это была одна из первых межрасовых свадеб в Великобритании. Все свое детство Кваме прожил в Кумаси (Гана). Высшее образование в области философии и африканистики он получал в Ганском, Йельском, Гарвардском и Принстонском университетах. В Кембридже он защитил диссертацию, посвященную принципам основы вероятностной семантики, объединившую вопросы философии языка и философии сознания.

После Кембриджа Аппиа преподавал в Йельском, Корнелльском, Герцогском и Гарвардском университетах и читал лекции в Соединенных Штатах, Германии, Гане и Южной Африке, а также в Высшей школе естественных наук в Париже; был сотрудником Принстонского университета. С 2014 года он занял должность профессора философии и права в Нью-Йоркском университете, где сейчас и преподает — как в Нью-Йорке, так и на других глобальных площадках Нью-Йоркского университета.

Профессор Аппиа публикуется в литературных и культурных изданиях, уделяя особое внимание африканской и афроамериканской культуре. В 1992 году издательство Оксфордского университета опубликовало его книгу «В доме моего отца», в которой исследуется роль африканской и афроамериканской интеллигенции в формировании современной африканской культурной жизни. Эта работа была удостоена книжной премии

Анисфилд-Вольф, а также премии Гершковица от Ассоциации африканских исследований за «самую важную научную работу в области африканских исследований, опубликованную на английском языке». В тесном сотрудничестве с Генри Луисом Гейтсом-младшим — американским литературным критиком и профессором Гарвардского университета — Аппиа редактировал энциклопедию «Африкана». В настоящее время его интересы охватывают интеллектуальную историю и литературоведение Африки и афроамериканцев.

В своих работах Аппиа также рассуждает об «откровенно политической» роли литературного перевода. Он утверждает, что переводчик художественного произведения не передает истинных намерений иностранного автора, но пытается установить отношения между иностранным текстом и своей собственной культурой. В своих собственных переводах Аппиа применяет «этнографический подход к иностранному тексту», конечная цель которого — наделить перевод идеологической функцией в целевой культуре: например, сделать так, чтобы он помогал в борьбе с расизмом или мнимым культурным превосходством Запада.

В 2010 году журнал *Foreign Policy* включил Аппиа в свой ежегодный список выдающихся мыслителей мира; ему также была вручена Национальная медаль гуманитарных наук на церемонии в Белом доме.

В 2018 году он был председателем жюри, присуждающего Букеровскую премию.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

**Бузмаков Г. А., Горбачев Д. В., Николаев К. И., Азизов Т. Э.**

Применение вектора Шепли и индекса Банзафа для определения значимости генов при болезни Альцгеймера.....79

**Горбачев Д. В., Азизов Т. Э., Бузмаков Г. А., Николаев К. И.**

Анализ общей стоимости сети с учетом сбоев в цепочке поставок .....82

**Исмоилов Э. А., Кушбаков С. М., Абдурашидов А. А.**

Возможности применения метода вариационных итераций и метода разложения Адомиана для нахождения приближенного решения некоторых эволюционных уравнений .....84

**Шмаль С. Н., Куртикова Э. Р., Куртикова А. Р., Янев Ж.**

Кодировка узловых путевых структур диаграммами Гаусса и их комбинаторные приложения .....87

### ФИЗИКА

**Алмазов Г. В.**

Изучение компонентов универсального вакуумного стенда для исследования процессов газовой выделенности в вакууме .....91

**Макеев Д. Ю.**

Влияние расхода теплоносителя на установившуюся электрическую мощность в быстрых ядерных реакторах при возникновении плотностного эффекта реактивности .....96

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Азизов Т. Э., Горбачев Д. В., Николаев К. И., Бузмаков Г. А.**

Макроэкономика в контексте больших данных ..... 101

**Гусев В. М.**

Классификация и сравнительный анализ схем гибридной маршрутизации MANET-DTN ..... 103

**Николаев И. В., Авраимов С. С.**

Децентрализованный агрегатор новостных публикаций на основе технологии blockchain ..... 107

**Печеницын И. А.**

Применение векторизации слов для нечеткого поиска ..... 109

**Фатьянов А. С.**

Микропроцессорная система регулирования процесса цементирования нефтегазовых скважин ..... 112

**Ходикян Р. А.**

Использование тезаурусов для автоматизации построения поисковых запросов в интернете ..... 118

**Юргина Т. С., Казанская О. В.**

Разработка шаблонов кейсов для образовательной программы MFJ (My Future Job) ..... 120

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Афанасьев Н. В., Немчинов Д. В.**

Программная реализация системы управления предаварийными ситуациями парового котла ДЕ 16/14 ..... 122

**Бадмаев А. В., Доржиев В. В.**

Использование микро-ГЭС деривационного типа для электроснабжения отдаленных населенных пунктов ..... 124

**Габидуллин А. З.**

Технология термической обработки сварных соединений с сопутствующим наложением вибрационных колебаний ..... 128

<b>Гончарук А. И., Гончарук О. В., Ковалевский В. Н., Шангареев Э. Р., Ашрапов Б. Д.</b> Совершенствование процесса очистки днища кузова автомобиля и расположенных под ним агрегатов от сильносвязанных загрязнений при подготовке к выполнению окрасочных работ ..... 132	<b>Латыпов Г. Р.</b> Кожухотрубчатый теплообменник с геликоидальным потоком..... 140
<b>Журков А. А.</b> Исследовательское обоснование эффективности применения технологии гелеобразующих составов на Ореховской площади Орехово- Ермаковского месторождения..... 135	<b>Орленко В. А.</b> Способы защиты металлоконструкций от коррозии ..... 144
<b>Заиди Л. С.</b> Особенности организации и проведения натурных исследований при производстве судебной строительно-технической экспертизы в арбитражном процессе..... 137	<b>Орлов П. В., Андреев В. Г.</b> Выделение сигнала на фоне коррелированных помех и некоррелированного шума ..... 145
<b>Касым С.</b> Разработка и анализ системы наведения группировки малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли ..... 139	<b>Павлов О. П.</b> Расчет и моделирование высокочастотных резонансных инверторов ..... 148
	<b>Пикалов М. Е., Пухова Е. А.</b> Методика расчёта внутрибаллистических характеристик РДТТ при помощи САПР ..... 152
	<b>Пикалов М. Е., Пухова Е. А.</b> Сравнение характеристик ракет-носителей СОЮЗ-2.1В и VEGA ..... 156
	<b>Шумский Н. М., Грынив О. Б., Шумская К. А.</b> Основные способы осушки газа..... 158
	<b>Шурыгин Р. Е., Хохлов В. Н., Исаева Е. Д., Сорокина О. Е.</b> Хранение отработанного ядерного топлива ... 159

## МАТЕМАТИКА

### Применение вектора Шепли и индекса Банзафа для определения значимости генов при болезни Альцгеймера

Бузмаков Григорий Александрович, студент;  
 Горбачев Дмитрий Витальевич, студент;  
 Николаев Константин Игоревич, студент;  
 Азизов Теймур Эльшад Оглы, студент  
 Санкт-Петербургский государственный университет

**Введение.** Процесс преобразования наследственной информации от гена в РНК или белок называется экспрессией генов. Каждая клетка транскрибирует различные гены в виде молекулы РНК в соответствии с типом клетки, биологическими процессами, нормальным или патологическим состоянием и т.д. Разнообразие в профилях генной экспрессии интенсивно изучается ввиду его биологического и клинического значения.

Целью данной работы является решение проблемы определения относительной значимости генов при патогенезе болезни Альцгеймера, используя данные, полученные с помощью технологии микрочипов, с учетом уровня взаимодействия между генами.

**Обзор литературы.** Сегодня есть возможность одновременно отслеживать экспрессию десятков тысяч генов благодаря технологии микрочипов, впервые использованной в конце 1980-х годов. Полученные данные могут быть использованы для выявления генов, отвечающих за конкретное заболевание.

В литературе представлено большинство моделей для анализа данных: вывода из матрицы данных экспрессии генов, роли генов, их взаимодействий и их поведения при изменении состояния биологической системы. Кроме аналитических методов также может использоваться теория кооперативных игр. В [1] введен класс игр с микрочипами, позволяющий количественно оценить значимость каждого гена в патогенезе генетического заболевания, представляющего интерес, с учетом наблюдаемых взаимосвязей во всех подгруппах генов и обосновано использование вектора Шепли для ранжирования генов. В [2] предложено множество свойств, характеризующих индекс Банзафа, и доказана правомерность его использования для вычисления индекса значимости генов.

**Математическая модель.** Основная идея данной модели заключается в применении теории кооперативных игр, где в роли игроков выступают гены. Пусть  $N = \{1, \dots, n\}$  множество генов,  $S_R = \{1, \dots, r\}$  и  $S_D = \{1, \dots, d\}$ , соответственно, множества образцов клеток из здоровых тканей и тканей с генетическим заболеванием.

Задача экспериментов с микрочипами состоит в сопоставлении каждому образцу  $j \in S_D \cup S_R$  профиль экспрессии  $A(j) = (A_{ij})_{i \in N}$ , где  $A_{ij} \in \mathbb{R}$  — величина экспрессии гена  $i$  в образце  $j$ . Вместе эти значения называются набором данных эксперимента микрочипов и могут быть представлены в форме двух матриц  $A^{S_R} = (A_{ij}^{S_R})_{i \in N, j \in S_R}$  и  $A^{S_D} = (A_{ij}^{S_D})_{i \in N, j \in S_D}$ , где столбцы — это профили экспрессии образцов. Пусть  $E = N, S_R, S_D, A^{S_R}, A^{S_D}$  — микрочиповая экспериментальная ситуация (МЭС).

Для начала необходимо определить, экспрессия каких генов из больных клеток выражается аномально по отношению к экспрессии генов из здоровых. Так строим булевый профиль экспрессии  $B^j = (B_{ij})_{i \in N}$ , элементы которого принимают значение 1, если ген выражен аномально, и 0 — в противном случае. Отображение  $m$ , присваивающее каждому профилю экспрессии из больных образцов соответствующий булевый профиль экспрессии, называется дискриминантным методом. В итоге получаем булеву матрицу экспрессии  $B^{E,m} \in \{0,1\}^{N \times S_D}$ .

Микрочиповая игра — это кооперативная игра  $(N, v)$ , где

$N$  конечное множество генов в роли игроков,

$v$  — характеристическая функция, присваивающая каждой коалиции среднее значение количества образцов с интересующей нас болезнью

$$v(T) = \frac{|\Theta(T)|}{|S_D|},$$

где  $\Theta(T) = \{k \in S_D | sp(B^{E,m}(k)) \subseteq T, sp(B^{E,m}(k)) \neq \emptyset\}$ , а  $sp(W) = \{i \in \{1, \dots, n\} | W_i = 1\}$  — опора вектора.

Класс микрочиповых игр обозначим символом  $\mathcal{M}$ .

Простой игрой будем называть игру  $(N, u_R)$  на  $R \subseteq N$ , где  $u_R(T) = 1$ , если  $R \subseteq T$ , и 0 — в противном случае.

Любая кооперативная игра  $(N, v)$  может быть записана в виде линейной комбинации единогласных игр:

$$v = \sum_{S \subseteq N, S \neq \emptyset} \lambda_S(v) u_S,$$

где  $\lambda_S = \frac{\bar{\lambda}_S}{|S_D|}$  — коэффициент единогласия, а  $\bar{\lambda}_S = \left| \{k \in S_D | sp(B^{E,m}(k)) = S\} \right|$ .

Через коэффициенты единогласия игры  $(N, v)$  могут быть даны модифицированные представления вектора Шепли

$$\varphi_i(v) = \sum_{S \subseteq N: i \in S} \frac{\lambda_S(v)}{|S|}, i \in N$$

и индекса Банзафа

$$\beta_i(v) = \sum_{S \subseteq N: i \in S} \frac{\lambda_S(v)}{2^{|S|-1}}, i \in N,$$

которые обладают свойствами, соответствующими биологическим законам.

Индексом значимости — это решение  $F: \mathcal{M}^N \rightarrow \mathbb{R}^N$  в классе микрочиповых игр с набором генов  $N$  в качестве множества игроков. В контексте микрочиповых игр, решение рассматривается как вектор ранжирования силы генов, то есть ген получивший наибольший «выигрыш» является наисильнейшим в данной выборке и так далее.

**Результаты.** Возьмем посмертные данные микрочипов из тканей лобной и височной коры головного мозга, а также гиппокампа у пациентов с наличием болезни Альцгеймера или другой сосудистой деменции. Эти данные находятся в открытом доступе [3]. За больные образцы взяты образцы тканей с болезнью Альцгеймера, за «здоровые» — образцы с другой деменцией.

Рассмотрим МЭС  $E = N, S_R, S_D, A^{S_R}, A^{S_D}$ , где  $|N| = 4033, |S_D| = 32, |S_R| = 47$ . Получаем следующие данные. При использовании индекса Банзафа многие гены получили одинаковый индекс значимости (рис. 1), что обусловлено слишком большим значением, стоящим в знаменателе при вычислении индекса Банзафа, а именно  $2^{|S|-1}$ , где  $|S|$  — мощность коалиции, в то время, как в знаменателе вектора Шепли стоит просто  $|S|$ . Первые 10 генов по убыванию индекса значимости, вычисленному с помощью вектора Шепли, представлены в таблице 1.

Глобально разница в результатах представлена на левом графике (рис. 1), по вертикали стоит значение индекса значимости, а по горизонтали — ранг гена, вычисленного с помощью вектора Шепли. На правом графике показано,

Таблица 1. Первые 10 генов по индексу значимости, посчитанному с помощью вектора Шепли, у мужчин и женщин вместе и по отдельности

Мужчины и Женщины		Мужчины		Женщины	
Ген	$\varphi (*10^{-3})$	Ген	$\varphi (*10^{-3})$	Ген	$\varphi (*10^{-3})$
RYR1	1,42125	ACAA1	0,87529	ZC3H11A	1,40275
HYDIN2	1,3214	HNRNPA3P1	0,79922	CCDC190	1,39448
FAHD2B	1,31450	MMAB	0,79355	ALDH2	1,19962
GALNT15	1,27645	TDH	0,7922	AF074983	1,10729
ECHDC2	1,17365	NINL	0,78509	RHBDD1	1,08732
PLEC	1,16275	TDRD3	0,78163	ARHGFE10	1,07735
PFDN5	1,14733	WDR49	0,77295	AK023372	1,02686
ZC3H11A	1,13735	ZNF185	0,77011	ZNF761	0,99062
NDUFS6	1,1145	PFDN5	0,76712	ADGRA3	0,98517
WDR49	1,08939	ZNF844	0,76267	RYR1	0,98269

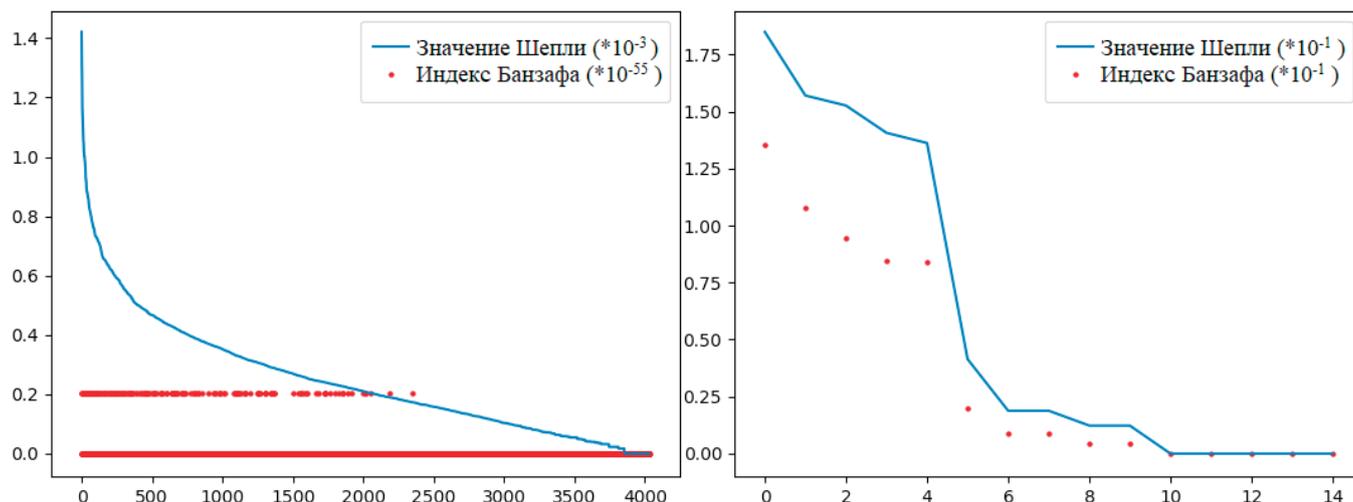


Рис. 1. Разница в индексах значимости генов, полученных с помощью вектора Шепли и индекса Банзафа для 4033 и 15 генов

что при уменьшении количества рассматриваемых генов с 4033 до 15 уменьшается и разница в рангах генов, найденных двумя разными способами, что говорит о возможности использования индекса Банзафа для вычисления индекса значимости при небольшом количестве генов.

Доказано, что у мужчин и женщин болезнь Альцгеймера протекает по-разному. Рассмотрим еще две МЭС  $E' = N, S'_R, S'_D, A^{S'_R}, A^{S'_D}$  для мужчин и  $E'' = N, S''_R, S''_D, A^{S''_R}, A^{S''_D}$  для женщин. В таблице 2 так же представлены первые 10 позиций по индексу значимости, посчитанного с помощью вектора Шепли отдельно для мужчин и женщин.

Многие полученные результаты подтверждены современными научными публикациями: например, влияние генов RYR1 и ALDH2 на процесс болезни Альцгеймера описано в [4] и [5], роль шаперонов в патогенезе болезни Альцгеймера, в комплекс которых входит ген PFDN5, описана в [6]. Также выявлены гены, которые могут играть ключевую роль при патогенезе этой болезни, но еще не рассмотренные в научной литературе.

**Вывод.** Результатом использования рассмотренного подхода является распределение вектора решения, примененного к микрочиповой игре. Данный подход представляет интерес для генетического анализа и предлагает новый математический подход для данной области.

Литература:

1. Moretti S., Patrone F., Bonassi S. The class of microarray games and the relevance index for genes // TOP. 2007. No 15. P. 256–280.
2. Lucchetti R., Moretti S., Patrone F., Radrizzani P. The Shapley and Banzhaf value in microarray games. // Computers & Operations Research 37. 2010. P. 1406–1412.
3. The National Center for Biotechnology Information. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/gds/analyze/analyze.cgi?ID=GDS4758>.
4. Chami M., Checler F. Ryanodine receptors: dual contribution to Alzheimer disease? // Channels (Austin). 2014. P. 168–168.
5. Ma L., Lu Z. N. Role of ADH1B rs1229984 and ALDH2 rs671 gene polymorphisms in the development of Alzheimer's disease // Genet. Mol. Res. 2016. Vol. 15. No 4. P. 1–8.
6. Loke S. Y., Wong P. T., Ong W. Y. Global gene expression changes in the prefrontal cortex of rabbits with hypercholesterolemia and/or hypertension // J. Mol. Neurosci. 2007. No 102. P. 33–56.

## Анализ общей стоимости сети с учетом сбоев в цепочке поставок

Горбачев Дмитрий Витальевич, студент;  
Азизов Теймур Эльшад Оглы, студент;  
Бузмаков Григорий Александрович, студент;  
Николаев Константин Игоревич, студент  
Санкт-Петербургский государственный университет

### Введение

В настоящее время планирование цепочки поставок является основной исследовательской задачей для успешного удовлетворения потребностей клиентов при одновременном повышении эффективности работы. Планирование цепочки поставок задает направление товарных потоков для эффективного баланса спроса и предложения на совокупном уровне в среднесрочном горизонте планирования с учетом заданной структуры местоположения объекта, мощностей, потребительского спроса и количества заказов. Также важной задачей является защищать и оберегать цепочку поставок от разрушающих факторов и снижать ее уязвимость к сбоям. Фактически, в результате глобализации управление цепочками поставок стало более сложным.

### Основные проблемы, возникающие в цепочках поставок

Управление цепями поставок является уникальным, так как объединяет большое количество компаний и зависит от различных факторов.

Практика показывает, что основными источниками проблем являются:

- Материальный поток (запасы, груз, продукция);
- Отношения;
- Информационный поток (электронный обмен данными).

Также выделим основные проблемы, возникающие в цепях поставок:

Конфликт в отношениях; безопасность; несвоевременность; колебания спроса; неточность; недостаток ресурсов; недоиспользование ресурсов.

**Обзор литературы.** В статье [1] рассматривается модель системной динамики в качестве эффективного количественного подхода для анализа влияния осуществления и одновременного распространения нарушений, вызванных террористическими актами, на производительность цепочек поставок. Авторы исследования говорят о сложности и уязвимости к сбоям в цепях в связи с увеличением потока товаров, информации, финансовых ресурсов и многочисленных интерфейсов.

В статье [2] авторы также исследуют распространение сбоев по цепочкам поставок, считая эту проблему критически важной, так как она приводит к экономическому ущербу для каждой организации, и при этом снижает конкурентоспособность национальной логистики. Это исследование

предоставляет числовые значения с точки зрения важности проблемы безопасности в Латинской Америке.

Исследуемая модель основана с помощью математической модели, приведенной в статье [3]. Авторы используют симуляцию и эксперименты с продажами пива, чтобы проверить влияние различных способов заказа при различных настройках процесса поставки в последовательной цепочке поставок. В статье показано, что эффект кнута встречается не во всех случаях и находят существование обратного эффекта кнута, в котором изменение заказа увеличивается по мере продвижения от поставщика до потребителя в цепочке поставок.

Также для устранения последствий сбоев важно уметь правильно управлять запасами и самой динамической системой. В статье [4] рассматривается одна из наиболее распространенных задач динамического принятия решений — регулирование состояния запаса или системы. В такой задаче менеджер стремится поддерживать количество запасов на определенном целевом уровне или, по крайней мере, в приемлемом диапазоне.

### Математическая модель

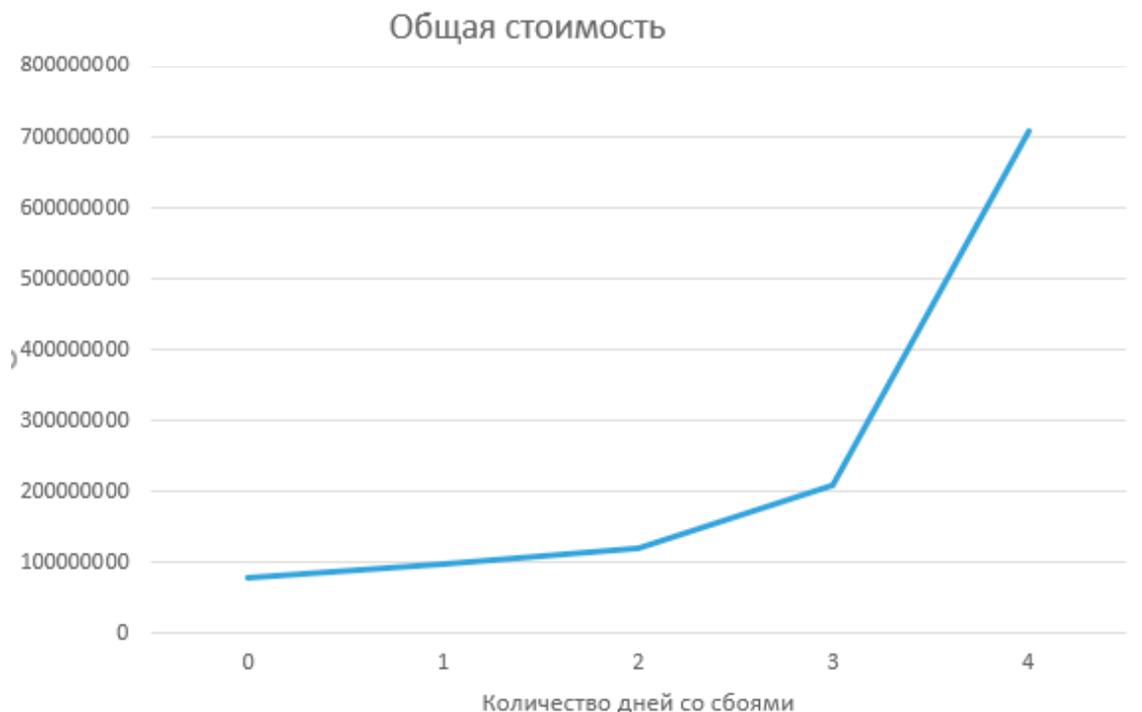
В данной работе рассматривается динамическая логистическая сеть, которая связывает несколько организаций: поставщика сырья, поставщика комплектующих и производителя. В исследуемой модели добавлен склад к каждому этапу данной сети. В текущей задаче международная граница находится между поставщиком сырья и поставщиком комплектующих. Она также является основным источником сбоев в цепочке поставок. В модели учитываются уровень запасов, спрос, задержки в поставках на каждом этапе цепочки поставок.

Целевой функцией является  $TC = uihc * I + ubc * B$  — общая стоимость, создаваемая для каждого этапа.

### Результаты

Для того, чтобы понять, как система справляется со сбоями, рассмотрены результаты алгоритма работы цепочки поставок с учетом сбоев разной продолжительности.

На данном графике показана зависимость общей стоимости хранения и издержек на этапе, на котором был вызван сбой с количеством дней сбоев системы. Рассмотрели 5 состояний системы без сбоев и со сбоями продолжительностью 1, 2, 3, 4 дня соответственно.



На этом графике можно заметить, что сбои продолжительностью от 1 до 3 дней не несут существенных потерь. Разница между общей стоимостью сети без сбоев и общей стоимостью сети со сбоями в один день равна 20 696 000 у.е., что является 26,5% от общей стоимости (ОС). Разница между ОС сети со сбоями в 1 и 2 дня равна 20 373 000 у.е., что 20,6% от общей стоимости для вто-

рого рассмотренного случая. Разница между ОС сети со сбоями в 2 и 3 дня равна 90 610 000 у.е., что является 76% потерь от ОС. В то время как разница между стоимостью в системе со сбоями в 3 и 4 дня равна 697 879 000 у.е.. Это 332% потерь.

В следующей таблице представлена разница в общей стоимости сети между соседними состояниями системы.

Без сбоев и сбой в 1 день	26,5%
Сбои в 1 и 2 дня	20,6%
Сбои в 1 и 3 дня	76%
Сбои в 3 и 4 дня	332%

**Вывод.** Заметно что при непродолжительных сбоях система является достаточно устойчивой и не несет существенных потерь в общей стоимости. Также в случае длительных сбоев заметна нестабильность уровня заказов,

в связи с этим значительно увеличивается уровень запасов на складе. В результате, суммарный заказ становится неустойчивым, что приводит к большим затратам на хранение товаров.

Литература:

1. Bueno-Solano, A. Dynamic impact on global supply chains performance of disruptions propagation produced by terrorist acts / A. Bueno-Solano, M. G. Cedillo-Campos; Transportation research part E: logistics and transportation review 61: 1–12, 2014.
2. Cedillo-Campos, M. G. Supply chain disruptions propagation caused by criminal acts / M. G. Cedillo-Campos and other; Journal of applied research and technology: 684–694, 2014.
3. Ying Rong. The impact of ordering behavior on order-quantity variability: A study of forward and reverse bullwhip effects / Ying Rong, Zuo-Jun Max Shen, Lawrence V. Snyder; Flexible services and manufacturing journal 20(1): 95–124, 2009.
4. Serman John D. Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision-making experiment / Management Science 3 (35): 321–339, 1989.

## Возможности применения метода вариационных итераций и метода разложения Адомиана для нахождения приближенного решения некоторых эволюционных уравнений

Исмоилов Элбек Абдурашидович, ассистент;  
Кушбаков Санжарбек Мавлидинович, студент магистратуры;  
Абдурашидов Акмалжон Аблакулович, соискатель  
Самаркандский государственный университет (Узбекистан)

*Метод вариационных итераций и метод разложения Адомиана для нахождения точного решения уравнений некоторых эволюционных уравнений. Получены новые точные решения этих уравнений. Показано, что эти методы являются эффективными и более мощными математическими инструментами для решения линейных и нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных.*

**Ключевые слова:** дифференциальные уравнения в частных производных, метод вариационных итераций, метод разложения Адомиана, точное решение.

## Approximate solution of evolution equations variational iteration method and Adomian decomposition method

Ismoilov Elbek Abdurashidovich, assistant;  
Kushbakov Sanjarbek Mavlidinovich, master student;  
Abdurashidov Akmaljon Ablakulovich, researcher  
Samarkand State University (Uzbekistan)

*In this paper, variational iteration method and Adomian decomposition method has been applied to obtain exact solutions of evolution equations. The new exact solutions of these equations have been obtained. It has been shown that the proposed methods provide a very effective, and powerful mathematical tool for solving linear and nonlinear partial differential equations.*

**Keywords:** partial differential equations; variational iteration method; Adomian decomposition method, exact solution.

Математическое моделирование многих реальных нелинейных явлений приводится к дифференциальным уравнениям в частных производных. Особенно эволюционные уравнения появляются в широком диапазоне научного исследования в различных областях механики, физики, прикладной математики. До настоящего времени разработаны многие уникальные методы [1, 2, 5, 6], чтобы исследовать почти все виды эволюционные уравнения и получить их точное решение. Цель данной работы состоит в том, чтобы показать эффективности из этих методов: метода вариационных итераций (МВИ) и метода разложения Адомиана (МРА), возможности легко, быстро и точно решать большой класс задач математической физики.

**Пример 1.** Требуется приближенно решать следующую задачу с уравнением телеграфа вышесказанными методами (МВИ и МРА) [1, 2]:

$$u_{xx}(x,t) = u_{tt}(x,t) + 4u_t(x,t) + 4u(x,t), \quad x \in R, \quad u(0,t) = e^{-2t}, \quad u_x(0,t) = 2. \quad (1)$$

По идее МВИ имеем формулу приближенного решения данной задачи:

$$u_{n+1}(x,t) = u_n(x,t) + \int_0^x \lambda(\xi) \left( \frac{\partial^2 u_n(\xi,t)}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \tilde{u}_n(\xi,t)}{\partial t^2} - 4 \frac{\partial \tilde{u}_n(\xi,t)}{\partial t} - 4 \tilde{u}_n(\xi,t) \right) d\xi.$$

Здесь  $\lambda(\xi)$  — множитель Лагранжа, а для стационарного случая  $1 - \lambda'(\xi)|_{\xi=x} = 0$ ,  $\lambda(\xi)|_{\xi=x} = 0$  и  $\lambda''(\xi)|_{\xi=x} = 0$  и отсюда имеем  $\lambda(\xi) = \xi - x$ .

Применяя МВИ, получим следующие результаты:

$$u_0(x,t) = 2x + e^{-2t}; \quad u_1(x,t) = 2x + e^{-2t} + 8 \frac{x^3}{3!}; \quad u_2(x,t) = 2x + e^{-2t} + 8 \frac{x^3}{3!} + 32 \frac{x^5}{5!}; \dots;$$

$$u_n(x,t) = e^{-2t} + 2x + 8\frac{x^3}{3!} + 32\frac{x^5}{5!} + \dots + \frac{(2x)^{2n+1}}{(2n+1)!}; \text{ и т. д.}$$

Точное решение задачи (1):

$$u(x,t) = \lim_{n \rightarrow \infty} u_n(x,t) = e^{-2t} + \text{sh}(2x).$$

Для МРА имеем следующий алгоритм приближенного решения данной задачи [1, 2]:

$$Lu(x,t) = u_{tt}(x,t) + 4u_t(x,t) + 4u(x,t), \quad u(0,t) = e^{-2t}, \quad u_x(0,t) = 2,$$

где  $L = \partial^2 / \partial x^2$  - дифференциальный оператор;  $L^{-1} = \int_0^x \int_0^x (*) d\xi$  — интегральный оператор. Применение обратного оператора к заданному уравнению:  $u(x,t) = 2x + e^{-2t} + L^{-1}(u_{tt}(x,t) + 4u_t(x,t) + 4u(x,t))$ . Основная идея МРА это составление функциональное уравнение вида  $u = \sum_{n=0}^{\infty} u_n(x,t)$ . Отсюда имеем рекуррентное соотношение вида;

$$u_{n+1} = L^{-1}[(u_n(x,t))_{tt} + 4(u_n(x,t))_t + 4u_n(x,t)], \quad n \geq 0. \text{ Аппроксимации: } u_0(x,t) = 2x + e^{-2t}; \quad u_1(x,t) = 8\frac{x^3}{3!}; \quad u_2(x,t) = 32\frac{x^5}{5!};$$

и т. д.

Точное решение задачи (1):

$$u(x,t) = 2x + e^{-2t} + 8\frac{x^3}{3!} + 32\frac{x^5}{5!} + \dots = e^{-2t} + \text{sh}(2x).$$

**Пример 2.** Требуется приближенно решать следующую задачу со системой линейных однородных дифференциальных уравнений в частных производных вышесказанными методами (МВИ и МРА) [1, 2]:

$$\begin{aligned} u_t(x,t) + u_x(x,t) - 2v(x,t) &= 0, \quad v_t(x,t) + v_x(x,t) + 2u(x,t) = 0, \\ u(x,0) &= \sin x, \quad v(x,0) = \cos x. \end{aligned} \tag{2}$$

1) По идею МРА имеем формулу приближенного решения задачи (2):

$$\begin{cases} L_t u(x,t) + L_x u(x,t) - 2v(x,t) = 0, \\ L_t v(x,t) + L_x v(x,t) + 2u(x,t) = 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u(x,t) = \sin x - L_t^{-1}(L_x u(x,t) - 2v(x,t)), \\ v(x,t) = \cos x - L_x^{-1}(L_t v(x,t) + 2u(x,t)), \end{cases}$$

$$\begin{cases} u(x,t) = u_0(x,t) + u_1(x,t) + \dots, \\ v(x,t) = v_0(x,t) + v_1(x,t) + \dots, \end{cases} \quad \begin{cases} u_0(x,t) = \sin x, \\ v_0(x,t) = \cos x, \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_{n+1}(x,t) = -L_t^{-1}(L_x u_n(x,t) - 2v_n(x,t)), \\ v_{n+1}(x,t) = -L_x^{-1}(L_t v_n(x,t) + 2u_n(x,t)), \end{cases} \quad n \geq 0.$$

Здесь  $L_t = \frac{\partial}{\partial t}$ ,  $L_x = \frac{\partial}{\partial x}$ ,  $L_t^{-1}(\cdot) = \int_0^t (\cdot) ds$  - операторы. Тогда имеем

$$\begin{cases} u_1(x,t) = -L_t^{-1}(L_x u_0(x,t) - 2v_0(x,t)) = t \cos x, \\ v_1(x,t) = -L_x^{-1}(L_t v_0(x,t) + 2u_0(x,t)) = -t \sin x, \end{cases} \quad \begin{cases} u_2(x,t) = -L_t^{-1}(L_x u_1(x,t) - 2v_1(x,t)) = -0,5t^2 \sin x, \dots \\ v_2(x,t) = -L_x^{-1}(L_t v_1(x,t) + 2u_1(x,t)) = -0,5t^2 \cos x, \dots \end{cases}$$

Решение задачи (2):

$$\begin{cases} u(x,t) = u_0 + u_1 + \dots = \sin x + t \cos x - \frac{1}{2!}t^2 \sin x - \dots = \sin(x+t); \\ v(x,t) = v_0 + v_1 + \dots = \cos x - t \sin x - \frac{1}{2!}t^2 \cos x + \dots = \cos(x+t). \end{cases}$$

2) По идею МВИ имеем формулу приближенного решения задачи (2):

$$\begin{aligned} u_{n+1}(x,t) &= u_n(x,t) - \int_0^t \left( \frac{\partial u_n(x,s)}{\partial s} + \frac{\partial \tilde{u}_n(x,s)}{\partial x} - 2\tilde{v}_n(x,s) \right) ds, \\ v_{n+1}(x,t) &= v_n(x,t) - \int_0^t \left( \frac{\partial v_n(x,s)}{\partial s} + \frac{\partial \tilde{v}_n(x,s)}{\partial x} + 2\tilde{u}_n(x,s) \right) ds, \quad n \geq 0. \end{aligned}$$

Применяя МВИ, получим  $u_0(x,t) = \sin x$ ,  $v_0(x,t) = \cos x$ ,

$$u_1(x,t) = \sin x + \int_0^t \cos x ds = \sin x + t \cos x, \quad v_1(x,t) = \cos x - \int_0^t \sin x ds = \cos x - t \sin x, \quad u_2(x,t) = \sin x + t \cos x - \frac{1}{2!}t^2 \sin x,$$

$$v_2(x,t) = \cos x - t \sin x - \frac{1}{2!}t^2 \cos x \text{ и т. д.}$$

Решение задачи (2):

$$u(x,t) = \lim_{n \rightarrow \infty} u_n(x,t) = \sin(x+t), \quad v(x,t) = \lim_{n \rightarrow \infty} v_n(x,t) = \cos(x+t).$$

**Пример 3.** Требуется приближенно решать задачу с линейным уравнением Клейна-Гордона вышесказанными методами (МВИ и МРА) [1, 2]:

$$u_{tt} - u_{xx} - u = -\sin x \sin t, \quad u(x, 0) = 0, \quad u_t(x, 0) = \sin x. \quad (3)$$

1) По идею МВИ имеем формулу приближенного решения задачи (3):

$$u_{n+1}(x, t) = u_n(x, t) + \int_0^t \lambda(\xi) \left[ \frac{\partial^2 u_n(x, \xi)}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \tilde{u}_n(x, \xi)}{\partial x^2} - \tilde{u}_n(x, \xi) + \sin x \sin \xi \right] d\xi.$$

Здесь  $\lambda(\xi)$  — множитель Лагранжа, а для стационарного случая  $\lambda(\xi)|_{\xi=t} = 0$ ,  $1 - \lambda'(\xi)|_{\xi=t} = 0$ ,  $\lambda''(\xi)|_{\xi=t} = 0$  и отсюда имеем  $\lambda(\xi) = \xi - t$ .

Применяя МВИ, получим следующие результаты:

$$u_0(x, t) = t \sin x; \quad u_1(x, t) = \sin x \sin t; \quad u_2(x, t) = \sin x \sin t; \dots; \quad u_n(x, t) = \sin x \sin t \text{ и т. д.}$$

Точное решение задачи:

$$u(x, t) = \lim_{n \rightarrow \infty} u_n(x, t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \sin x \sin t = \sin x \sin t.$$

2) Для МРА имеем формулу приближенного решения задачи (3):

$$\int_0^t d\xi \int_0^t u_{tt}(x, \xi) d\xi = \int_0^t d\xi \int_0^t [u_{xx}(x, \xi) + u(x, \xi) - \sin x \sin \xi] d\xi \Rightarrow u(x, t) = \sin x \sin t + \int_0^t d\xi \int_0^t [u_{xx}(x, \xi) + u(x, \xi)] d\xi$$

По идею МРА:

$$u(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} u_n(x, t) \Rightarrow u_0(x, t) + u_1(x, t) + u_2(x, t) + \dots = \sin x \sin t +$$

$$+ \int_0^t d\xi \int_0^t [(u_0(x, \xi) + u_1(x, \xi) + \dots)_{xx} + (u_0(x, \xi) + u_1(x, \xi) + \dots)] d\xi;$$

$$u_0(x, t) = \sin x \sin t; \quad u_1(x, t) = \int_0^t d\xi \int_0^t [(u_0(x, \xi))_{xx} + u_0(x, \xi)] d\xi = 0; \quad u_2(x, t) = \int_0^t d\xi \int_0^t [(u_1(x, \xi))_{xx} + u_1(x, \xi)] d\xi = 0;$$

$$\dots; \quad u_n(x, t) = \int_0^t d\xi \int_0^t [(u_{n-1}(x, \xi))_{xx} + u_{n-1}(x, \xi)] d\xi = 0 \text{ и т. д.}$$

Точное решение задачи:

$$u(x, t) = u_0(x, t) + u_1(x, t) + u_2(x, t) + \dots = \sin x \sin t$$

Эти результаты проверены с помощью Maple 17 [7, 8].

Таким образом, МВИ и МРА дают одинаковые результаты, они являются более простым, точным и быстро приближающим к точному решению задачи [2–5]. Поэтому в дальнейшем рекомендуется использование МВИ и МРА при решении линейных и нелинейных задач математической физики.

Литература:

1. Adomian, G. Solving Frontier Problems of Physics: The Decomposition Method. Boston, MA: Kluwer, 1994.
2. Wazwaz A. M. Partial Differential Equations and Solitary Waves Theory. Higher Education Press, Berlin Heidelberg, 2009. — 761 p.
3. Абдурашидов А. А. Решения нелинейных волновых уравнений методом вариационных итераций // Международный научный журнал: Молодой ученый. — 2017. — № 6. — С. 4–8.
4. Абдурашидов А. А., Касимова Ф. У., Рахимова Х. А. Приближенное решение волновых уравнений более высокого порядка методом вариационных итераций // Международный научный журнал: Развитие и актуальные вопросы современной науки, № 4 (4), 2017. — С. 4–9.
5. Кудряшов Н. А. Методы нелинейной математической физики: Учебное пособие. 2-е изд. — Долгопрудный: Интеллект, 2010. — 368 с.
6. Полянин А. Д., Зайцев В. Ф., Журов А. И. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 256 с.
7. Эдвардс Ч. Г., Пенни Д. Э. Дифференциальные уравнения и краевые задачи: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB. 3-е издание.: Пер. с англ. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. — 1104 с.
8. Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad, Matlab, Maple (Самоучитель). — М.: ИТ Пресс, 2006. — 496 с.

## Кодировка узловых путевых структур диаграммами Гаусса и их комбинаторные приложения

Шмаль Сергей Николаевич, старший преподаватель;  
 Куртикова Эльвира Романовна, ассистент;  
 Куртикова Алия Романовна, студент;  
 Янев Живко, студент  
 Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В работе [1] авторы представили метод определения топологических компонентов диаграмм узловых путевых структур с помощью полиномиального инварианта Джонса, где на первом этапе решения задачи комбинаторного анализа схемы развязки моделируются в топологические узлы посредством соединения путей между собой с соблюдением следующих двух условий:

1. Соединения путей не должны образовывать новых двойных точек самопересечения (путепроводов);
2. Полученные топологические узлы (тривиальные или нетривиальные) должны быть едины, то есть должны представлять собой зацепление, состоящее из одной компоненты.

Первое условие легко достигается. Второе условие для сверхсложных схем развязок возможно выполнить, рас-

считав для полученных топологических узлов так называемые инварианты. *Инвариант* узла представляет собой числовое (но чаще всего алгебраическое) выражение, которое присваивается в соответствие узлу, и остается неизменным при различных непрерывных преобразованиях этого узла. Для решения комбинаторной задачи нахождения всех возможных вариантов соединения путей в развязке требуется поочередное выполнение именно третьего движения Рейдемейстера, которое и является этим самым непрерывным преобразованием.

Если рассчитанный инвариант будет соответствовать тривиальному или нетривиальному узлу, значит пути в схеме развязки смоделированы в топологический узел правильно. На рис. 1 представлены графические примеры диаграмм тривиального и нетривиального узлов.

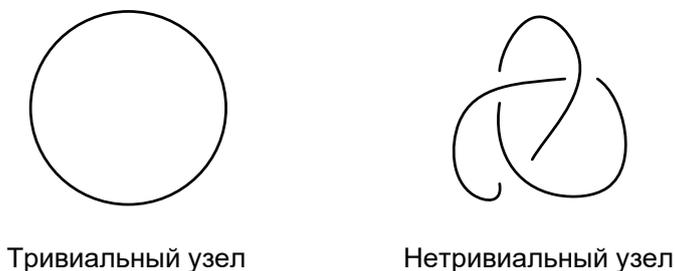


Рис. 1. Диаграммы тривиального и нетривиального узлов

В каждой схеме развязки (которую также можно назвать перекрестком) пересекаются образы проекций разных дуг («кусочков») топологического узла.

Такие типы символического изображения дуг узлов называются соответственно *переходами* и *проходами* (рис. 2)

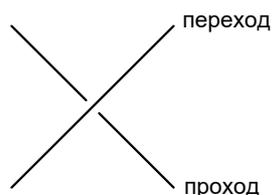


Рис. 2. Графическое обозначение перехода и прохода

Под *сложностью* железнодорожной развязки (как и топологического узла) будем понимать минимальное количество перекрестков ее плоской диаграммы.

Задача комбинаторного анализа будет сводиться к выполнению на плоской диаграмме топологического узла всех возможных третьих движений Рейдемейстера. Другими

словами, диаграммы  $D_1, D_2, \dots, D_n$  топологических узлов, представляющих собой развязки линий, могут быть преобразованы друг в друга посредством применения конечной последовательности третьих движений Рейдемейстера  $\Omega_3$ .

Чтобы в этом убедиться, достаточно познакомиться с таким понятием, как *изотопический класс*, то есть всеми возможными узлами, имеющими одинаковый инвариант. В этом случае говорят, что узлы *изотопны* данному конкретному узлу.

Комбинаторный перебор всех возможных вариантов соединения и расположения путей в схеме развязки не

будет выходить за пределы данного ему изотопического класса, поскольку само третье движение Рейдемейстера не меняет изотопического класса.

На рис. 3 представлен пример моделирования схемы развязки железнодорожного узла треугольного типа в виде топологического узла, как вложения окружности  $S^1$  в трехмерное евклидово пространство  $\mathbb{R}^3$ . В действительности существует множество методов кодирования такого узла, например, с помощью *групп кос*, *диаграмм Гаусса* или так называемых *d-диаграмм*.

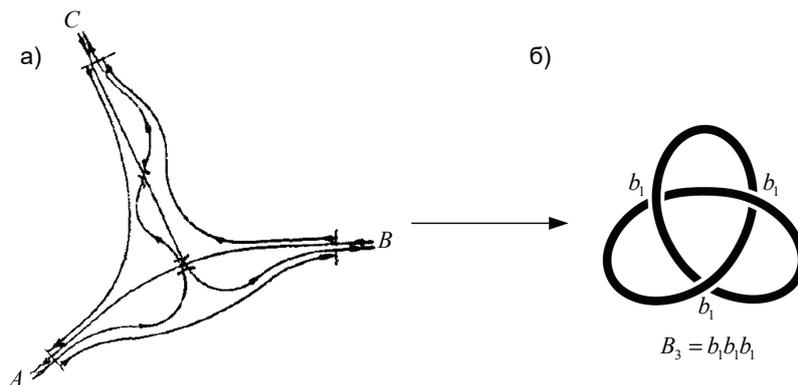
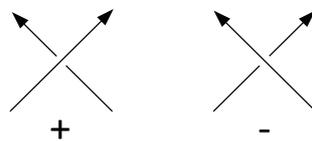


Рис. 3. Пример графического представления схемы развязки подходов линий в железнодорожных узлах треугольного типа: а) в общепринятом — геометрическом виде; б) в алгебраическом — в виде топологического узла

Рассмотрим способ кодировки и свойства этого топологического узла с помощью диаграмм Гаусса. Для дальнейшего рассмотрения сформулируем определение.

Определение. Возьмем узел и его плоскую диаграмму, отметим на ориентированной окружности прообразы всех двойных точек самопересечения плоской диаграммы узла. Пары, соответствующие

одной двойной точке диаграммы, соединим стрелкой, то есть хордой с направлением, по следующему правилу: ориентируем хорду от прообраза перехода к прообразу прохода. Каждой полученной стрелке сопоставим знак «+» или «-» в зависимости от типа перекрестка в соответствующей двойной точке диаграммы узла:



Построенный объект называется *диаграммой Гаусса*.

На рис. 4 приведен пример кодировки топологического узла с помощью диаграммы Гаусса.

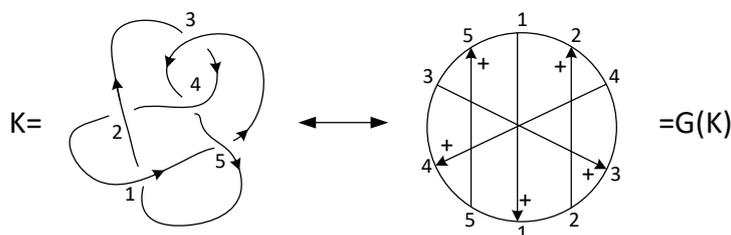


Рис. 4. Пример кодировки топологического узла с помощью диаграммы Гаусса

Отметим также, что любой узел можно восстановить по диаграмме Гаусса с точностью до изотопии.

Диаграммы Гаусса обладают одной примечательной особенностью, которую можно объяснить следующей теоремой.

*Теорема. Если диаграмма Гаусса кодирует топологический узел, то для любой стрелки все стрелки, которые ее пересекают, можно разбить*

*на пары сонаправленных стрелок различных знаков или противоположно направленных стрелок одного знака.*

Необходимо сказать, что не любая диаграмма с хордами, стрелками и со знаками «+» и «-» является гауссовой диаграммой некоторого топологического узла  $K$ . Пример диаграммы, не являющейся таковой ни при какой расстановке стрелок и знаков, показан на рис. 5.

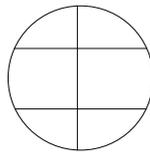


Рис. 5. Изображение диаграммы, которая не является диаграммой Гаусса

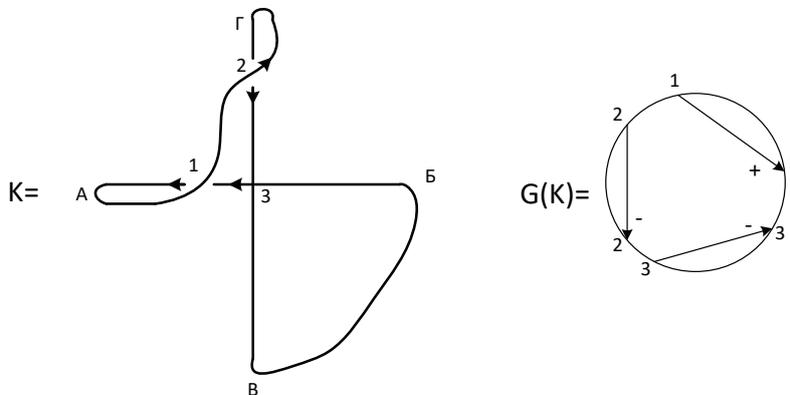


Рис. 6. Пример кодировки диаграммой Гаусса схемы развязки железнодорожного узла крестообразного типа

Рассмотрим далее, как на диаграммах Гаусса происходит операция третьего движения (преобразования) Рейдемейстера, необходимая для комбинаторного анализа всех возможных вариантов расположения и соединения путей в развязках железнодорожных узлов. На рис. 6 представлен пример кодировки схемы развязки крестообразного типа.

Третье преобразование Рейдемейстера предусматривает перекидывание нити через двойную точку самопересечения под номером 3 на противоположную сторону. При этом суммарное число точек самопересечения не меняется. Полученная схема развязки и ее диаграмма Гаусса представлена на рис. 7.

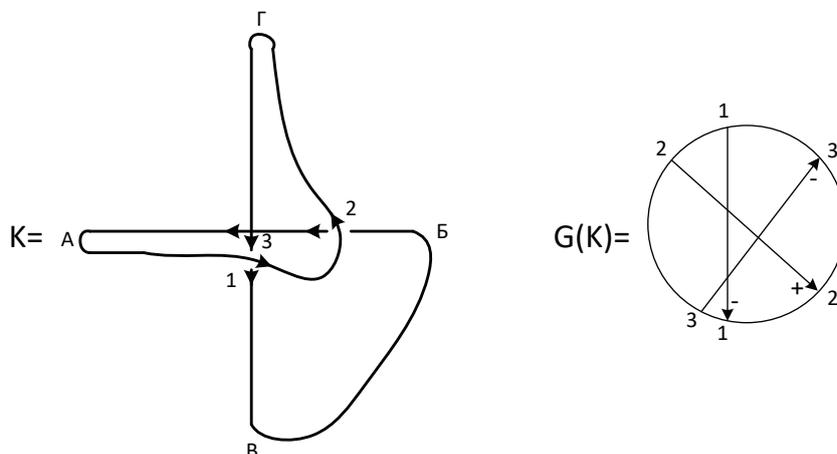


Рис. 7. Выполнение третьего движения Рейдемейстера на схеме развязки линий в железнодорожном узле крестообразного типа и ее диаграмме Гаусса

Если в представленном узле поменять ориентацию (направление обхода узла), то на диаграмме Гаусса эти при-

ведет к изменению направления окружности на противоположное. При этом знаки стрелок не изменятся (рис. 8).

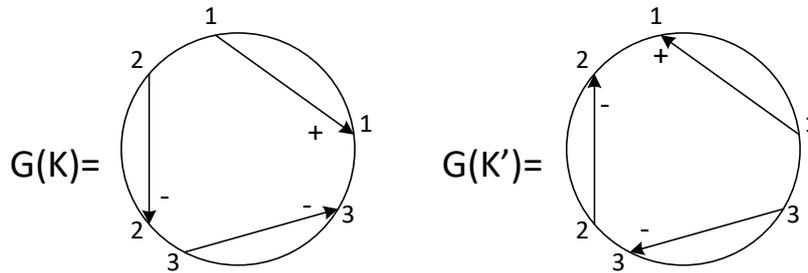


Рис. 8. Замена ориентации направления обхода узла на диаграмме Гаусса

В случае, когда на схеме развязки линий в железнодорожном узле в путепроводах меняется проход с переходом, то топологический узел  $K$  становится либо зеркальным узлом  $K^*$ , либо иным, не изотопным  $K$ . В случае зер-

кальных узлов  $K^*$  диаграммы Гаусса отличаются только знаками (знак каждой хорды меняется на противоположный, так как при взятии зеркального образа узла изменяется тип каждого перекрестка) (рис. 9).

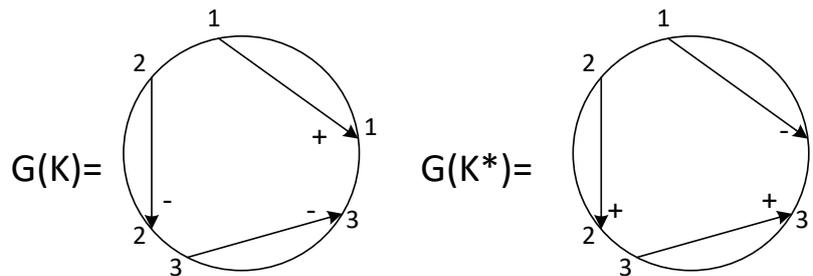


Рис. 9. Замена перекрестков на диаграмме Гаусса

Таким образом можно констатировать, что задачу тривиального перебора всех возможных вариантов пересечения железнодорожных путей в развязках можно производить также и на диаграммах Гаусса, предварительно

закодировав комбинаторную структуру рассматриваемых схем развязок. По аналогии задача может быть так же решена на *группах кос* и *d-диаграммах*.

Литература:

1. Шмаль с. Н., Янев Ж., Павлова Е. Ю., Куртикова А. Р. Определение топологических компонентов диаграмм узловых путевых структур с помощью полинома Джонса // Молодой ученый. — 2017. — № 49. — С. 1–4.

## ФИЗИКА

### Изучение компонентов универсального вакуумного стенда для исследования процессов газовой выделения в вакууме

Алмазов Глеб Владимирович, студент магистратуры  
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

#### Введение

Изобретение «универсальный вакуумный стенд» относится к области вакуумной техники. Целью изобретения является обеспечение определения величины и состава газовой выделения в вакуумной камере.

Вакуумный стенд состоит из рабочей вакуумной камеры, соединенной с системой откачки, датчиками давления и масс-анализатором. Рассмотрим составляющие стенда и виды этих составляющих подробнее.

#### Основная часть

##### *Вакуумные насосы:*

Вакуумные насосы классифицируются по диапазону рабочих давлений:

- первичные (форвакуумные) насосы

- дожимные насосы

- вторичные насосы

В различных диапазонах давлений применяются определенные типы вакуумных насосов, которые отличаются друг от друга по конструкции. Каждый тип имеет свое преимущество по одному из пунктов: возможный диапазон давления, производительность, цена и периодичность и простота технического обслуживания.

Основной принцип работы один и тот же, вне зависимости от конструкции вакуумных насосов. Вакуумный насос удаляет молекулы воздуха и других газов из вакуумной камеры. При дальнейшем снижении давления в камере, сложность последующего удаления дополнительных молекул экспоненциально возрастает. По этой причине промышленные вакуумные системы охватывают большой диапазон давлений от 1 до 11 Торр.

Выделяют следующие диапазоны давления [1]:



Рис. 1. Пример вакуумного стенда

- Низкий вакуум: > от атмосферного давления до 1 торр
- Средний вакуум: от 1 торр до 10–3 торр
- Высокий вакуум: 10–3 торр до 10–7 торр
- Сверхглубокий вакуум: от 10–7 торр до 10–11 торр
- Экстремальный высокий вакуум: < 10–11 торр

- Соответствие вакуумных насосов диапазонам давления:
- Первичные (форвакуумные) насосы — низкий вакуум.
  - Дожимные (бустерные) насосы — низкий вакуум.
  - Вторичные (высоковакуумные) насосы: Высокий, сверхглубокий и экстремально высокий вакуум.



Рис. 2. Система откачки воздуха из вакуумной камеры

- Выделяют две основные технологии работы с газом в вакуумных насосах:
- Перекачка газа
  - Улавливание газа

Насосы, которые работают по технологии перекачки газа, подразделяются на *кинетические насосы* и *насосы объемного вытеснения*.



Рис. 3. Классификация насосов по принципу работы с газом

*Кинетические насосы* работают по принципу передачи импульса молекулам газа от высокоскоростных лопастей для обеспечения постоянного перемещения газа от входного патрубка насоса к выходному. Кинетические насосы обычно не имеют герметичных вакуумных камер, но могут достигать высоких коэффициентов сжатия при низких давлениях.

*Насосы объемного вытеснения* работают за счет механического улавливания объема газа и перемещения его через насос. В герметичной камере газ ужимается до меньшего объема при более высоком давлении. После этого, сжатый газ вытесняется в атмосферу (или в следующий насос).

Обычно кинетические и объемные насосы работают последовательно, обеспечить более высокий вакуум и расход.

Насосы, которые работают по технологии улавливания газа, захватывают молекулы газа на поверхности в вакуумной системе. Эти насосы работают при меньших расходах, чем перекачивающие насосы, но при этом создают сверхвысокий и безмасляный вакуум. Улавливающие насосы не имеют движущихся частей и работают с исполь-

зованием криогенной конденсации, ионной реакции или химической реакции. [4]

*Вакууметры:*

Вакуумметр — это специальный прибор, способный измерять давление. Он представляет собой манометр с некоторыми техническими особенностями. Устройство служит для измерения давления жидкости или газа.

Вакуумметры показывают общее или полное давление. Второй параметр представляет собой сумму нескольких парциальных давлений. Для измерения последнего показателя применяются спектрометрические методики.

От особенностей конструкции и методики измерения — все вакуумметры делятся на несколько групп, в каждой из них будет насчитываться по несколько уникальных модификаций. [6]

*Механические вакуумметры:*

Открывают данную группу жидкостные манометры. Они способны измерять разность давлений поверхности жидкости. Основной элемент конструкции — трубка в форме буквы U. На данный момент такие вакуумметры практически не используются.



Рис. 4. Механический вакуумметр

*Тепловые вакуумметры:*

Вакуумметры этой группы наиболее распространены. Они способны измерять низкий и средний вакуум. Устройства обладают хорошей точностью и небольшой стоимостью.

Показываемое данными манометрами давление во многом зависит от типа газовой субстанции. На рынке возможно отыскать три основных вида данного манометра:

- Термопарный вакуумметр. Считается самым дешёвым в своей группе, однако способен довольно точно измерять низкое и среднее давление.

- Вакуумметр Пирани — это датчик, фиксирующий сопротивление. Он анализирует зависимость температуры нити и давления газа. В конструкции используется мостовая схема, работающая за счёт электрических импульсов.

- Конвекционный вакуумметр. Данный манометр осуществляет свою работу за счёт конвекции. Тепло переносится благодаря перемешиванию газа. Отмечается высокая точность прибора. [6]

*Пьезорезистивные вакуумметры:*

Эти манометры можно назвать наиболее точными. Они способны измерять вакуум в диапазоне от 1 атмосферы до 1 миллиметра ртутного столба. Наиболее продвинутые модели способны определить давление даже 0,1 торр. [6]

*Газоанализаторы:*

Газоанализаторы — приборы, измеряющие содержание (концентрацию) одного или нескольких компонентов в газовых смесях. Каждый газоанализатор предназначен для измерения концентрации только определенных компонентов на фоне конкретной газовой смеси в нормированных условиях. Наряду с использованием отдельных газоанализаторов создаются системы газового контроля, объединяющие десятки таких приборов. [5]

**Термокондуктометрические газоанализаторы.**

Их действие основано на зависимости теплопроводности газовой смеси от ее состава. Данные газоанализаторы используются, если контролируемый компо-



Рис. 5. Тепловой вакуумметр



Рис. 6. Пьезорезистивный вакуумметр

нент по теплопроводности существенно отличается от остальных. [5]

#### Термохимические газоанализаторы.

В этих приборах измеряют тепловой эффект химической реакции, в которой участвует определяемый компонент. В большинстве случаев используется окисление компонента кислородом воздуха; катализатор — мелкодисперсная Pt, которая нанесена на поверхность пористого носителя. Изменение температуры  $\Delta t$  при окислении измеряют с помощью металлического или полупроводникового терморезистора. По возможности поверхность платинового терморезистора используют как катализатор. Величина  $\Delta t$  связана с числом молей  $M$  окислившегося компонента и тепловым эффектом  $q$  соотношением:  $\Delta t = kMq$ , где  $k$  — коэффициент, учитывающий потери тепла, зависящие от конструкции прибора. [5]

#### Магнитные газоанализаторы.

Данный тип применяют для определения  $O_2$ . Действие анализатора основано на зависимости магнитной восприимчивости газа от концентрации  $O_2$  (его объемная магнитная восприимчивость на несколько порядков больше, чем у большинства остальных газов). Такие газоанализаторы позволяют избирательно находить  $O_2$  в сложных газовых смесях. Диапазон измеряемых концентраций  $10^{-2}$ –100%. Более всего распространены магнитомеханические и термомагнитные газоанализаторы.

В магнитомеханических газоанализаторах измеряют силы, которые действуют на помещенное в анализируемую смесь тело (обычно ротор) в неоднородном магнитном поле.

Роторные газоанализаторы ненадежны в промышленных условиях, наблюдается сложность в юстировке. [5]

Пневматические газоанализаторы. Действие анализаторов основано на зависимости плотности и вязкости газовой смеси от ее состава. Изменения плотности и вязкости определяют, измеряя гидромеханические параметры потока.

Газоанализаторы с дроссельными преобразователями измеряют гидравлическое сопротивление дросселя (капилляра) при пропускании через него анализируемого газа.

Струйные газоанализаторы определяют динамический напор струи газа, выходящий из сопла. Их используют, например, в азотной промышленности для измерения содержания  $H_2$  в азоте (диапазон измерения 0–50%). [3]

Инфракрасные газоанализаторы. Их действие основано на избирательном поглощении ИК-излучения в диапазоне 1–15 мкм молекулами газов и паров. Данное излучение поглощают все газы, чьи молекулы состоят не менее чем из двух различных атомов. Данные газоанализаторы широко применяются в лабораториях и промышленности, имеют высокую избирательность, по причине высокой специфичности молекулярных спектров поглощения различных газов. Диапазон измеряемых концентраций  $10^{-3}$ –100%. В дисперсионных газоанализаторах используется излучение одной длины волны, которое получают с помощью монохроматоров. В не дисперсионных газоанализаторах, из-за особенностей оптической схемы прибора (применению светофильтров, специальных приемников излучения и т.д.), используют немонохроматическое излучение. [3]

#### Ультрафиолетовые газоанализаторы.

Принцип действия основан на избирательном поглощении молекулами газов и паров излучения в диапазоне 200–450 нм. Избирательность определения одноатомных газов весьма велика. Двух- и многоатомные газы имеют в УФ-области сплошной спектр поглощения, это снижает избирательность их определения. Однако отсутствие УФ-спектра поглощения у  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  и паров воды дает возможность во многих важных случаях проводить селективные измерения в присутствии этих компонентов. Диапазон определяемых концентраций обычно  $10^{-2}$ –100% (для паров Hg нижняя граница диапазона  $2,5 \cdot 10^{-6}$ %).

Ультрафиолетовые газоанализаторы используются главным образом для автоматического контроля содер-

жания  $Cl_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $H_2S$ ,  $ClO_2$ , дихлорэтана, в частности в выбросах промышленных предприятий, а также для обнаружения паров Hg, реже  $Ni(CO)_4$ , в воздухе помещений. [3]

Электрохимические газоанализаторы.

Действие основано на зависимости параметров электрохимической системы и составом анализируемой смеси, которая поступает в эту систему.

В кондуктометрических газоанализаторах измеряется электропроводность раствора при селективном поглощении им определяемого компонента. Недостатком данных газоанализаторов является низкая избирательность и продолжительная длительность установления показаний при измерении малых концентраций. Кондуктометрические газоанализаторы широко применяют для определения  $O_2$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  и др. [3]

#### Ионизационные газоанализаторы.

Действие основано на зависимости электрической проводимости газов от их состава. Появление примесей в газе оказывает воздействие на процесс образования ионов или их подвижность. Это оказывает влияние на их рекомбинацию. Возникающее при этом изменение проводимости пропорционально содержанию примесей.

Все ионизационные газоанализаторы содержат точную ионизационную камеру. На электроды камеры накладывают определенную разность потенциалов. Эти приборы широко применяют для контроля микропримесей в воздухе, а также в качестве детекторов в газовых хроматографах. [3]



Рис. 7. Пример газоанализатора

#### Заключение

Выбор компонентов для вакуумного стенда весьма обширен, что позволяет сделать изобретение еще более

универсальным. Есть возможность создать стенд под определенные цели и задачи. Все компоненты изобретения взаимозаменяемы и относительно просты в установке.

#### Литература:

1. Розанов Л. Н. Вакуумная техника: Учеб. для вузов по спец. «Вакуумная техника». — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк. 1990. — 320 с.
2. Сайт компании КРИОСИСТЕМЫ [электронный ресурс]. — Режим доступа URL: <http://www.cryosystems.ru>, свободный.

3. URL: Gazoanalizators.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа <http://www.gazoanalizators.ru/poleznoe.html%26art%3D28>, свободный.
4. URL: Rumpumps [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://rumpumps.com/nasosyi/po-tipu/vakuumnyiy-nasos.html>, свободный.
5. URL: [http://eurolabgas.ru/tipy\\_gazoanalizatorov](http://eurolabgas.ru/tipy_gazoanalizatorov) [Электронный ресурс] — Режим доступа, свободный.
6. URL: <https://bouw.ru/term/vakuummetr> [Электронный ресурс] — Режим доступа, свободный.

## Влияние расхода теплоносителя на установившуюся электрическую мощность в быстрых ядерных реакторах при возникновении плотностного эффекта реактивности

Макеев Дмитрий Юрьевич, студент магистратуры;

Научный руководитель: Окунев Вячеслав Сергеевич, кандидат технических наук, доцент  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

В данной работе приводится исследование аварийных переходных процессов при помощи точечной математической модели ядерного реактора, включающей в себя уравнения нейтронной кинетики и уравнения теплопроводности между компонентами активной зоны: топливом и теплоносителем. Для связи этих уравнений предполагается, что скорость изменения электрической мощности будет соответствовать скорости изменения нейтронного потока. Уравнения нейтронной кинетики основаны на уравнении баланса нейтронов Больцмана. Вводится двухгрупповое диффузионное приближение. По мимо мгновенных нейтронов рассматриваются и запаздывающие нейтроны. Далее путем мультипликативного разделения переменных можно перейти к решению задачи без учета пространственной зависимости и рассматривать поведение параметров реакторной установки только во времени. Уравнения теплопроводности по топливу и теплоносителю основываются на балансе энергии вырабатываемой и передаваемой компонентами активной зоны. Вводится дополнительное уравнение обратных связей по параметру реактивности, которое позволяет замкнуть систему таким образом, чтобы она была устойчива по отношению к изменению постоянных коэффициентов.

Предполагается решить полученную систему обыкновенных дифференциальных уравнений относительно изменения постоянных коэффициентов в течении времени аварийного режима работы реакторной установки [3]. В нашем случае обеспечить достаточную аппроксимацию позволяет семейство явных методов Рунге-Кутты. В ходе исследования начальных коэффициентов возникает проблема решения жестких систем дифференциальных уравнений [1]. Для этого подбирается параметр сходимости численного решения к точному с расчетом устойчивости системы дифференциальных уравнений на основе критерия жесткости [2], [4]. Решение данной проблемы позволяет применять вышеописанную систему в области

потока частиц высоких энергий, которые характеризуются малым промежутком времени жизни. Ранее данная модель использовалась только в энергетической области тепловых нейтронов.

Объектом исследования стал плотностной эффект реактивности или сокращенно ПЭР, связанный с большим количеством аварий в прошлом из-за попадания в область активной зоны воздушных пузырей. Воздушные прослойки, образующиеся вокруг оболочек твэлов, имеют пагубное влияние на систему: плохо замедляют нейтроны и препятствуют теплопередаче между топливом и охладителем. Плотностной эффект реактивности реализуется при частичном осушении жидкого теплоносителя в активной зоне ядерного реактора. Эффект возникает при попадании в рассматриваемую среду газовых пузырей вследствие, например, разгерметизации трубок твэлов или канала теплоносителя в первом контуре. Воздушная полость замещает часть объема, занимаемого теплоносителем, что сопровождается уменьшением среднего значения плотности теплоносителя по активной зоне.

При постоянстве нейтронно-физических и теплогидравлических коэффициентов, указанных в таблице 1, и изменении среднего значения плотности теплоносителя в объеме активной зоны  $\gamma/\gamma_0$  проведем расчет скачка параметров реакторной установки: относительной мощности  $\varphi$ , температуры топлива  $\Delta T_T$ , изменение температуры теплоносителя  $\Delta T_{\text{тн}}$  и общей реактивности системы  $\rho$ .

При возникновении плотностного эффекта реактивности и уменьшении значения плотности теплоносителя до  $0,1 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$  реактивность системы в течении первых 5 секунд испытывает резкий рост до 0,8 долей запаздывающих нейтронов, скачок электрической мощности реакторной установки составляет 4,5 номинального значения (рис. 2), скачок температуры топлива равен  $140 \text{ K}$  (рис. 3). Температура теплоносителя вовремя ПЭР не испытывает резких изменений. Также стоит обратить внимание

Таблица 1. Коэффициенты динамической системы

Наименование	Обозначение	Размерность	Величина
Время жизни мгновенных нейтронов	$\tau$	сек	$7 \cdot 10^{-6}$
Доля запаздывающих нейтронов	$\beta_{эф}$	%	$64 \cdot 10^{-4}$
Постоянная времени ядер-предшественников	$\lambda$	сек <sup>-1</sup>	$7.84 \cdot 10^{-2}$
Коэффициент реактивности по температуре топлива (U-Pu)	$\xi_T$	°К <sup>-1</sup>	$5 \cdot 10^{-7}$
Коэффициент реактивности по температуре теплоносителя (свинец)	$\xi_{ТН}$	°К <sup>-1</sup>	$3 \cdot 10^{-7}$
Коэффициент реактивности связанный с плотностью теплоносителя	$\zeta$	г <sup>-1</sup> · см <sup>3</sup>	$1 \cdot 10^{-6}$
Номинальная мощность реактора	$Q_{эл}^0$	МВт	$3 \cdot 10^6$
Высота активной зоны	$H_{а.з.}$	см	70
Диаметр топливного элемента	$d_T$	см	0.96
Количество топливных элементов (ТВЭЛОВ)	$N_T$	шт.	100
Плотность топлива	$\gamma_T$	г · см <sup>-3</sup>	14.3
Плотность теплоносителя (свинец)	$\gamma_{ТН}$	г · см <sup>-3</sup>	11
Теплоемкость топлива (U-Pu) при постоянном давлении	$ст^p$	Дж · г <sup>-1</sup> · °К <sup>-1</sup>	0.27
Теплоемкость теплоносителя (свинец) при постоянном давлении	$стн^p$	Дж · г <sup>-1</sup> · °К <sup>-1</sup>	0.147
Коэффициент теплопередачи	$\alpha_T$	Вт · см <sup>-2</sup> · °К <sup>-1</sup>	2.6
Температура теплоносителя на входе в активную зону	$T_{ТН}^{вх}$	°К	650
Температура теплоносителя на выходе из активной зоны	$T_{ТН}^{вых}$	°К	773
Расход теплоносителя	$G_{ТН}$	г · с <sup>-1</sup>	$9 \cdot 10^4$

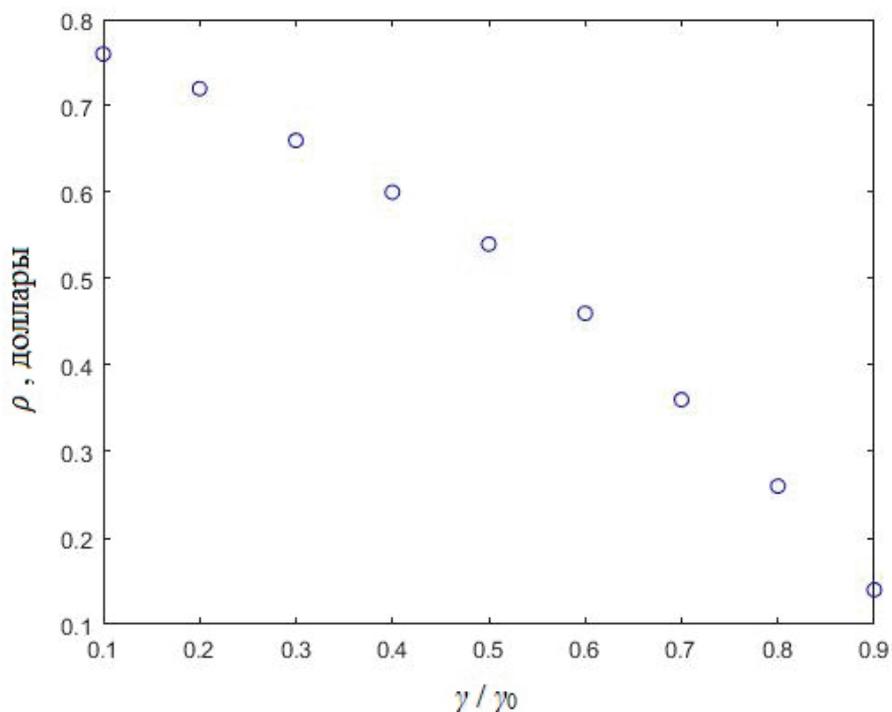


Рис. 1. Скачок параметра реактивности (в долях запаздывающих нейтронов)

на тенденцию уменьшения времени роста реактивности, при которой время достижения максимального значения реактивности при 90% снижении значения плотности те-

плоносителя составляет 1,7 секунды, в то время как при снижении плотности до 10% время, за которое скачок достигает своего максимального значения составляет 0,7

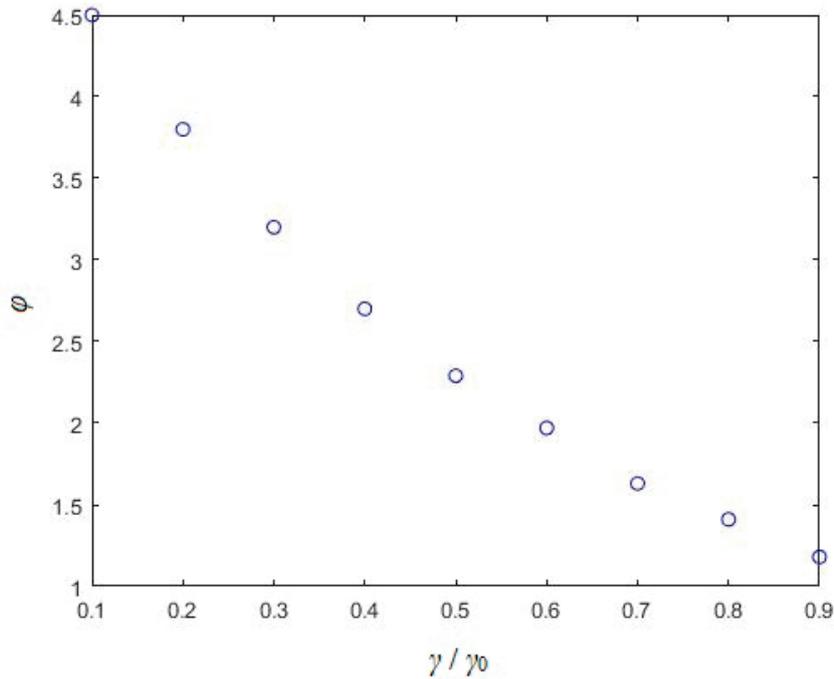


Рис. 2. Скачок параметра относительного энерговыделения

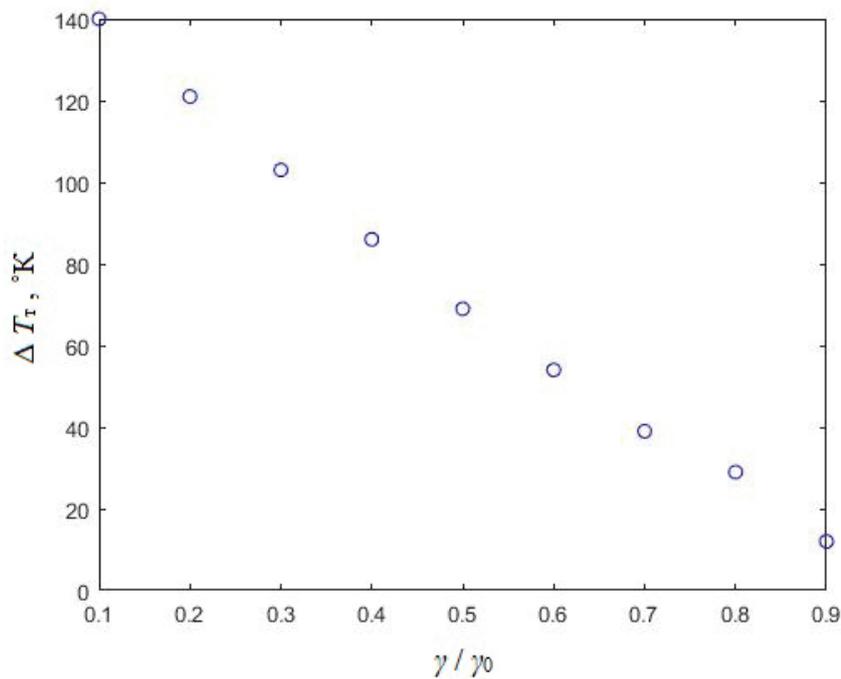


Рис. 3. Скачок температуры топлива  $\Delta T_f, \text{ }^\circ\text{C}$

секунды. Аналогично с параметром относительного энерговыделения: при 90% время возрастания равняется 1,9 секунды, при 10% — 0,7 секунды.

Стоит отметить, что численные результаты показали также появление второго резкого изменения значений параметров реакторной установки при уменьшении плотности теплоносителя на 50% и более. Подобно первому скачку, вновь образованный имел незначительный рост относительно первого, а время достижения второго мак-

симула снижалось при уменьшении относительного значения плотности теплоносителя.

Рассмотрим случай, когда реализуется плотностной эффект реактивности, при котором половина всего объема охладителя замещается воздухом, тогда среднее значение плотности по объему активной зоны равно  $5,5 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ . Исследуем каким образом изменение расхода теплоносителя повлияет на величину скачка мощности и реактивности.

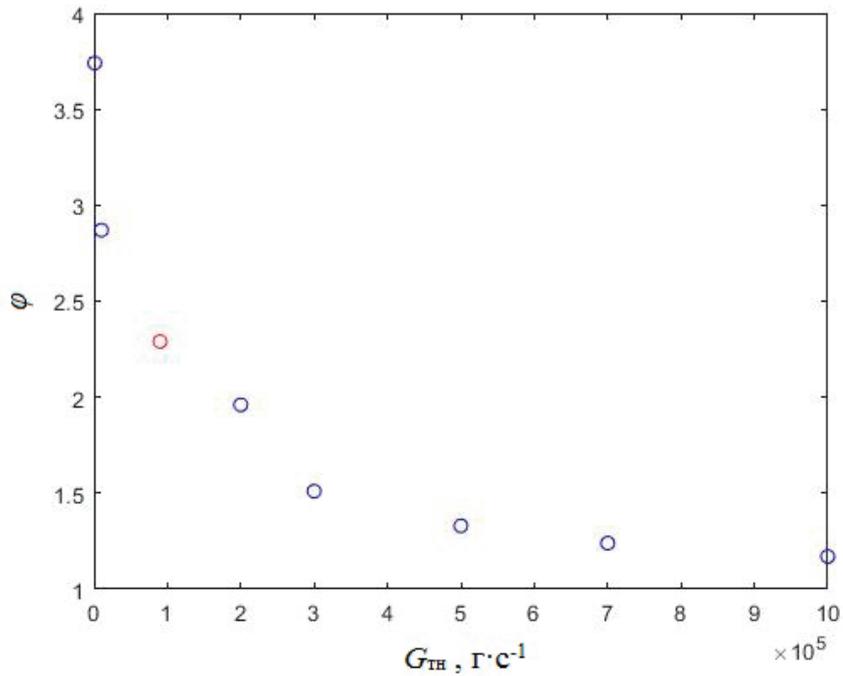


Рис. 4. Зависимость расхода теплоносителя от скачка мощности

Согласно данным с рис. 4, воздушный пузырь при низком значении расхода  $10^3 \text{ г} \cdot \text{с}^{-1}$  обеспечивает скачок мощности реакторной установки, как в случае, когда расход равен  $9 \cdot 10^4 \text{ г} \cdot \text{с}^{-1}$ , но при среднем значении плотности 0,2 от номинального значения рис. 2. Если наоборот увеличивать расход до  $10^6 \text{ г} \cdot \text{с}^{-1}$ , то возникает ситуация, при которой скачек такой же, как и в случае 0,9 от номинального значения плотности теплоносителя.

На рис. 5 представлена величина скачка реактивности при различных значениях параметра расхода. Реактивность напрямую связана с величиной удельного энерговыделения как показано в уравнениях нейтронной кинетики. Путем увеличения расхода теплоносителя можно подобрать наилучший вариант развития аварийного перехода вследствие плотностного эффекта реактивности.

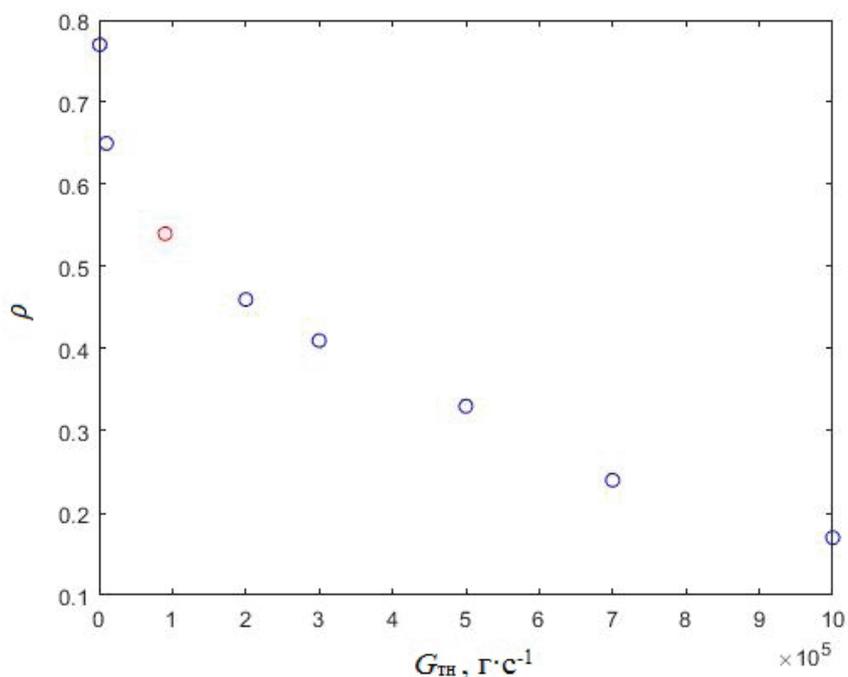


Рис. 5. Зависимость расхода теплоносителя от скачка реактивности

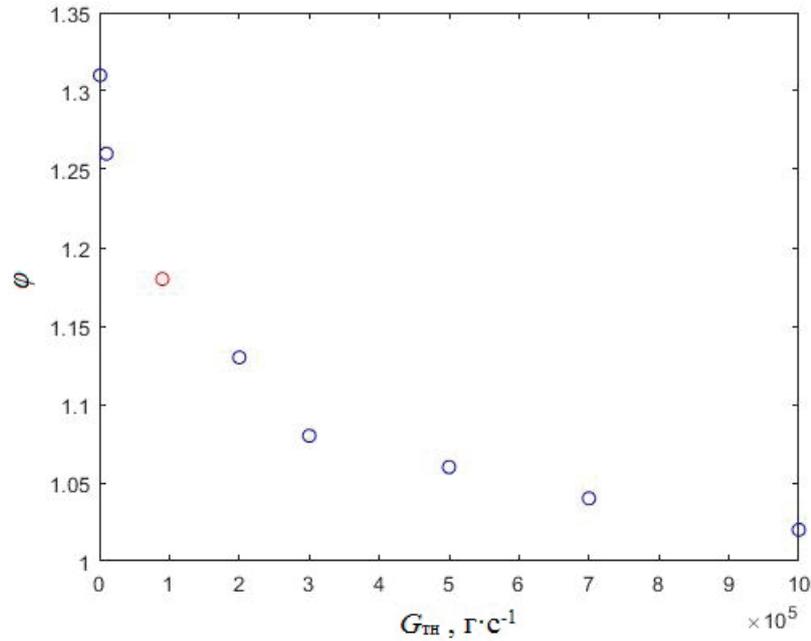


Рис. 6. Зависимость расхода теплоносителя от уровня установившейся мощности

При постоянном объеме и сниженной массе охладителя в активной зоне может потребоваться серьезное увеличение скорости транспортировки.

Показано, что во избежание «разгона» реактора посредством усиления деления ядер топлива на мгновенных нейтронах при возникновении положительного пустотного эффекта реактивности, сопровождающегося снижением среднего значения плотности с  $10,5$  до  $5,5 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

достаточно увеличить расход теплоносителя в десять раз (для достижения наилучшего результата). Полученный закон изменения установившейся мощности от расхода теплоносителя, представленный на рис. 6, позволяет сделать вывод о том, что при малом расходе теплоносителя возникают значительное увеличение уровня электрической мощности в 4 и более раз.

#### Литература:

1. Галанин М. П., Ходжаева С.Р. Методы решения жестких обыкновенных дифференциальных уравнений. Результаты тестовых расчетов // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. — 2013. — № 98. — 29 с.
2. Коношенко А.В. Об устойчивости систем линейных дифференциальных уравнений второго, третьего и четвертого порядка / А. В. Коношенко, Г. С. Родионова // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 4. — с. 307.
3. Кузьмин А. М. Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах: учебное пособие для вузов / А. М. Кузьмин, А. Н. Шмелев, В. А. Апсэ. — М.: Издательский дом МЭИ, 2013. — 128 с.: ил.
4. Новиков Е. А. Внутренняя устойчивость явных методов Рунге-Кутты / Е. А. Новиков, Ю. А. Шитов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2007. — № 2. — с. 54–58.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Макроэкономика в контексте больших данных

Азизов Теймур Эльшад Оглы, студент;  
 Горбачев Дмитрий Витальевич, студент;  
 Николаев Константин Игоревич, студент;  
 Бузмаков Григорий Александрович, студент  
 Санкт-Петербургский государственный университет

В современном мире, особенно в России, наблюдается ряд проблем в государственном и муниципальном управлении.

Российская Федерация занимает первое место в мире по территории и включает в себя 85 различных субъектов, со своими особенностями и единой конституцией. Целью моей работы стала оценка регионального управления, развития каждого из регионов. Проблема данной задачи в том, что количество данных о каждом субъекте крайне велико, достаточно трудно определить нужную для оценки характеристику. Для решения данной задачи необходимо составить базу данных по всем субъектам Российской Федерации и всем характеристикам за 15 лет, и выявить «главные» с помощью метода главных компонент (РСА).

Для решения этой задачи был собран объем информации за 15 лет (с 2002 по 2016) из основных государственных ресурсов Российской Федерации таких, как: «федеральная служба государственной статистики», «Росстат».

База данных осуществлена в приложении Excel. Была разработана программа на языке Python для выборки и заполнения нужных данных и представлении в правильном виде. По итогу было получено 57385 характеристик различных субъектов Российской федерации. Рассмотрены основные макроэкономические показатели, собираемые Росстатом.

Метод главных компонент (РСА) — это статистическая метод, который использует ортогональное преобразование для преобразования набора наблюдений возможных коррелированных переменных в набор значений линейно некоррелированных переменных, называемых главными компонентами.

Сущность метода:

Матрица числовых признаков:

$$F_{l \times n} = \begin{pmatrix} f_1(x_1) & \dots & f_n(x_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(x_l) & \dots & f_n(x_l) \end{pmatrix}$$

Матрица новых числовых признаков:

$$G_{l \times m} = \begin{pmatrix} g_1(x_1) & \dots & g_m(x_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_1(x_l) & \dots & g_m(x_l) \end{pmatrix}$$

Матрица линейного преобразования новых признаков в старые:

$$U_{n \times m} = \begin{pmatrix} u_{11} & \dots & u_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & \dots & u_{nm} \end{pmatrix}; \tilde{F} = GU^T \approx F$$

Необходимо найти: Новые признаки G и преобразования U, чтоб минимизировать функционал:

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^n (\tilde{f}_j(x_i) - f_j(x_i))^2 = GU^T - F^2 \rightarrow \min_{G,U} 0$$

В результате применения метода к полученной мной базе данных 45 используемых нами характеристики оказались «свернутыми» в четыре главных компоненты. Эти компоненты устанавливают наибольший процент сходств и различий между субъектами в рамках определенных сочетаний индексов. Первая компонента объясняет от 75 до 99% дисперсии значений индексов, вторая — от 1 до 15%, третья — от 1 до 5%, четвертая — 1 до 3% в зависимости от субъекта. Столь высокий объяснительный потенциал первой компоненты косвенно подтверждает правильность выбора сгруппированных в индексы показателей. Сочетание первой и второй компонент дает объяснение почти 92% сходств и различий между субъектами, добавление третьей повышает эту долю до 97%, а четвертой — до 100% по каждому региону.

Первая компонента отвечает за уровень жизни, да составления индекса уровня жизни использовались такие характеристики, как:

- ВВП на душу населения;

- Индекс физического объема инвестиций в основной капитал;
- средняя продолжительность жизни;
- расходы на здравоохранение на душу населения

Вторая компонента отражает уровень безработицы, для составления индекса использованы:

- Объем платных услуг на душу населения
- Численность безработных
- Средний размер назначенных месячных пенсий

Третья компонента отражает уровень правонарушений. Используются такие характеристики, как:

- Число преступлений, совершенных несовершеннолетними и при их соучастии
- Коэффициенты миграционного прироста
- Число зарегистрированных убийств и покушений

Четвертая компонента описывает развитие сельскохозяйственных структур в различных регионах. При составлении индекса сельскохозяйственных структур мы использовали параметры такие, как:

- Продукция сельского хозяйства
- Посевные площади всех сельскохозяйственных культур
- Посевные площади овощей

Для наглядности полученных мной результатов была составлена цветовая карта, отражающая изменение определенной компоненты. Таким образом, мы можем увидеть, в каком регионе администрация уделяет больше или меньше внимания какому-либо параметру. На следующем рисунке отображена первая компонента, отвечающая за уровень жизни населения. Легко заметить, что в центральной России преобладает высокий уровень жизни и экономического развития, в отличие от северной части. Это означает, что государство и региональные органы власти вкладывают значительно большее количество сил и средств в данные субъекты. Но результат исследования получен в ходе статистического анализа, который осуществлен на основе статистических государственных данных, поэтому результат может отличаться от реальности.



На рисунке ниже отображена вторая компонента, отвечающая максимальную безработицу и минимальную заработную плату. Значение этой компоненты преобла-

дает в северной части Российской Федерации, в отличие от центральной.



Российская Федерация очень велика, количество особенностей каждого субъекта так же крайне велико, в моем случае метод особо оптимален, из 45 характеристик получи-

лось выделить 4 «главные». Благодаря этим компонентам можно делать выводы о развитии и качестве регионального управления какого-либо субъекта Российской Федерации.

Литература:

1. Сайт Федеральной службы статистики <http://www.gks.ru>
2. Jolliffe, I. T. Principal Component Analysis, second edition (Springer). (2002)
3. Воронцов К.В курс лекций «Машинное обучение». 2009
4. А. Ю. Мельвил, М. В. Ильин, Е. Ю. Мелешкина, М. Г. Миронюк, Ю. А. Полунин, И. Н. Тимофеев «ПОЛИТИЧЕСКИЙ АТЛАС СОВРЕМЕННОСТИ». (2008)
5. Husson François, Lê Sébastien & Pagès Jérôme. Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R. Chapman & Hall/CRC The R Series, London. 224p. (2009)

## Классификация и сравнительный анализ схем гибридной маршрутизации MANET-DTN

Гусев Владислав Михайлович, студент магистратуры  
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

*В данной статье приведена сравнительная характеристика схем гибридной маршрутизации MANET-DTN в Ad Hoc сетях с подробным описанием показателей эффективности.*

**Ключевые слова:** компьютерные ad hoc-сети, схемы маршрутизации, гибридные подходы MANET-DTN, сети, мобильный узел сети, мобильная распределенная компьютерная сеть.

Гибридные подходы MANET-DTN, применяют различные комбинации протоколов маршрутизации MANET и DTN для эффективного распространения данных между отключенными узлами. В общем случае, схемы гибридной маршрутизации MANET-DTN направлены на обеспечение эффективной маршрутизации путем применения обычной маршрутизации MANET для связи между сквозными подключенными узлами и маршрутизации DTN, когда маршрутизация MANET невозможна или ситуация такова, что маршрутизация DTN обеспечивает лучший коэффициент доставки и/или средняя задержка меньше по сравнению с маршрутизацией MANET.

### 1. Показатели производительности и модели мобильности

Схемы гибридной маршрутизации MANET-DTN оцениваются с использованием различных показателей производительности. Коэффициент доставки и средняя задержка являются общими показателями для всех схем гибридной маршрутизации MANET-DTN. Кроме того, некоторые гибридные схемы маршрутизации MANET-DTN оцениваются с помощью других метрик, таких как количество передач на сообщение, полезность полосы пропускания, среднее количество переходов, служебные данные, среднее количество «спасаемых» пакетов и уровень предсказуемости атрибута контекста (точность кон-

текстная информация) для определения их производительности.

Производительность различных гибридных схем маршрутизации MANET-DTN также оценивается различными моделями мобильности, которые представляют шаблоны мобильности реальных мобильных узлов. Модели мобильности в целом можно разделить на группы моделей мобильности, которые представляют мобильные узлы, движения которых зависят друг от друга, и модели мобильности объектов, которые представляют мобильные узлы, движения которых независимы друг от друга.

Сводка моделей мобильности и метрик производительности гибридных схем маршрутизации MANET-DTN, использованных в работах, обобщенных в разделе 3, представлена в таблице 1 ниже.

### 2. Гибридные схемы маршрутизации MANET-DTN на основе групп

Схемы гибридной маршрутизации MANET-DTN [3, 221], которые обсуждаются в разделе 7, могут быть в целом разделены на гибридные схемы маршрутизации MANET-DTN, которые применяют явную группировку мобильных узлов, и гибридные схемы маршрутизации MANET-DTN, которые не применяют явную группировку мобильных узлов. Гибридные схемы маршрутизации MANET-DTN, которые применяют явную группировку

Таблица 1. Модели мобильности и показатели производительности гибридных схем маршрутизации MANET–DTN

Протоколы	Модели мобильности	Показатели эффективности
HYMAD	Две модели мобильности: 1. Модель мобильности с произвольной путевой точкой. 2. Трасса подключения Rollernet.	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка.
Стратегия маршрутизации в отключенных мобильных одноранговых сетях с групповой мобильностью	Перемещение группы опорных точек	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка.
Групповая маршрутизация на основе лидера в отключенных мобильных одноранговых сетях с групповой мобильностью	Перемещение группы опорных точек	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка.
Переход по островам	Узлы выполняют случайное блуждание из одного региона в другой регион (расположение узла, либо в регионе или на маршруте между регионами)	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка. 3. Количество передач в сообщении.
Использование групповых структур для эффективной маршрутизации в сетях, устойчивых к задержкам	Используются три модели мобильности: Случайная модель путевой точки; In-Place модель; Модель сообщества.	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка.
Переход по островам	Узлы выполняют случайное блуждание из одного региона в другой регион (расположение узла, либо в регионе или на маршруте между регионами)	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка. 3. Количество передач в сообщении.
Использование групповых структур для эффективной маршрутизации в сетях, устойчивых к задержкам	Используются три модели мобильности: 1. Случайная модель путевой точки; 2. In-Place модель 3. Модель сообщества.	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка.
Групповая маршрутизация в отключенных одноранговых сетях	Используются три модели мобильности: 1. Случайная модель путевой точки 2. In-Place модель 3. Модель сообщества.	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка.
EAR	Модель мобильности случайных путевых точек	1. Коэффициент доставки. 2. Утилиты пропускной способности
CAR	Модель на основе сообщества	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка. 3. Уровень предсказуемости атрибута контекста
SCAR	Трассировка, генерируемая генератором трассировки Zebranet	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка.
Интеграция DTN и MANET	–	1. Коэффициент доставки.
STAR	Усеченная модель мобильности ходьбы Леви	1. Коэффициент доставки.
NOMAD	Тактическая модель мобильности, генерируемая инструментом Swarms	1. Коэффициент доставки.
Основанный на доверии алгоритм выбора узла–кандидата в гибридном MANET–DTN	Модель случайных точек	1. Среднее число «спасенных» пакетов 2. Средняя задержка 3. Среднее количество прыжков
Комбинирование маршрутизации по требованию и условной маршрутизации для прерывистого подсчета количества переходов в сети	1. Сетчатая случайная маршрутная точка 2. Запланированные маршруты 3. Случайная модель путевой точки	1. Коэффициент доставки. 2. Коэффициент сигнализации (накладные расходы)
Адаптивная маршрутизация	1. Случайная модель путевой точки. 2. «Отслеживание такси в Сан–Франциско» 3. «Синтетическая трасса Хельсинки»:	1. Коэффициент доставки. 2. Средняя задержка. 3. Среднее количество прыжков

мобильных узлов, адаптируют различные способы формирования групп и управления группами. В дополнение к сквозному соединению между мобильными узлами каждая явная схема гибридной маршрутизации MANET–DTN на основе групп, рассматривает один из следующих критериев для формирования группы:

1. Миссия (Задача): Мобильные узлы, имеющие одну цель или задачу, перемещаются вместе как участники одной группы.

2. Возможность подключения в течение достаточного времени, чтобы узлы не могли случайно слиться

3. Максимальный диаметр группы: размеры групп мобильных узлов ограничены фиксированным значением диаметра.

4. Максимальное количество узлов, которые будут содержаться в группе

Явные схемы гибридной маршрутизации MANET–DTN на основе групп также реализуют различные стратегии репликации для межгрупповой маршрутизации. Некоторые протоколы фокусируются на улучшении скорости доставки за счет внедрения неограниченных механизмов репликации, а другие нацелены на снижение накладных расходов путем ограничения максимального количества копий, которые могут существовать в сети.

### 2.1 Формирование группы и управление

Подходы групповой гибридной маршрутизации MANET–DTN по-разному обрабатывают формирование групп и управление ими [4, 153].

В групповой маршрутизации на основе лидера в отключенных мобильных одноранговых сетях с групповой мобильностью и стратегии маршрутизации в отключенных мобильных одноранговых сетях с групповой мобильностью группа формируется из набора узлов, имеющих одинаковую миссию (задачу) и одинаковую мобильность группы. Лидер группы координирует группу и случайным образом выбирает следующий пункт назначения, а обычные члены перемещаются относительно лидера группы. Когда узлы разных групп сближаются, узел–член одной группы может покинуть свою текущую группу и присоединиться к другой группе, если узел генерирует вероятность, превышающую пороговое значение ( $T_{gs}$ ) и, если число членов текущей группы больше группового минимума ( $G_{min}$ ). Пороговое значение является очень высоким значением, и поэтому у узлов будет очень маленький шанс покинуть свои группы. Тогда как в HYMAD и EAR формирование групп основано на физической близости подвижных моделей. HYMAD ограничивает диаметр группы меньше фиксированного максимального диаметра. Любой проходящий узел может присоединиться к данной группе, если диаметр группы остается меньше максимального диаметра после включения узла новичка. Но EAR ограничивает количество узлов, которые рассматриваются как члены логического облака (группы) данного узла, и любой проходящий мимо узел может быть

включен в логическое облако данного узла, заменив узел–член высоким скачком, если узел новичка имеет меньшее количество прыжков. Поскольку мобильные узлы перемещаются независимо друг от друга, формирование групп и управление ими очень динамично в HYMAD и EAR. В групповой маршрутизации в отключенных одноранговых сетях и групповых структурах эффективной маршрутизации в сетях, устойчивых к задержкам мобильные узлы должны иметь сквозную связь в течение времени, превышающего минимальное время ожидания группового слияния (это заранее установленное время, чтобы узлы не могли случайно объединиться. Переход по островам предполагает, что сеть имеет стационарные стабильные области, где плотность узлов относительно высока, а мобильные узлы в стабильной области напрямую связаны, и они считаются членами одной и той же группы.

### 2.2 Внутри- и межгрупповая маршрутизация

Для внутригрупповой маршрутизации большинство гибридных протоколов на основе групп использует протокол DSDV [1, 427]. HYMAD и Island Hopping используют простой алгоритм векторного расстояния для внутригрупповых сообщений.

Для межгрупповой маршрутизации эти разные гибридные схемы MANET–DTN на основе групп применяют разные механизмы маршрутизации. В стратегии маршрутизации в отключенных мобильных одноранговых сетях с групповой мобильностью и групповой маршрутизации на основе лидера в отключенных мобильных одноранговых сетях с групповой мобильностью эпидемическая маршрутизация используется для межгрупповой маршрутизации. В то время как в групповой маршрутизации в отключенных одноранговых сетях и групповых структурах эффективной маршрутизации в сетях, устойчивых к задержкам протокол маршрутизации PRoPHET применяется с неограниченным и ограниченным методом репликации, соответственно. Кроме того, HYMAD и EAR реализуют двоичный протокол распыления и ожидания и протокол распыления и ожидания соответственно для межгрупповой маршрутизации. Перескок островов пересылает межгрупповые сообщения с использованием мобильных узлов, которые перемещаются в другие группы.

### 3. Схемы гибридной маршрутизации, которые не применяют явную группировку мобильных узлов

В отличие от групповых схем маршрутизации MANET–DTN на основе групп, эти схемы не применяют явную группировку мобильных узлов. Эти схемы ориентированы на передачу данного сообщения к месту назначения либо только через маршрутизацию MANET, либо через маршрутизацию DTN, либо путем применения обоих типов маршрутизации в разных частях сети на основе локальной информации сети.

В интегрированной маршрутизации DTN и MANET и адаптивной маршрутизации в мобильных оппортунистических сетях прикладной уровень узла–источника решает использовать алгоритм маршрутизации DTN или MANET для доставки заданного сообщения на основе локальной информации, собранной пакетами обнаружения маршрута. Другие схемы используют маршрутизацию

MANET в тех частях сети, где существует сквозное соединение между мобильными узлами, и маршрутизацию DTN в тех частях сети, где имеются сбои или разрывы каналов между узлами.

Таблица 2 ниже показывает механизмы репликации и маршрутизации каждой гибридной схемы MANET–DTN.

Таблица 2. Сравнение гибридных схем маршрутизации MANET–DTN, не применяющих группировку мобильных узлов

Протокол	Механизм репликации	Маршрутизация
Интеграция DTN и MANET	Единственный экземпляр	Расширенный AODV восстановления маршрута используется для поиска узлов DTN и номера узлов. Маршрутизации AODV используется, если приложение–источник выбирает Мане коммуникации. Если исходный узел поддерживает протокол пакета, он может выбрать передачу механизмом маршрутизации DTN.
STAR	Единственный экземпляр	Маршрутизация OLSR [2, 488] используется при наличии сквозного подключения. Данные сохраняются при необычных изменениях ссылок (нарушения) произошли вдоль пути.
NOMAD	Единственный экземпляр	Маршрутизация OLSR используется при наличии сквозного подключения. Если есть путь между двумя узлами, эти узлы будут действовать как Store–Carry Пересылка маршрутизаторов на все уязвимые узлы
Основанный на доверии алгоритм выбора узла–кандидата в гибридном MANET–DTN	Единственный экземпляр	Алгоритм маршрутизации AODV [3, 221] используется при наличии сквозного соединения. Но если соединение между исходным и конечным узлами не существует, данный узел с сообщением выбирает защищенный мобильный узел следующего прыжка на основе значения доверия.
Адаптивная маршрутизация	Множество копий	Исходный узел выбирает маршрутизацию MANET или DTN в зависимости от локальной информации о плотности сети, размере сообщения и скорости узла. AODV используется для связи MANET. Эпидемическая маршрутизация используется для связи DTN. Маршрутизация DTN может быть предпочтительнее маршрутизации MANET, если расчетное время жизни сообщения больше времени жизни пути или если плотность сети разрежена.
CAR	Единственный экземпляр Наилучший носитель определяется методом прогнозирования и многокритериальным решением атрибутов	Назначение–последовательная векторная маршрутизация расстояния, используется для связи MANET. Маршрутизация с поддержкой мобильности используется, когда нет сквозного соединения с узлом назначения. Узел лучшей несущей переносит сообщение из одной группы в другую.
Объединение маршрутизации по требованию и оппортунистической маршрутизации для периодически подключаемых сетей.	Две копии; используются исходное сообщение и одна резервная копия.	AODV используется для связи Мане. При наличии сквозного соединения с узлом назначения исходный узел выбирает два прокси–узла (на основе значений контактов), которые считаются ближайшими к назначению, и передает каждую копию каждому прокси–узлу. И каждый прокси пересылает сообщение другой узел с более высоким значением контакта, когда они подключаются к другому разделу.

#### 4. Выводы

В этой работе были рассмотрены гибридные схемы маршрутизации MANET–DTN, которые предлагаются для распространения данных в условно-зависимых сетях мобильных узлов. В этих различных схемах маршрутизации реализованы разные способы группировки, механизмы репликации и разные способы интеграции маршрутизации протоколов MANET и DTN.

Схемы гибридной маршрутизации MANET–DTN реализуют схемы маршрутизации MANET между сквозными подключенными узлами и применяют маршрутизацию DTN, когда мобильные узлы подключены с перебоями, или ситуация такова, что маршрутизация DTN обеспечивает лучший коэффициент доставки и/или минимальную среднюю задержку по сравнению с маршрутизацией MANET.

Гибридные схемы маршрутизации MANET–DTN могут быть в общих чертах разделены на гибридные схемы маршрутизации MANET–DTN, которые применяют явное группирование мобильных узлов, и гибридные схемы маршрутизации MANET–DTN, которые не применяют явную группировку мобильных узлов.

Гибридные схемы маршрутизации MANET–DTN, которые применяют явную группировку мобильных узлов, адаптируют различные способы формирования групп

и управления группами. В некоторых протоколах мобильные узлы группируются в соответствии с их назначением определенным образом, аналогично группам солдат или спасательных бригад в чрезвычайных ситуациях. Некоторые другие группируют сквозные соединенные мобильные узлы на основе их физической близости. Однако группировка, основанная на физической близости мобильных узлов, является нестабильной и очень динамичной из-за независимого перемещения мобильных узлов. Чтобы уменьшить нестабильность группы, некоторые схемы рассматривают возможность подключения в течение достаточного времени в качестве критерия для группы формирование и объединение групп.

Другие схемы не применяют явную группировку, но пересылают сообщения, используя обычную маршрутизацию MANET, когда существует стабильное сквозное соединение между узлами, или используют механизмы маршрутизации DTN, когда узлы периодически подключаются.

Различные гибридные схемы маршрутизации MANET–DTN также реализуют разные стратегии репликации. Некоторые протоколы фокусируются на улучшении скорости доставки за счет реализации механизмов множественного копирования, а другие нацелены на снижение накладных расходов за счет использования механизмов единого копирования.

#### Литература:

1. Haas, Z. J., Member, S., & Pearlman, M. R. (2001). Zone Routing Protocol. *Journal of Research in Engineering & Applied Sciences*, vol. 9, pp. 427–438
2. Holliday, P. (2009). NOMAD A Mobile Ad Hoc and Disruption Tolerant Routing Protocol for Tactical Military Networks. *Proceedings of the 29th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops-ICDCS Workshops '09*, pp. 488–492.
3. Ott, J., Kutscher, D., & Dwertmann, C. (2006). Integrating DTN and MANET routing. *Proceedings of the 2006 SIGCOMM Workshop on Challenged Networks — CHANTS '06*, pp. 221–228.
4. D. Johnson, D. M. (1996). Dynamic source routing in ad hoc wireless networks. *The Kluwer International Series in Engineering and Computer Science — Mobile Computing*, vol. 353, pp. 153–181.

## Децентрализованный агрегатор новостных публикаций на основе технологии blockchain

Николаев Игорь Владимирович, студент;

Авраимов Сергей Сергеевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В современном мире информация является одним из самых важных ресурсов, а задача сохранения и защиты этой самой информации становится не менее важной, чем защита техники на военных базах или золотых запасов в банках и казначействах. Поэтому количество специалистов информационной безопасности растет с каждым годом.

Развитие информационных технологий привело к постоянной гонке средств инструментов безопасности, за-

щищающих закрытую информацию от доступа третьих лиц и систем, и методов обхода данных ограничений с целью получения несанкционированного доступа к информации.

Данное соперничество в настоящее время перешло в стадию выявления недоработок в системах безопасности и их исправлениях, что не является полным решением проблемы и, потенциально, может стоить траты огромных средств на восстановление систем.

Целью данной статьи является описание разработки нового решения защиты информации на основе децентрализованного агрегатора новостных публикаций (ДАНП) с использованием технологии «blockchain», в котором на уровне архитектуры отсутствует возможность произведения основных действий, приводящих к компрометации информации, хранящейся в сети — изменение и удаление.

Основное назначение системы ДАНП состоит в распределенном децентрализованном хранении текстового контента, удовлетворяющим основным принципам:

1) *невозможность удаления данных* — информация не может быть стерта из сети каким-либо способом;

2) *иммутабельность данных* — уже существующие информация внутри сети не может быть изменена;

3) *безопасное добавление новых данных* — создание блока данных никак не повлияет на уже существующие в системе данные.

ДАНП — это программное обеспечение для набора распределённых узлов сети, каждый из которых хранит всю цепочку блоков данных, когда-либо созданных в сети. Технология блокчейн позволяет сохранять данные в режиме, при котором сложность удаления или изменения этих данных равнозначна сложности компрометации 50% + 1 узла сети.

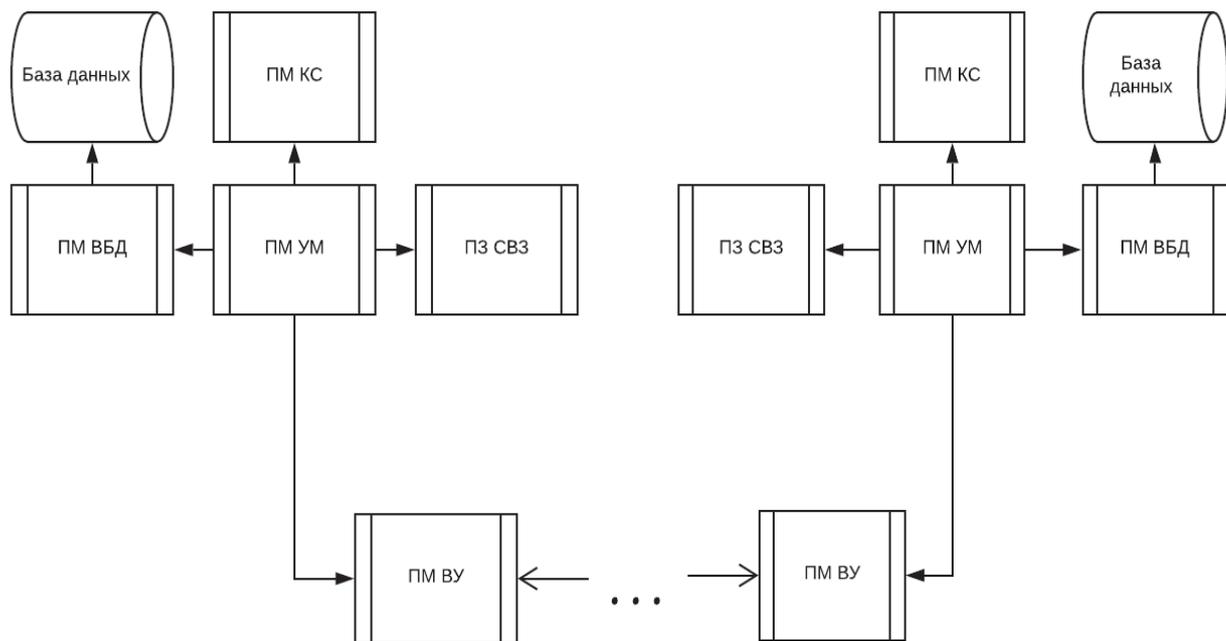


Рис. 1. Схема данных ДАНП

Разработанной программное обеспечение ДАНП имеет модульную структуру, состав которой представлен на рисунке 1:

- **ПМ ВУ** — программный модуль взаимодействия узлов системы;
- **ПМ СВЗ** — программный модуль создания и верификации записей;
- **ПМ КС** — программный модуль подключения командной строки;
- **ПМ ВБД** — программный модуль для взаимодействия с базой данных;
- **ПМ УМ** — программный модуль управления и мониторинга.

**ПМ ВУ** имеет следующие функциональные назначения:

- получение узлом IP адресов всех участников сети;
- получение новым узлом сети всех блоков данных;
- получение узлом сети только новых блоков данных;
- обеспечение передачи нового блока данных, другим участникам сети;

- проверка доступности узлов сети;
- валидация входящих данных.

**ПМ СВЗ** имеет следующие функциональные назначения:

- создание нового блока с содержанием, предоставленным пользователем, а также дополнительной мета-информацией;
- подписание блока данных подписью издателя, для идентификации автора блока с помощью алгоритма RSA [2];
- добавление данных для верификации, с помощью принципа *Proof-of-Work* [3] с использованием в качестве задачи нагрузки подсчет хеш-суммы нового блока по алгоритму sha-256 [4] с ограничениями, с учетом хеш-суммы блока данных, лежащего последним в цепочке блоков;
- верификация новых блоков данных при помощи проверки исполнения принципа *Proof-of-Work* с использованием в качестве задачи нагрузки подсчет хеш-суммы нового блока по алгоритму sha-256 с ограничениями;

– проверка соответствия хеш-суммы нового блока хеш-сумме блока данных, лежащего последним в цепочке блоков;

– верификация подписи издателя, для идентификации автора блока.

**ПМ КС** предназначен для:

– ввода данных из командной строки;  
– вывода информации о состоянии системы и других значениях.

**ПМ ВБД** используется для управления содержимым базы данных.

**ПМ УМ** имеет следующие функциональные назначения:

– управление программными компонентами системы;

– получение / обработка сигналов, поступающих от ПМ КС;

– мониторинг системы путем логгирования событий.

Практическая значимость разработки ДАНП заключается в создании продукта, которое позволит улучшить защиту новостных публикаций и перевести их хранение на децентрализованные решения.

Таким образом, представленная децентрализованная система для хранения новостных публикаций решает важную задачу по защите информации от несанкционированного доступа с целью ее удаления или компрометации. Такое решение будет интересно в первую очередь для независимых новостных изданий, чья информация требует высоких стандартов защиты.

Литература:

1. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс] // bitcoin.org: [сайт]. [2008]. URL: <https://www.bitcoin.org/bitcoin.pdf>
2. Diffie W. H. M. E. New Directions in Cryptography // IEEE Trans. Inf. Theory. 1976. Vol. 22. No. 6.
3. PRICING VIA PROCESSING OR COMBATTING JUNK MAIL // LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE. 1993. No. 740.
4. Федеральный стандарт обработки информации FIPS PUB180–4 [Электронный ресурс] URL: <https://csrc.nist.gov/csrc/media/publications/fips/180/4/final/documents/fips180–4-draft-aug2014.pdf>

## Применение векторизации слов для нечеткого поиска

Печеницын Иван Андреевич, студент магистратуры

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнёва (г. Красноярск)

*В этой статье рассматриваются вопросы выполнения нечеткого поиска, извлечение семантики слов и применение векторной модели для расширения поиска. Изложены общие идеи при решении поставленной задачи, приводятся алгоритмы с их последующей реализацией и их результатами работы.*

**Ключевые слова:** нечеткий поиск, векторизация слов, word embedding, word2vec.

Одной из проблем при обработке поисковых запросов, является тот факт, что написание слова не связано с его смысловым значением. Как следствие, даже применение морфологического и синтаксического анализа запроса может оказаться недостаточно для разрешения имеющейся неопределенности.

В качестве возможного решения этой проблемы, рассматривается перенос слов в векторное пространство (word embedding), при осуществлении которого семантически близкие слова должны получить близкие значения векторов. Такой способ представления слов позволяет реализовать нечеткий поиск, учитывающий не только синтаксис, но и семантику запроса.

### Основные предположения

Для решения задачи нечеткого поиска, в классическом подходе применяются различные методы и алгоритмы, например: расстояние Левенштейна (и его модификации),

метод n-грамм, алгоритм расширения выборки (ввод искусственных ошибок в запрос) и другие. Все эти методы объединяет тот факт, что они основаны на представлении слов как последовательности символов, а не через их значение.

Если предположить, что можно расширить область поиска за счет учета семантики запроса, то перечисленных методов будет недостаточно. Итак, необходимо рассмотреть модель, в которой каждое слово связано со своим контекстом и может рассматриваться не только как конкретная последовательность символов, но и через определение взаимного расположения с другими словами.

Для осуществления подобного преобразования можно воспользоваться векторной моделью, представляющей слова точками в многомерном пространстве. В таком случае становятся возможны следующие подходы: поиск по модифицированному запросу, в котором слова заменяются на похожие (в векторном пространстве); поиск по соотношению между словами (вычисляется арифметически по векторам, затем можно осуществлять поиск по этому

значению или вектору); поиск по общим ближайшим соседям (можно искать не только по соседям первого порядка (только соседи), но и через несколько порядков (соседи соседей)); и другие.

### Реализация и тестирование

Программная реализация выполнена на языке Python, для построения векторной модели используется реали-

зация модели word2vec из библиотеки gensim, преобразование осуществляется методами из библиотеки nltk. Обучение модели произведено на датасете OpinRank Data [5].

После получения векторной модели, реализуем отдельные методы для работы с текстом. Например, на следующем листинге описана функция, которая получает на вход векторную модель и предложение, а на выходе формируется предложение с заменой слов на ближайших соседей.

```
def sent_alter(model, sentence=""):
    wordsIn=word_tokenize(sentence.lower())
    wordsOut=[]
    for w in wordsIn:
        try:
            wordsOut.append(most_sim(model,w,1)[0][0])
        except:
            wordsOut.append(w)
    resultSentence=" ".join(wordsOut)
    return resultSentence
```

Следует отметить, что некоторые слова могут отсутствовать в модели, поэтому для них срабатывает исключение, которое переносит подобные слова в итоговое предложение без изменений. При необходимости,

в функцию могут быть внесены улучшения, такие как определение минимального порога схожести слов, отдельная обработка ключевых слов и т.п. Для проверки выполним исходную функцию.

```
2019-06-11 09:01:00,715 : INFO : loading Word2Vec object from vectors_250000_10.npy
2019-06-11 09:01:00,715 : WARNING : this function is deprecated, use smart_open.open instead
2019-06-11 09:01:02,177 : INFO : loading wv recursively from vectors_250000_10.npy.wv.* with mmap=None
2019-06-11 09:01:02,177 : INFO : setting ignored attribute vectors_norm to None
2019-06-11 09:01:02,177 : INFO : loading vocabulary recursively from vectors_250000_10.npy.vocabulary.* with mmap=None
2019-06-11 09:01:02,177 : INFO : loading trainables recursively from vectors_250000_10.npy.trainables.* with mmap=None
2019-06-11 09:01:02,177 : INFO : setting ignored attribute cum_table to None
2019-06-11 09:01:02,177 : INFO : loaded vectors_250000_10.npy

Исходный текст: When Gartner released its annual Hype Cycle for Emerging Technologies for 2014, it was interesting to note that big data was now located on the downslope from the "Peak of Inflated Expectations," while the Internet of Things (often shortened to IoT) was right at the peak, and data science was on the upslope. This felt intuitively right. First, although big data—those massive amounts of information that require special techniques to store, search, and analyze—remains a thriving and much-discussed area, it's no longer the new kid on the data block. Second, everyone expects that the data sets generated by the Internet of Things will be even more impressive than today's big-data collections. And third, collecting data is one significant challenge, but analyzing and extracting knowledge from it is quite another, and the purview of data science.

2019-06-11 09:01:02,671 : INFO : precomputing L2-norms of word weight vectors
Альтернативный текст: everytime gartner refunded is yearly reputation cycled considering emanating kiosks considering 2014 , this was exciting should notes why huge usb was currently situated onthe teh downslope fromthe teh " certain sag astronomical expectations , " whilst teh wifi sag niggles ( frequently extending should comment ) was literally here teh certain , amp usb campus was onthe teh upslope . it feels notices literally . second , but huge data—those huge amount sag info why need speacial cultures should stores , searching , amp analyze—remains a vibrant amp much-discussed neighborhood , this ' s minimal shorter teh innew child onthe teh usb blocks . third , everybody finds why teh usb set compounded privately teh wifi sag niggles ll survive matters less attractive technologically usa ' s big-data collection . amp fourth , collected usb isn per considerable challenging , although analyzing amp tennessee knowlege fromthe this isn fairly eventually , amp teh purview sag usb campus .
Pause
```

Рис. 1. Метод модификации предложения

Применение векторной модели не ограничивается поиском с учетом синонимов и модификации предложений. Одним из преимуществ векторов является то, что это набор числовых значений, а значит к ним применимы арифметические операции. Рассмотрим это на примере следующего алгоритма:

0) Получить два сравниваемых предложения, разбить на отдельные слова. Объявить массивы для сохранения результатов. Переменная  $i = 1$ .

1) Выбрать слова из первого предложения под номерами  $i$  и  $i+1$  как  $w1$  и  $w2$ . Переменная  $j = 1$ .

2) Выбрать слова из второго предложения под номерами  $j$  и  $j+1$  как  $w3$  и  $w4$ .

3) Для каждого из слов ( $w1, w2, w3, w4$ ) получить вектор ( $v1, v2, v3, v4$ )

4) Вычислить разницу векторов в словосочетании ( $v1$  минус  $v2$ , аналогично  $v3$  минус  $v4$ ). Эта разность считается отношением слов в паре, чем ближе вектора разности, тем больше похожи выбранные пары. Для этого вычисляется взвешенная поэлементная абсолютная разность полученных векторов.

5) Если найдено соответствие между двумя парами, записать в массив результатов. Если  $j+1$  меньше длины второго предложения, прибавить к переменной  $j$  единицу, перейти к шагу 2), иначе к шагу 6).

6) Если  $i+1$  меньше длины первого предложения, прибавить к переменной  $i$  единицу, перейти к шагу 1), иначе завершить поиск и вывести результаты.

Фактически, описанный алгоритм ищет похожие словосочетания в двух предложениях. После реализации метода, необходимо его протестировать. Для этого возьмем два текста из разных источников и выполним функцию, реализующую алгоритм.

Можно сделать очевидное замечание, что найденные пары могут относиться к разному контексту. Поэтому следует рассматривать модифицированный алгоритм. Возможны следующие варианты: поиск относительно ключевых слов (в некотором окне, например, пять слов до и после), сравнение общих соседей (если у пар слов нет общих соседей, то скорее всего они относятся к разному контексту), рассмотрение троек слов (можно построить три пары, которые должны иметь аналоги во втором тексте) и т.п.

```

Позиция в первой строке:2
Позиция во второй строке:75
released its : that it
Позиция в первой строке:3
Позиция во второй строке:114
its annual : thousand trillion
Позиция в первой строке:4
Позиция во второй строке:17
annual hype : buffs sometimes
Позиция в первой строке:5
Позиция во второй строке:114
hype cycle : thousand trillion
Позиция в первой строке:6
Позиция во второй строке:126
cycle for : and for
Позиция в первой строке:7
Позиция во второй строке:127
for emerging : for the
Позиция в первой строке:8
Позиция во второй строке:114
emerging technologies : thousand trillion
Позиция в первой строке:9
Позиция во второй строке:126
technologies for : and for
Позиция в первой строке:13
Позиция во второй строке:114
it was : thousand trillion
Позиция в первой строке:14
Позиция во второй строке:114
was interesting : thousand trillion
Позиция в первой строке:15
Позиция во второй строке:30
interesting to : appears to
Позиция в первой строке:16
Позиция во второй строке:43
to note : to rattle
Позиция в первой строке:17
Позиция во второй строке:82
note that : but that
Позиция в первой строке:18
Позиция во второй строке:75
that big : that it
Позиция в первой строке:19
Позиция во второй строке:57
big data : big number
Позиция в первой строке:20
Позиция во второй строке:114
    
```

Рис. 2. Пример поиск пар словосочетаний

### Заключение

В этой статье рассматривалась проблема осуществления поиска с применением векторизации слов. Преимущества такого подхода состоят в отсутствии необходимости вручную составлять словари или размечать текст,

возможность перехода от символьных операций к числовым. Основным недостатком является необходимость использования больших выборок текста при обучении. Также следует отметить, что результаты вычислений в векторной модели необходимо интерпретировать и оценить для получения адекватных результатов.

### Литература:

1. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных: учеб. пособие / Большакова Е. И., Воронцов К. В., Ефремова Н. Э., Клышинский Э. С., Лукашевич Н. В., Сапин А. С. — М.: Изд-во НИУ ВШЭ, 2017. — 269 с.
2. Библиотека NLTK <http://www.nltk.org/>
3. Adam Geitgey Natural Language Processing is Fun! [medium.com/@ageitgey/natural-language-processing-is-fun-9a0bff37854e](https://medium.com/@ageitgey/natural-language-processing-is-fun-9a0bff37854e)
4. Madhu Sanjeevi Chapter 9.2: NLP — Code for Word2Vec neural network(Tensorflow). <https://medium.com/deep-math-machine-learning-ai/chapter-9-2-nlp-code-for-word2vec-neural-networktensorflow-544db99f5334>
5. Корпус текстов OpinRank Data. [kavita-ganesan.com/entity-ranking-data/](http://kavita-ganesan.com/entity-ranking-data/)

## Микропроцессорная система регулирования процесса цементирования нефтяных скважин

Фатьянов Александр Сергеевич, студент магистратуры  
Уфимский государственный авиационный технический университет

Количество нефти, которое можно добыть из скважины, существенно зависит от качества ее цементирования. Скважина, которую зацементировали качественно, способна дать намного больший дебет нефти. От качества цементирования скважины так же зависит состояние природных недр, потому что при отсутствии качественного разобщения пластов могут случиться различные проявления. В настоящее время для регистрации данных при процессе цементирования почти везде используют так называемые СКЦ — станции контроля цементирования. Там применяются датчики таких величин, как давление, температура, плотность. Так же там используется расходомер для изменения параметров раствора для тампонажа. Но в этих СКЦ есть один, но тем не менее, крайне ощутимый недостаток — эти станции занимаются лишь фиксацией полученных данных, но совершенно не принимают участия в управлении процессом. Это существенный недостаток, так как в области управления существует множество крайне значимых моментов, которые не должны оставаться без должного внимания.

1.1 Основные проблемы цементирования нефтяных скважин.

Во время процесса цементирования обсадных колонн нефтяных и газовых скважин есть следующие условия для качественного и надежного разобщения пластов:

— обеспечение прочной связи стенок скважины и цементного кольца

— создание за колоннами бездефектного цементного кольца

Выполнить вышеперечисленные условия можно управлением гидравлического процесса при цементировании скважин. Гидравлический процесс, в свою очередь, обеспечивает показатели расхода жидкостей, и их давление и плотность на устье и забое скважин.

Турбулентный режим течения буферных жидкостей и цементного раствора за колонной позволяет обеспечивать удаление со стен скважин рыхлой части глинистой корки, а также максимальное вытеснение глинистого раствора.

Необходимо осуществлять управление гидравлическими процессами на двух главных этапах цементирования:

— на этапе приготовления и нагнетания цементного раствора в колонну вслед за буферной жидкостью. Это делается для того, чтобы не допустить таких осложнений, как проявление воды или газа, поглощения, обвалы стенок скважин. Эти осложнения могут произойти по причине снижения гидростатических и гидродинамических явлений в затрубном пространстве и из-за отрыва столба раствора.

— на этапе продавливания за колонну цементного раствора, создавая и обеспечивая за необходимый промежуток времени турбулентный режим его течения. Турбулентный режим необходим для прохождения раствором интервалов разобщения пластов на самых важных участках заколонного пространства.

Современные станции контроля цементирования не в состоянии выполнять эти задачи, в силу отсутствия необходимого для этого функционала.

### Требования к СКЦ

Из-за наличия недостатков в современных СКЦ появляется задача разработки системы управления гидравлическим процессом, которая, при процессе цементирования нефтегазовых скважин, будет обеспечивать заданное давление в заколонном пространстве с помощью регулирования расхода бурового расхода, выходящего на устье во время нагнетания цементного раствора в колонну. Для реализации заданного режима расхода с целью формирования бездефектного цементного кольца, которое будет качественно разобщать нефтяные пласты, необходимо обеспечить радиоуправление работой цементировочных агрегатов.

Управление процессом осуществляется оператором с помощью компьютера. Необходимое специализированное программное обеспечение обязано постоянно отображать процесс цементирования, в частности такие параметры, как давление, плотность, температуру и расход раствора, и формировать отчет по полученным данным.

Необходимо реализовать средства управления давлением на устье и забое скважины и расходом бурового и цементного растворов.

В силу отсутствия возможности проводной передачи данных из за экстремальных условий на объекте цементирования, необходимо использовать беспроводные технологии. С их помощью мы организуем обмен данными между объектами и субъектами управления.

### Общий принцип работы СКЦ

В данной статье представлено решение задачи при разработке СКЦ, которая будет соответствовать технологическим и техническим требованиям. Так же в данной СКЦ будут учтены все недостатки старых СКЦ и все требования к новым.

Разработанная СКЦ содержит в себе:

- Ноутбук с необходимым программным обеспечением для работы оператора, формирования отчетов и управляющий воздействием;
- Центральный модуль радиоуправления, который подключается к ноутбуку с помощью USB интерфейса. Данный модуль является корневым концентратором в ZigBee сети;
- Блок манифольда, содержащий датчики расхода, температуры, давления и плотности;
- Блок управления и контроля первичных данных, которые поступают из блока манифольда;
- Электроприводные задвижки;
- Блок управления электроприводом;
- Модуль сопряжения ZigBee сети и блока управления, выдающий исходный сигнал положения задвижки для блока управления электроприводом;

– Комплект раций с Bluetooth фурнитурой для агрегатчиков и оператора.

В программу управления процессом необходимо загрузить файл, который содержит в себе план цементировочных работ. Он так же включает в себе значения давления и расхода для каждого этапа цементирования.

На центральный модуль управления с блока манифольда по беспроводному каналу передачи ZigBee происходит трансфер данных о текущих значениях расхода, плотности, давления и температуры жидкости. После анализа полученных данных, управляющая программа принимает решение о дальнейшем характере работ системы и формирует управляющие команды для задвижки: открыть задвижку, закрыть задвижку, задать и установить необходимый угол задвижки. Эта программа так же должна показывать необходимые на текущий момент значения скоростей двигателя для каждого из агрегатчиков. Данные значения агрегатчики узнают от оператора по рации. На основании полученных данных, агрегатчики устанавливают необходимые скорости на двигателях и с помощью этого изменяют значения расхода.

### Параметры процесса цементирования

Во время этапа затворения нужно обеспечить компенсацию потери давления в затрубном пространстве, которое вызывается низкой плотностью буферной жидкости. Это можно обеспечить закрытием задвижки на устье на определенный угол, необходимый для роста давления до заданного значения.

Входным параметром для реализации управления задвижкой будет величина противодавления. Данная величина устанавливается в самом начале и не зависит от других параметров.

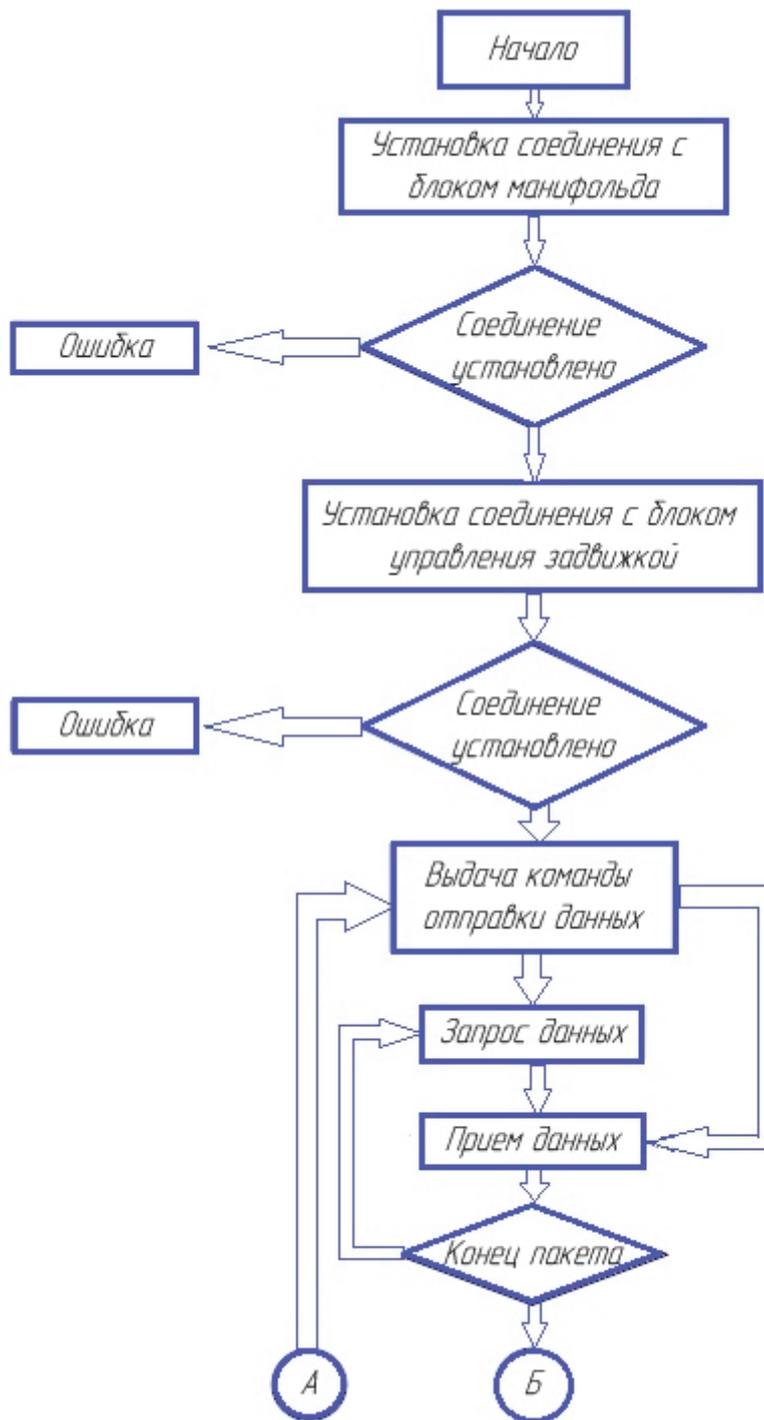
Это значит, что в самом начале этапе затворения цементного раствора, управляющая программа должна осуществлять постоянный мониторинг и анализ показатели значения давления в колонне. Как только показатели начнут падать, программе необходимо дать команду блоку управления на прикрытие задвижки на несколько градусов, после чего продолжить контроль за значением давления. Повторять это действие необходимо вплоть до достижения установленного значения. После окончания затвора тампонажного раствора задвижка закрывается наполовину. Данное действие производится для нивелирования эффекта самопроизвольного стекания столба цемента по обсадной колонне.

Входным параметром этапа продавки является расчетное значение расхода воды. Для того, чтобы организовать управление в начале продавки, управляющая программа, анализируя таблицу базы знаний и введенные данные, указывает начальную скорость для каждого агрегата. После установления указанных скоростей, программа начинает анализ текущего значения расхода. Если текущее значение не является достаточным, в главном окне программы отображается, какому агрегату и на

сколько ступеней необходимо повысить скорость, или наоборот понизить, если текущее значение скорости слишком велико. Если заданный расход никак не удается установить, оператору необходимо сообщить требование о снижении подачи топлива одному из агрегатчиков.

### Блок-схема алгоритма работы управляющей программы

На рисунке 1 приведена блок-схема алгоритма управляющей программы.



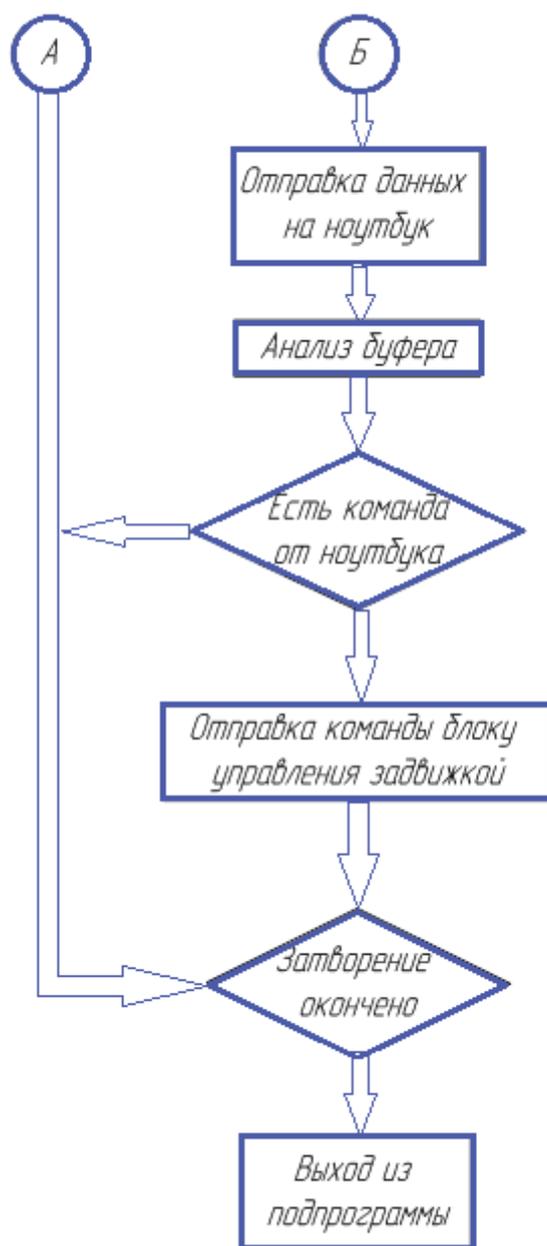


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы управляющей программы

**Блок-схема алгоритма управления задвижкой**

На рисунке 2 приведена блок-схема алгоритма управления задвижкой. В блок-схеме отображен основной принцип работы системы на этапе закачки тампонажного

раствора. В нее включено краткое описание работы всех трех устройств.

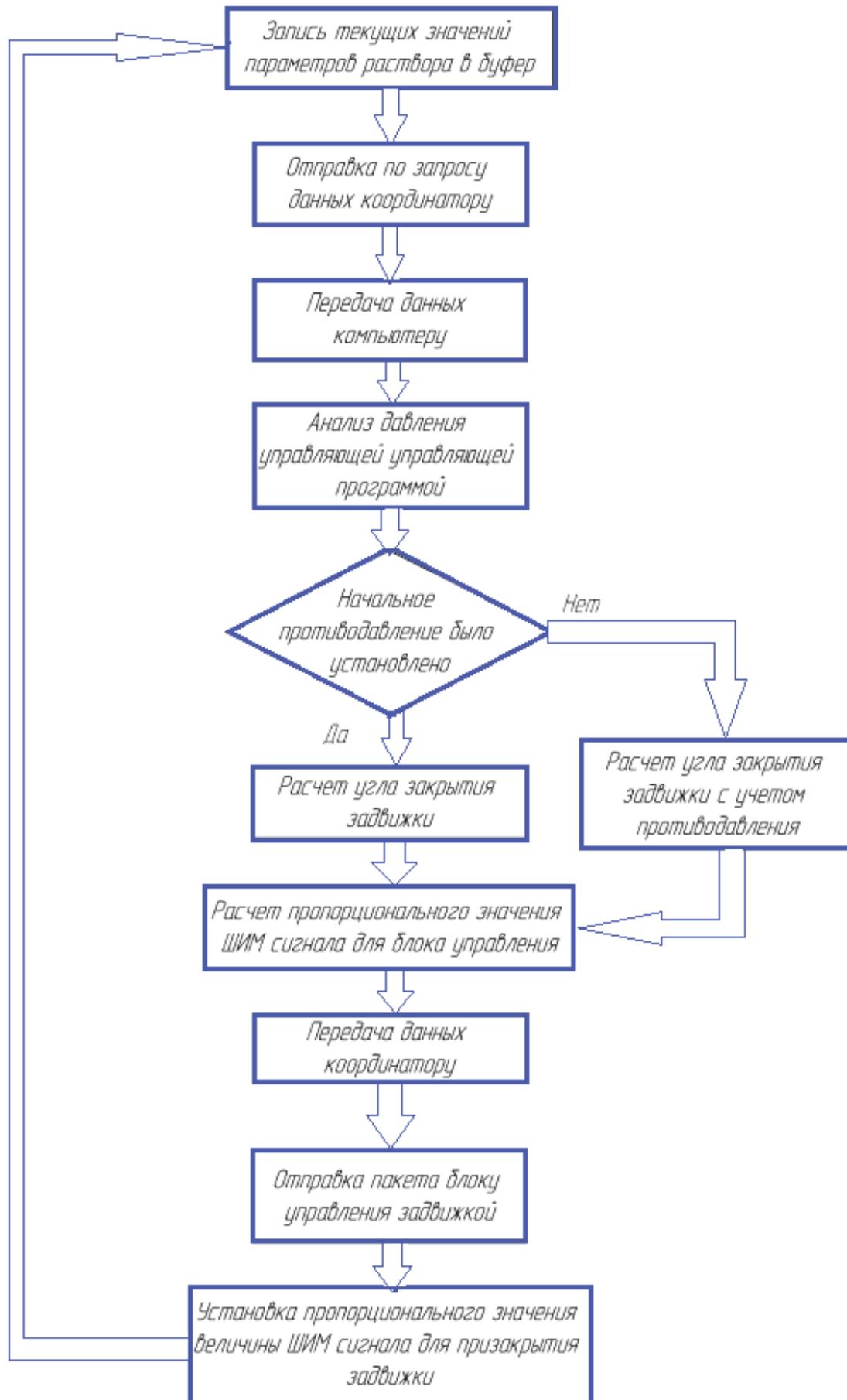


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления задвижкой

**Блок-схема алгоритма управления расходом жидкости**

На рисунке 3 приведена блок-схема алгоритма управления расходом жидкости. Подразумевается, что сообщение агрегатчикам рабочих скоростей осуществляется

оператором, который постоянно следит за параметрами цементирования на компьютере.

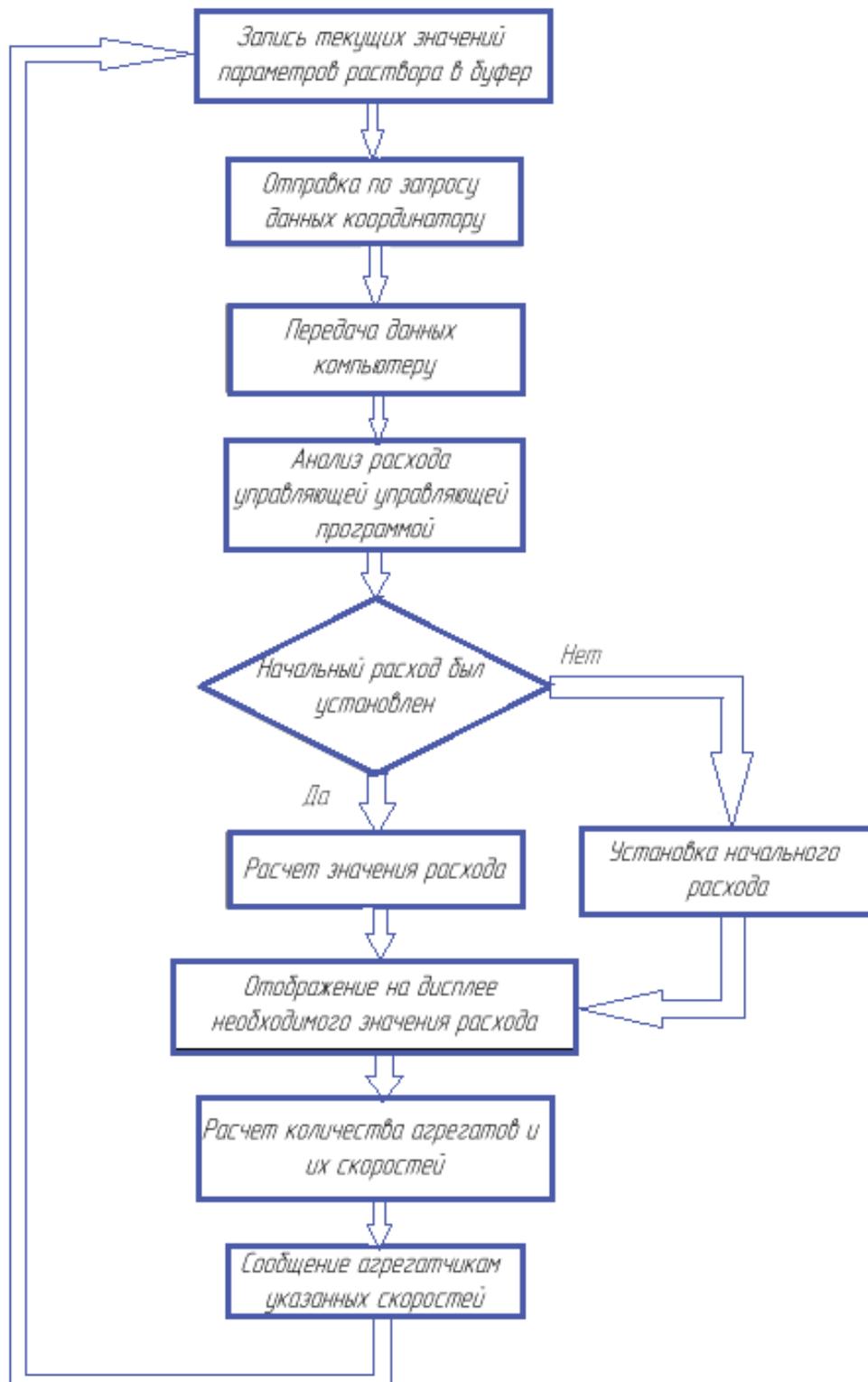


Рис. 3. Блок-схема алгоритма управления расходом жидкости

**Заключение**

Микропроцессорная система регулирования процесса цементирования является важной и необходимой частью

работ по улучшению нефтегазовой добычи. Практическое применение системы позволить не только получать и сравнивать фактические и желанные данные, но и принимать непосредственное участие в самом процессе цементирования

## Литература:

1. Рахимкулов Р. Ш. Вопросы увеличения добычи нефти из монолитных обводненных пластов. Интенсификация разработки и нефтеотдача нефтяных месторождений Башкирии. / Р. Ш. Рахимкулов // Труды Башнипнефть. 1976. — № 64. С. 164–171.
2. Fuenkajor K. e. a. Drilling induced fractures in borehole Walls. / K. Fuenkajor // J. Petrol. Technol. — 1992. — № 2. — С. 210–216.
3. Иванников В. Н., Кузнецов Ю. Н. Проблемные вопросы сверхглубокого бурения и пути их решения. / В. Н. Иванников // НТЖ Стр-во нефт. и газовых скважин на суше и на море, 1991. — № 9. — С. 10–14.
4. ГОСТ 12.1.007–76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. — М.: Издательство стандартов, 1976. — 20 с.
5. Бездробный О. И. Справочное руководство по цементировочному оборудованию / О. И. Бездробный — М.: ГенНицИздат, 1979. — 205 с.

## Использование тезаурусов для автоматизации построения поисковых запросов в интернете

Ходикян Роберт Арменович, студент магистратуры  
Кубанский государственный университет (г. Краснодар)

*Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью использования тезауруса для упрощения поиска в сети и разнородных системных областях.*

**Ключевые слова:** тезаурус, поиск, интернет, автоматизация.

*The relevance of the chosen topic is due to the need to use a thesaurus to simplify the search in the network and not only.*

**Keywords:** thesaurus, search, internet, automation.

Современный этап развития человеческой цивилизации характеризуется стремительным переходом от индустриального общества к информационному. Одним из важнейших явлений этого процесса является появление и развитие глобальной информационной компьютерной сети.

В девяностых годах прошлого столетия, с появлением Интернета общество получило доступ к огромному количеству информации из самых разных областей науки, развлечениям и многому другому — несчётное множество документов, которые находятся на разных компьютерах по всему миру. Сегодня интернет — это неструктурированный, распределенный репозиторий динамической информации немислимых размеров, в который постоянно идет огромный поток новой различной информации, а устаревшие файлы редактируются или удаляются. Громадный и постоянно растущий объем данных приводит к тому, что обеспечить поиск в интернете становится очень важной задачей. Однако без соответствующих инструментов, проблема поиска необходимых данных или

информации в настоящее время становится практически неразрешимой.

Появление поисковых систем в глобальной сети интернета стало новым этапом в развитии поиска информации. Сегодня информационно-поисковые системы (IPS) интернета эффективно используются методами поиска информации, которые разрабатывались долгие годы. И один из важных аспектов является структурный компонент IPS информационно-поисковый язык.

Бурный рост и динамичное развитие информационных ресурсов требует, чтобы каждый обладал различными продвинутыми навыками поиска. Умение быстро и правильно находить нужное в глобальной сети означает экономить время, владеть надежной и актуальной информацией и, следовательно, принимать верные решения и делать правильные выводы. Так же в связи с увеличением объема потока данных, который нужен для принятия решений, и перспективами, которые предоставляют компьютерные технологии, автоматизированные тезаурусы

стали обширно использоваться во всевозможных областях человеческой деятельности. Осуществление быстрого и продуктивного поиска данных становится все более сложно решаемой проблемой. Цель поиска информации — найти и выдать данные или их описания, отвечающие запросу конечного пользователя.

Обычные информационно-поисковые системы используются для поиска различных данных в огромных библиотеках, всевозможных технических центрах, архивах. Из этого следует, что область применения технологии поиска данных представляется довольно обширной.

При автоматизации поиска документа наиболее важной задачей является детерминированное содержание файла и запроса. В таком случае поиск происходит по всему тексту документа или по его поисковому изображению, и в качестве запроса чаще всего используются отдельные ключевые слова или их логические сочетания. Именно по такому принципу основан информационно-поисковый тезаурус.

Компьютерная лексикография была свидетелем многочисленных попыток автоматического создания тезауруса. В настоящее время невозможно избежать участия эксперта в процессе создания тезауруса, однако существует множество работ, направленных на частичную автоматизацию всего процесса или его отдельных этапов.

В этой статье не используется терминологическая кластеризация, но определяется связь между терминами на основе анализа словосочетаний.

Кластерный анализ или кластеризация — это задача группирования набора объектов таким образом, чтобы объекты в одной и той же группе (называемой кластером) были более похожи (в некотором смысле) друг на друга, чем объекты в других группах (кластерах). Это основная задача интеллектуального анализа данных и общий метод статистического анализа данных, используемый во многих областях, включая машинное обучение, распознавание образов, анализ изображений, поиск информации, биоинформатику, сжатие данных и компьютерную графику.

Терминологический тезаурус можно рассматривать как доменную модель. В связи с этим в процессе его построения могут использоваться не только корпуса на естественном языке, но и семантически структурированные ресурсы, такие как словари, энциклопедии, патенты, технические или нормативные документы. В статье представлена автоматизированная система общего назначения.

#### Литература:

1. Клещев А. С., Шалфеева Е. А. Классификация свойств онтологий. Онтологии и их классификации. НТИ сер. 1, 2005 №9, стр 16–22.
2. Кустова Г. И. Типы производных значений и механизмы языкового расширения. Изд. Языки Славянской Культуры, 2004.
3. Леонтьева Н. Н. Автоматическое понимание текстов: системы, модели, ресурсы. — М., Издательский центр «Академия», 2006. — 304 с.

Одним из ключевых моментов является использование синонимических отношений, извлеченных из словарей для термического извлечения. Следует отметить, что синонимия является особенно важным понятием для неспециализированных тезаурусов, которые менее важны для специализированных терминологических терминов, основанных, главным образом, на гиперных-гипонимных отношениях.

Гиперо-гипонимические отношения — это один из классов отношений парадигматического типа, среди которых также обозначаются синонимия, антонимия и др., образующий лексико-семантические поля и группы.

Гипер-гипонимные отношения извлекаются с использованием шаблонов (например, «А, такой как В»). Взаимосвязи между терминами устанавливаются с использованием комбинации методов машинного перевода и анализа цитирования. Обзор существующих подходов к решению проблемы автоматизации построения тезауруса позволяет выявить используемые методы и алгоритмы. Стоит отметить, что большая часть усилий в существующих работах сосредоточена на инициальном удалении терминов и определении отношений между терминами, тогда как автоматизация кластеризации терминов изучена недостаточно. Между тем, разнообразие существующих методов кластеризации делает исследования в этой области многообещающими.

Для автоматического построения терминологического тезауруса, который основан на алгоритме выбора словарных статей, по ключевым словам, (морфемам) и алгоритме кластеризации. Первый используется для создания корпуса тезауруса, а второй позволяет формировать семантические кластеры. Эффективность подхода была подтверждена путем создания тезауруса для кардиологического выражения. Следует отметить, что даже самый заверченный словарь не содержит новейшей терминологии, которая должна быть дополнительно извлечена из текстовых документов. Однако обращение к проверенному словарю создает эффективную основу для построения терминологического тезауруса. В нашем случае вариант кластеризации был удобен для создания иерархических отношений в тезаурусе. Слова в отдельном кластере были либо связаны непосредственно с одним кластером, они были легко разделены на группы, связанные с различными кластерами. Такой эффект, обусловлен морфологической однородностью терминов внутри целевого домена. Это должно сделать предлагаемый подход применимым для построения тезауруса в других профессиональных областях.

## Разработка шаблонов кейсов для образовательной программы MFJ (My Future Job)

Юргина Татьяна Святославовна, студент магистратуры;  
Казанская Ольга Васильевна, кандидат технических наук, доцент  
Новосибирский государственный технический университет

**Ключевые слова:** образовательные системы, профориентация, платформа, кейс.

Актуальной проблемой для абитуриентов состоит в определении ВУЗа, направления, специальности, бывшим школьникам сложно представить что же на самом деле открывают для них двери университетов. Безусловно и для университетов актуален вопрос привлечения студентов.

В данном вопросе неопределённость самих абитуриентов играет конечно не маловажную роль, но также не стоит отбрасывать и тот факт, что студенты зачастую слабо представляют что ждёт их во время обучения, и тем более после. Это подтверждает и статистика запросов в google за 2018 год по вопросу «куда пойти учиться?» [1] Новосибирск, как видно на рисунке 1 в этом списке не первый, но имеет достаточно высокий показатель интереса в этой теме.

В настоящее время можно найти множество самых разнообразных не только мировых, но и отечественных ресурсов, такие, например, как «Проектория» [2], «Российское образование. Федеральный портал» [3], «Смарт Курс» [4] и другие. Но каждый из этих ресурсов по-своему подходит к вопросу профориентации.

Без сомнения, огромный и значимый проект — Проектория предлагает множество заданий от известных компаний, разбитых на отрасли. Сами задания — кейсы, требуют от исполнителей определенных навыков подготовки в конкретной теме, отрасли. Также на сайте представлено описание различных современных и популярных профессий с рекомендациями в каких ВУЗах можно получить необходимое образование. Федеральный портал в основном является новостным ресурсом, на котором можно найти информацию о любом учебном заведении, необхо-

димых вступительных экзаменах. Смарт Курс в свою очередь предлагает целую методику по работе с подростками для их профориентации.

В общем, большинство ресурсов сосредоточены на психологических тестах, которые далеко не всегда могут быть полезны абитуриентам и их родителям для представления картины их будущего обучения в ВУЗе. Стоит отметить, что перечисленные проекты обладают большим бюджетом, и, конечно же обеспечивают подростков необходимой информацией. Но не хватает в этих продуктах примеров тестовых задач, отражающих саму суть специальности, при этом достаточно простых для выполнения абитуриентами.

Для решения недостающей части в известных проектах разрабатывается образовательная программа MFJ (My Future Job), которая будет представлять собой платформу, то есть будет охватывать несколько факультетов и служить основой для создания кейсов.

Средний возраст первокурсников от 17 до 20 лет, это молодые и энергичные люди, которые с каждым годом становятся всё более продвинутыми в области поиска информации на различных сервисах типа Google, YouTube и т.д. Из этого вытекает одно из требований к системе — она должна использовать современный подход к предоставлению информации об обучении в университетах. Здесь могут быть применены различные мультимедиа, сама платформа должна быть интерактивной, с различными популярными и используемыми модулями, такими как возможность создания чатов.

Платформа должна быть масштабируемой, включать в себя направления и специальности нескольких фа-

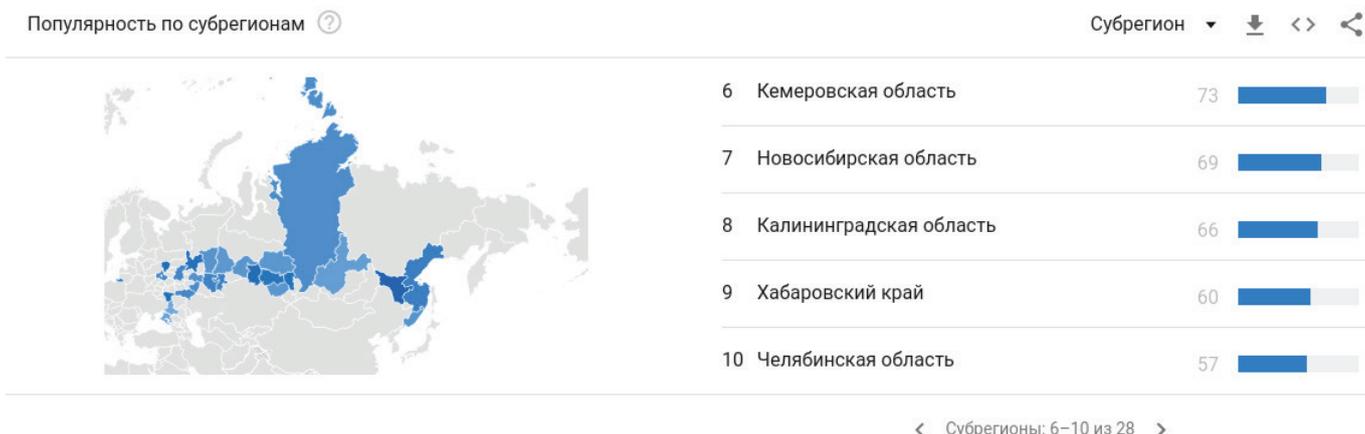


Рис. 1. Статистика Google по запросу «Куда пойти учиться?»

культетов. А сами кейсы должны быть базовыми шаблонами, чтобы оставлять возможность отражать специфики разных специальностей. Основная идея кейсов состоит в том, чтобы реализовать интерактивное представление конкретной задачи, дать возможность студентам понять чем они будут заниматься, на сколько это важно и интересно. Хорошими примерами для реализации могут служить бакалаврские или магистерские работы выпускников АВТФ. К примеру, работа Богомолова Дмитрия «Разработка информационной системы мониторинга состояния дорожного покрытия» отлично подходит для рассмотрения, так как она прикладная, её можно хорошо визуализировать, а её значимость понятна и легко объяснима. Данная задача относится к категории информационных технологий и включает несколько этапов раз-

работки, которые собственно базируются на предметах, изучаемых в университете и наглядно показывают что можно создать благодаря этим знаниям. Видеоматериалы помогут передать процесс взаимодействия уже реализованной системы, тренажёры (SQL, HTML) путем несложных заданий помогут представить процесс разработки, в приложениях к кейсу будут отмечены специальности, которые предлагают обучение тому, что, собственно входит в инструментарий разработки системы, а также информация о возможных профессиях.

Возможные средства реализации кейсов это HTML, JavaScript, CSS, PHP также WebGL, позволяющий создавать 3D графику в браузерах. Кроме описанного, также важным аспектом будет и уделение внимания безопасности и надежности.

#### Литература:

1. Google Trends, «Куда пойти учиться?» [Electronic resource] // URL: <https://trends.google.ru/trends/explore?geo=RU&q=Куда%20пойти%20учиться> (accessed 5.11.2016)
2. Проектория. [Electronic resource] // URL: [proektoria.online](http://proektoria.online) (accessed 5.11.2016)
3. Российское образование Федеральный портал. [Electronic resource] // URL: <http://www.edu.ru/> (accessed 5.11.2016)
4. Smart Course. [Electronic resource] // URL: <http://smart-course.ru/> (accessed 5.11.2016)
5. Разработка информационной системы мониторинга состояния дорожного покрытия / А. А. Якименко, А. А. Малявко, Д. А. Богомолов, А. Е. Морозов // Известия Самарского научного центра РАН. — 2017, Т. 19, № 6. С. 90–96.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Программная реализация системы управления предаварийными ситуациями парового котла ДЕ 16/14

Афанасьев Николай Витальевич, студент;  
Немчинов Денис Валерьевич, кандидат технических наук, доцент  
Астраханский государственный технический университет

*В современных условиях жесткой конкуренции и усиления рисков внешней среды (банкротство, закрытие, переориентация многих предприятий за последние годы) традиционные подходы к оценке показателя технического состояния объекта на электрохозяйственных предприятиях малоэффективны. Необходимость разработки инновационных подходов к оценке технического состояния обусловлена неспособностью предприятий, предвидеть оценку технического состояния объекта и своевременно вырабатывать механизмы для снижения рисков аварийных ситуаций. В настоящее время одной из главных задач управления предприятием, состоит в определении показателя технического состояния объекта. Каждое предприятие старается найти более действенный способ по определению технического состояния оборудования.*

**Ключевые слова:** показатель технического состояния, оценка состояния объекта, программное обеспечение, алгоритм определения технического состояния.

На объектах теплоэнергетики возникают ситуации, связанные с аварийной остановкой производства. Для определения предаварийного состояния объекта и снижения риска остановки процесса с минимальными затратами необходимо определить показатель технического состояния объекта. Чтобы определить техническое состояние объекта возникает задача оценить техническое состояние объекта и выработать алгоритм для снижения рисков аварийных ситуаций. Для решения данной задачи предложен алгоритм определения состояния объекта, который реализован в интегрированной среде разработки программного обеспечения Lazarus.

Разработанная программа обеспечивает:

- ввод текущих значений технологических параметров парового котла ДЕ-16–14 ГМ;
- расчет параметрического показателя установки парового котла;

– определение состояния параметра парового котла и уведомление оператора о развитии предаварийной или аварийной ситуации.

Она функционирует по следующему алгоритму (рис. 1).

Для того, чтобы определить техническое состояние объекта по данному алгоритму необходимо:

- 1) Ввод текущих значений параметров;
- 2) Нормирование в безразмерную величину  $q$ ;
- 3) Расчет показателя технического состояния;
- 4) Вывод данных.

Разработан интерфейс для данной программы. Он включает в себя: окно запуска программы, окна ввода и вывода данных и окно состояния объекта. В окне состояния отображается статус состояния системы.

Разработанная программа обеспечивает управление предаварийными ситуациями установки парового котла, выявляет основные положения, связанные с аварийной остановкой, и предотвращает возникновение аварийных ситуаций на объекте.

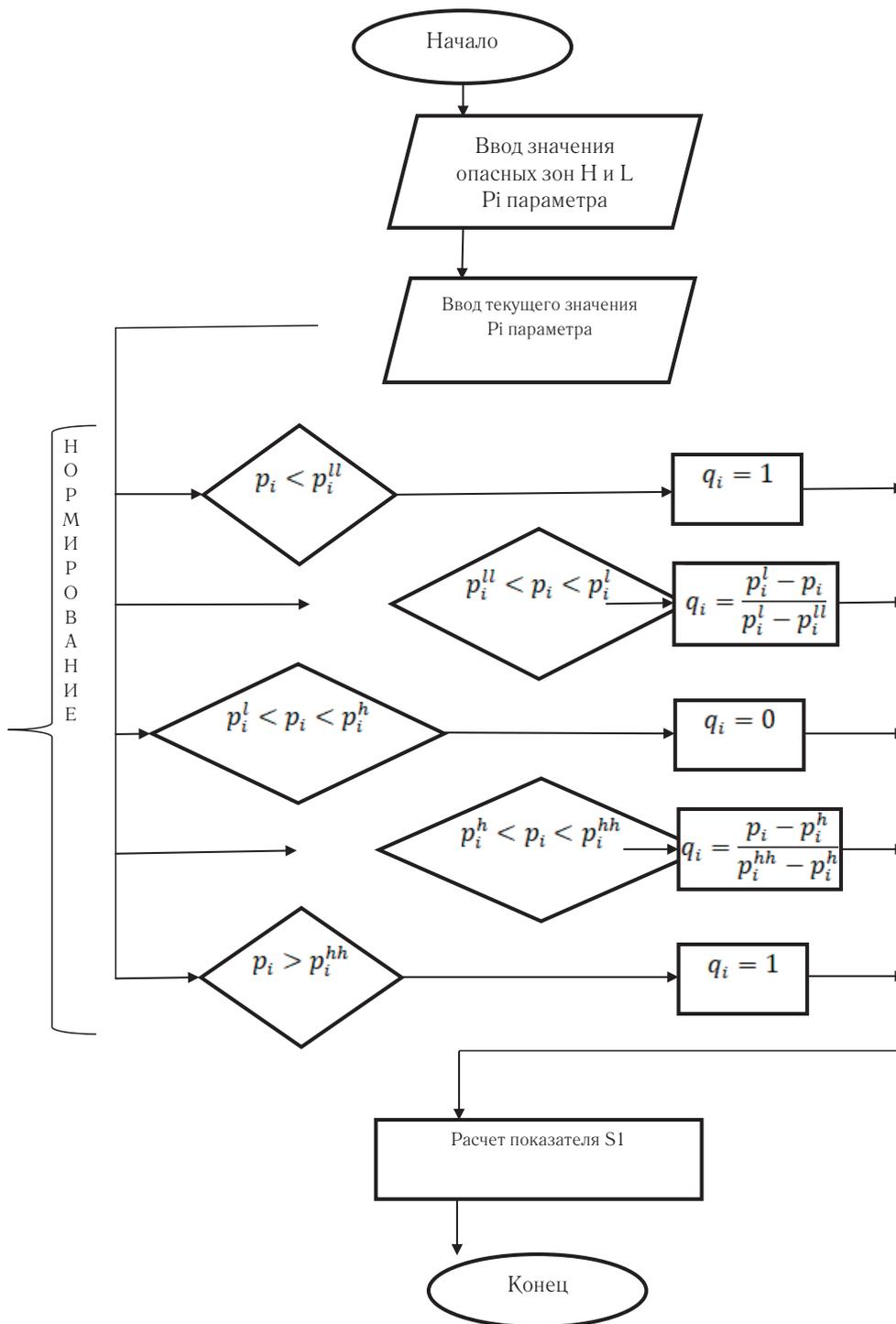


Рис. 1. Алгоритм

Литература:

1. Проталинский О. М., Немчинов Д. В. Определение показателей возникновения аварийных ситуаций в морских технических системах. — М.: ISSN1812–9498. ВЕСТНИК АГТУ. 2008. № 5 (46), 2008. — 104.
2. ГОСТ 18322–78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения;
3. ГОСТ25866–83. Эксплуатация техники;
4. Постановление Правительства РФ № 1401 от 19.12.2016 г. «О комплексном определении показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, и об осуществлении мониторинга таких показателей».

## Использование микро-ГЭС деривационного типа для электроснабжения отдаленных населенных пунктов

Бадмаев Александр Викторович, студент магистратуры;  
Доржиев Виталий Валерьевич, студент магистратуры  
Иркутский национальный исследовательский технический университет

*В статье рассмотрено электроснабжение отдаленного населенного пункта с использованием микро-ГЭС деривационного типа. Определен гидроэнергетический потенциал реки с использованием гидрологических данных. Произведен расчет параметров и выбор оборудования микро-ГЭС.*

**Ключевые слова:** гидрологический потенциал, микро-ГЭС, деривация, возобновляемые источники энергии, электроснабжение.

### 1. Местоположение и характер объекта электроснабжения

Объектом электроснабжения является курорт Умхей, который расположен в Республике Бурятия Курумканского района. Расположен курорт в 100 км от районного центра на высоте 640 метров над уровнем моря. Рядом с курортом протекает р. Баргузин (110 км от устья). Река является вторым по объему притоком озера Байкал, протяженность которого составляет 480 км. Площадь бассейна 21.1 тыс. км<sup>2</sup>, судоходна на 204 км от устья. Количество притоков 223. Расход воды за год 110 м<sup>3</sup>/сек. Модуль стока 5.56 л/км<sup>3</sup>. Падение его от истока до устья составляет 1344 м, средний уклон 2,8% [1]. Климат резко континентальный с сухим жарким летом и холодной зимой. Максимальная температура летом 38°C, зимой –45°C. Характер нагрузки коммунально-бытовой. На территории курорта находятся жилые дома, а также столовая и баня. Объект показан на рисунке 1.

На основе данных о суточных нагрузках, предоставленных Курумканским РЭС, построим график для нашего объекта. Максимальная мощность в сутки составляет  $P = 21,5$  кВт, а минимальная — 7,53 кВт.

Общее требуемое количество электрической энергии в течение года  $W$ , определяется по формуле (1):

$$W_{200} = \sum P * D \text{ кВт*ч} \quad (1)$$

где  $\sum P$  — суммарная мощность за сутки, кВт;

$D$  — количество дней.

$$W_{200} = \sum P * D = 317,125 * 365 = 115750,6 \text{ кВт*ч}$$

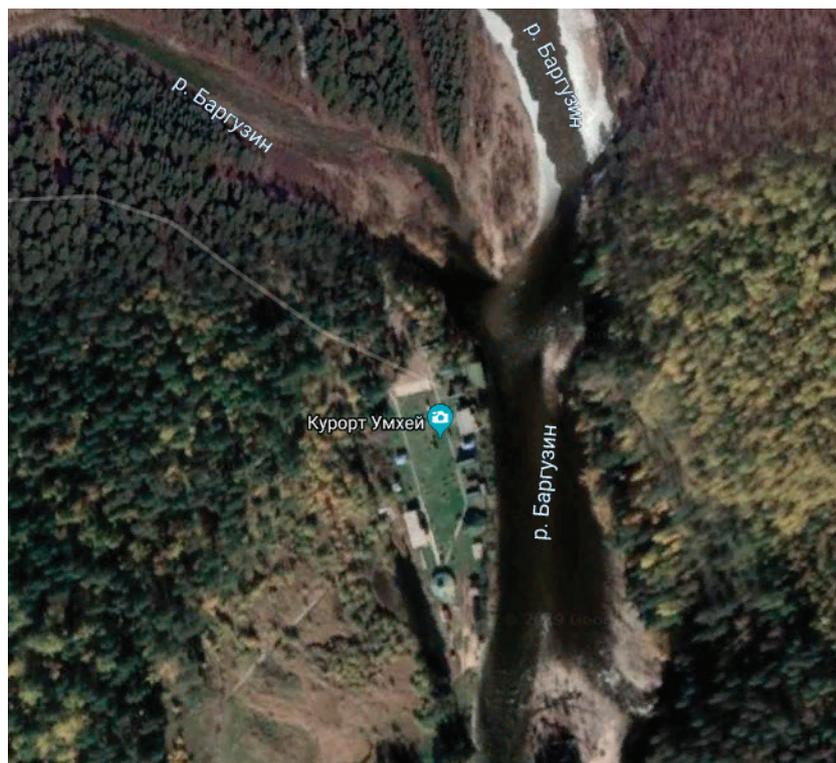


Рис. 1. Курорт «Умхей»

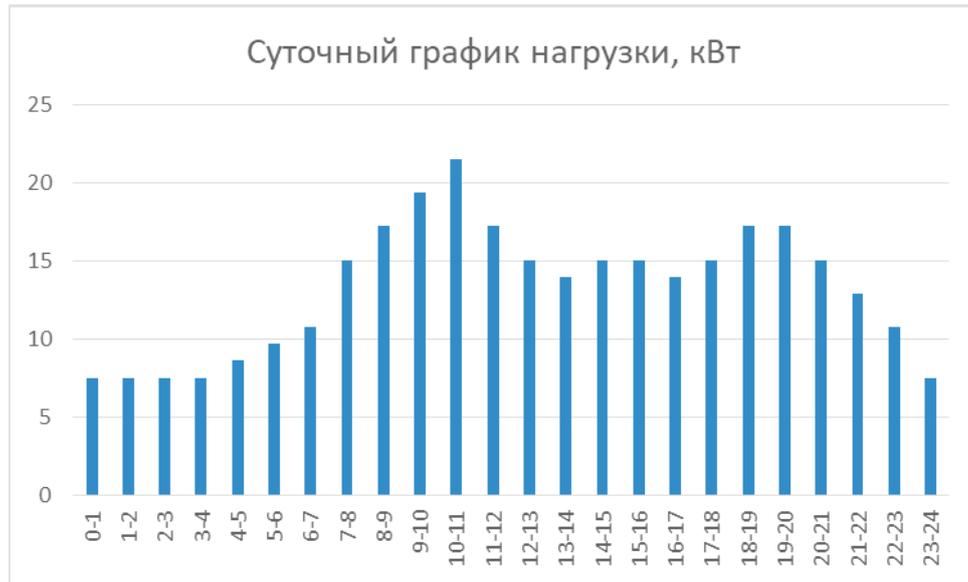


Рис. 2. График нагрузки

Определение гидротехнического потенциала

Для выработки энергии на реке Баргузин предлагается строительство микро-ГЭС деривационного типа. Так, мощность станции можно оценить по формуле (2):

$$P = 9,81 * Q_0 * H * \eta * K_{P\%}, \tag{2}$$

где P — мощность микро-ГЭС, кВт;  $Q_0$  — норма стока, м<sup>3</sup>/с; H — напор, м;  $\eta$  — коэффициент полезного действия;  $K_{P\%}$  — расчетный модульный коэффициент 85 % обеспеченности.

Перепад высот местности определяем с помощью программы Google Earth (рис. 3)

Значения среднего многолетнего стока и коэффициентов вариации и асимметрии допускается определять по картам [2], опубликованных в официальных документах Госгидромета в области гидрологии [3].

Из [2] определяем следующие данные: - средний многолетний модуль стока  $\bar{q} = 10,1$  л/с\*км<sup>2</sup> (подрайон 15б — таблица 2.6, приложения 2, приведенный на карте приложения 1, лист 3 [2]); - коэффициент вариации  $C_v = 0,2$ ; - коэф-

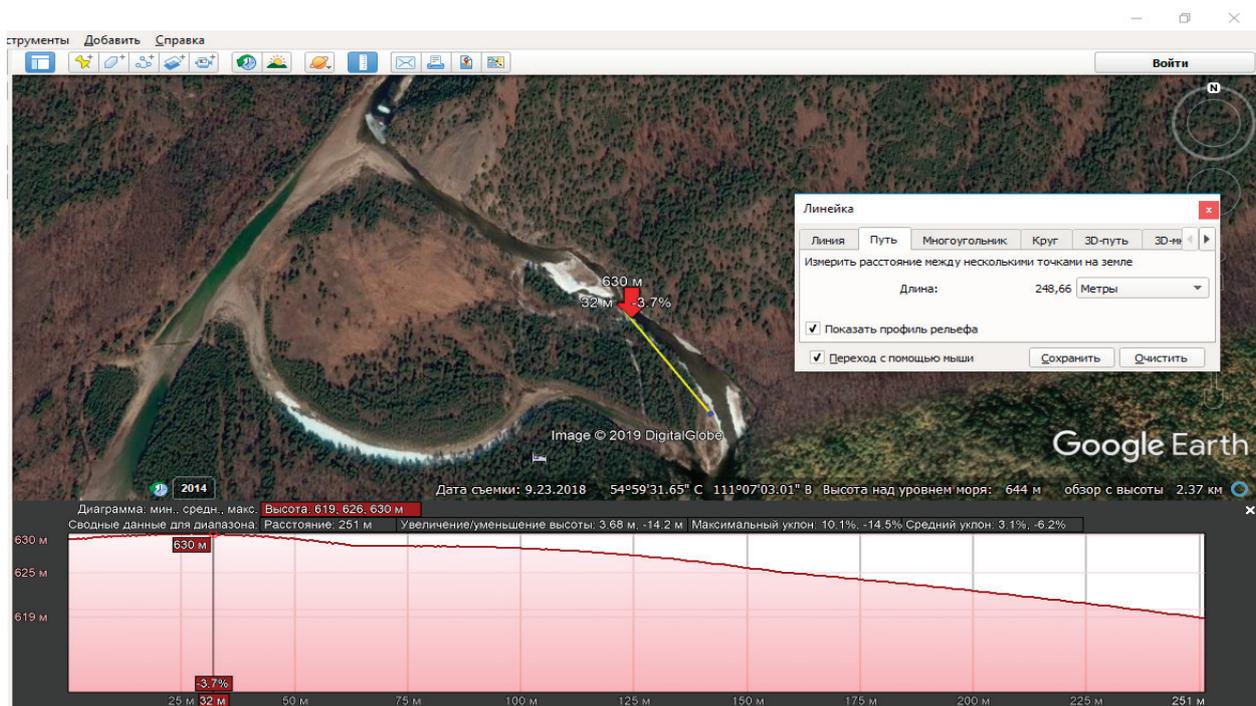


Рис. 3. Рельеф местности на месте прохождения водотока

Таблица 1. Расчетные гидрологические данные

P, %	1	5	10	25	50	75	85	90	95
$\Phi(P, C_s)$	2,61	1,75	1,32	0,63	-0,07	-0,75	-0,85	-1,04	-1,52
$K_{P\%}$	1,52	1,35	1,26	1,13	0,99	0,85	0,83	0,79	0,70
$q_{P\%} = K_{P\%} * \bar{q}$ , л/(с*км <sup>2</sup> )	15,37	13,64	12,77	11,37	9,96	8,59	8,38	8,00	7,03
$Q = \bar{q} * 0,001 * F$ , м <sup>3</sup> /с	60,72	53,86	50,43	44,92	39,34	33,91	33,11	31,60	27,77

коэффициент асимметрии  $C_s = 2C_v$ . Средний годовой расход определялся для площади водосбора  $F = 4000 \text{ км}^2$  по формуле  $Q = \bar{q} * 0,001 * F$ , м<sup>3</sup>/с. Расчет выполнялся по биномиальной кривой распределения (отклонение от среднего значения

ординат распределения Пирсона III типа:  $\frac{x_{P\%} - \bar{x}}{\sigma} = \frac{K_{P\%} - 1}{C_v} = \Phi(P, C_s)$ ) и представлен в табл. 1

При сооружении малых ГЭС принимается обеспеченность годового стока 85 %. Расчетный модульный коэффициент по данным табл. составляет  $K_{P\%} = 0,83$ , расчетный модуль годового стока —  $\bar{q} = 8,38 \text{ л/(с*км}^2)$ , среднегодовой сток  $Q = 33,1 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Выбор оборудования

Важнейшими факторами выбора оборудования были надежность, условия эксплуатации, также стоимость и доступность. Всем этим факторам соответствует оборудование компании «МНТО ИНСЕТ». Исходя из расчета электрических нагрузок и параметров микро-ГЭС (напор, расход воды) выбираем микрогидроэлектростанцию мощностью 30 кВт (МикроГЭС — 50Пр).

4. Расчет параметров микро-ГЭС

4.1 Расчет диаметра трубопровода

Для расчета необходимы следующие данные:

среднегодовой расход реки 85 % обеспеченности  $Q_{85\%} = 33,1 \text{ м}^3/\text{с}$ ; - разность уровней воды в напорном трубопроводе; - длина трубопровода; - коэффициент полезного действия гидроагрегата —  $\eta = 0,8$ . Диаметр стальной трубы определим по формуле (3) в соответствии с [4]:

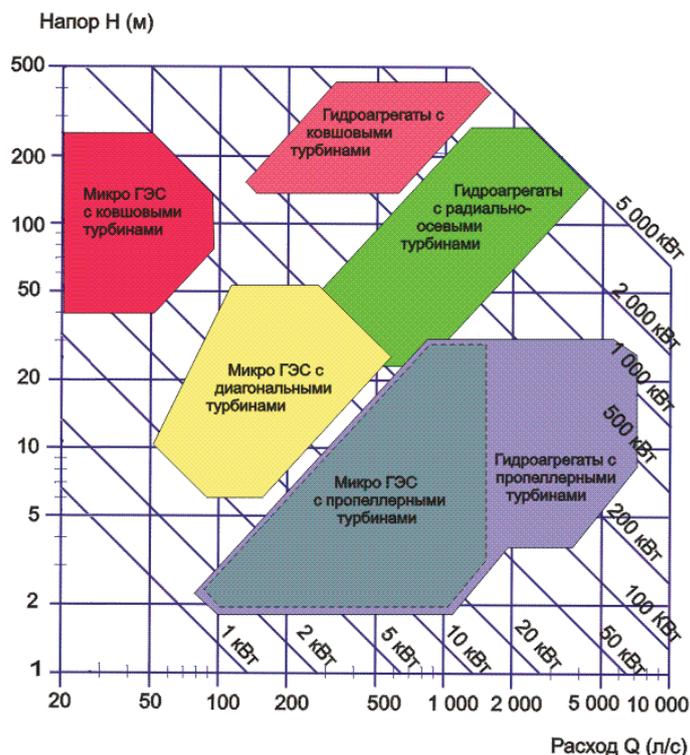


Рис. 4. Диапазон эксплуатации гидротурбин в зависимости от напора и расхода воды

Таблица 2. Допустимый расход в трубопроводе

Условный проход, мм	Удельное сопротивление А, мм <sup>2</sup> /м	Напор, м	Допустимый расход в трубе Q, м <sup>3</sup> /с
450	0,09928	10	0,6478
500	0,05784	10	0,8316
600	0,02262	10	1,3572

Таблица 3. Технические данные микро-ГЭС

Время, мес	% от годового расхода воды	Расход воды в реке, м <sup>3</sup> /с	Напор, м	Расход воды через трубу D = 450 мм, м <sup>3</sup> /с	Мощность ГЭС, кВт	Возможная выработка энергии, кВт*ч
1	4,5	17,865	8	0,5677	35,64	26518
2	4,1	16,277	8	0,5677	35,64	24807,16
3	3,5	13,895	8	0,5677	35,64	26518
4	3,2	12,704	8,5	0,5852	39,04	28107,02
5	6,8	26,996	9	0,6021	42,53	31640,48
6	12,4	49,228	9	0,6021	42,53	30619,82
7	15	59,55	10	0,6347	49,81	37059,57
8	17,1	67,887	10	0,6347	49,81	37059,57
9	13,9	55,183	9	0,6021	42,53	30619,82
10	7,8	30,966	8	0,5677	35,64	26518
11	6,3	25,011	8	0,5677	35,64	25662,58
12	5,4	21,438	8	0,5677	35,64	26518

$$Q = \sqrt{\frac{H}{A \cdot L}}, \quad (3)$$

где Q — допустимый расход в трубопроводе, м<sup>3</sup>/с; H — напор, м; A — расчетное значение удельного сопротивления трубы, определяемого по табл. 9.3 [4]; L — длина трубопровода, м.

Для дальнейших расчетов рассмотрим трубопровод с диаметром 450 мм.

#### 4.2 Расчет технических параметров

В таблице приведены расчеты параметров микро-ГЭС. Рассчитаны мощность и энергия водного потока, пропускаемая водоводом без ограничений по мощности и вырабатываемой энергии, создаваемых гидротурбиной и асинхронным генератором.

Как показывают расчеты, данная схема микро-ГЭС покрывает пиковую нагрузку электроснабжаемого объекта.

Россия обладает огромным гидроэнергетическим потенциалом для развития микро-ГЭС. Разработка и реализация таких проектов в сфере малой гидроэнергетики, способна решить проблемы с электроснабжением удаленных объектов.

Литература:

1. Водные системы Баргузинской котловины / Б. Б. Намсараев, В. В. Хахинов, Е. Ж. Гармаев, Д. Д. Бархутова, З. Б. Намсараев, А. М. Плюснин. — Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2007. — 154 с.
2. СНиП 2.01.14–83. Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. — М.: Стройиздат, 1985. — 36 с.
3. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1984 г. — 368 с.
4. Гидравлика / А. И. Богомолов, К. А. Михайлов. 2-е изд. — М.: Стройиздат, 1972 г. — 268 с.

## Технология термической обработки сварных соединений с сопутствующим наложением вибрационных колебаний

Габидуллин Алмаз Зульфатович, студент магистратуры  
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Сварка является основным способом получения неразъемных соединений. В нефтегазовой промышленности она применяется не только во время изготовления аппаратов и сосудов, но и во время монтажа, а также ремонте данных аппаратов. Сварной шов является концентратором напряжений, основной причиной возникновения которых является неравномерность нагрева и усадки сварного шва, структурные изменения металла и зоны термического влияния. Кроме напряжений в сварном шве могут возникнуть различные дефекты, такие как несплавления, газовые поры, подрезы, холодные и горячие трещины и др., способные разрушить конструкцию [1, с. 337].

В настоящее время для снятия остаточных напряжений и предотвращения возникновения дефектов предлагается применение сопутствующей виброобработки сварного шва в процессе сварки. Для создания вибрации применяют специальные вибровозбудители. В данном случае вибрационные колебания воздействуют не только на затвердевший металл сварного соединения, но и на сварочную ванну в процессе её кристаллизации. Этот метод дает возможность получить наибольший диапазон положительных результатов от вибрационной обработки. При этом, в процессе обработки возможно протекание микропластических деформаций, которые дают положительный эффект в снижении сварочных напряжений и деформаций [2, с. 22].

Сварочные напряжения приводят к образованию дефектов в сварном соединении металла, снижают сопротивляемость сварных конструкций разрушению. Остаточные сварочные напряжения накладываются на рабочие напряжения, которые возникают в металле при эксплуатации сварного изделия. Образующиеся общие напряжения далее могут превысить допустимые для конкретного металла значения, что приведет в конечном счете к разрушению сварного изделия [3, с. 23].

Низкочастотные колебания оказывают положительное воздействие на процесс кристаллизации металла сварного шва, измельчая и упорядочивая его структуру. Вибрационное колебание сварочной ванны устанавливает тепловое равновесие в кристаллической решетке, а также снижает количество пор. Эти явления приводят к снятию остаточных напряжений в сварных соединениях. Наиболее эффективно на снятие напряжений влияют колебания, прикладываемые в поперечном направлении в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси сварного шва. В таком случае остаточные напряжения снимаются в среднем на 38...43% [1, с. 340].

Подогрев в аппаратостроении носит, как правило, характер местной термической обработки. Подогреву под-

вергают непосредственно сварной шов и прилегающую к нему область. Следует учесть, что при местной термической обработке необходимо обеспечить равномерный нагрев и охлаждение по всей длине шва и прилегающей к нему зоны основного металла на ширину, составляющую две-три ширины шва в месте наибольшего его раскрытия. Местная послесварочная термическая обработка производится для уменьшения химической и структурной неоднородности металла шва и зоны термического влияния и для снижения остаточных напряжений до безопасного уровня [4, с. 67].

Техническим результатом применения местной термической обработки и наложения вибрационных колебаний после сварочных работ является повышение эффективности снятия остаточных напряжений в сварных соединениях металлов. Кроме этого, достигается снижение затрат различных видов технологической энергии, расходуемых для производственных нужд определенного предприятия за счет сокращения продолжительностей этапов термической обработки.

На рисунке 1 представлена схема термической обработки с наложением сопутствующих вибрационных колебаний на сварное соединение заготовки. На металлическую конструкцию в виде платформы (рельсы) 1 с помощью коротких сварочных швов (прихватки) по установленным нормам и правилам фиксируется ручной дуговой сваркой заготовка 2 в форме трубы из жаропрочной хромомолибденовой стали марки 15Х5М. Также с помощью прихваток фиксируется на заготовке вибратор 3 площадочный электромеханический ВИ-9—9, который осуществляет наложение низкочастотных колебаний в поперечном направлении в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси сварного шва. Данный вибратор работает на частотах от 50 до 300 Гц с амплитудой до 0,5—0,7 мм. На зону сварного соединения устанавливается и фиксируется нагревательный коврик, поверх которого обматывается вязанная теплоизоляционная ткань 4, плотно обтягивающаяся проволокой.

Образцы из труб стали марки 15Х5М толщиной 8 мм и диаметром 108 мм после центровки и прихватки сваривали между собой. Сварочные работы были выполнены ручной дуговой сваркой за 70 минут в 3 прохода электродами марки ЦЛ-17 диаметром 3 мм. Данные электроды подвергались сушению в печи при температуре 300 градусов Цельсия в течение 1 часа. К полученной заготовке после сварки без промедления применялась технология термической обработки сварных соединений с сопутствующим наложением вибрационных колебаний с частотой 148 Гц и амплитудой 0,51 мм. Продолжительность про-

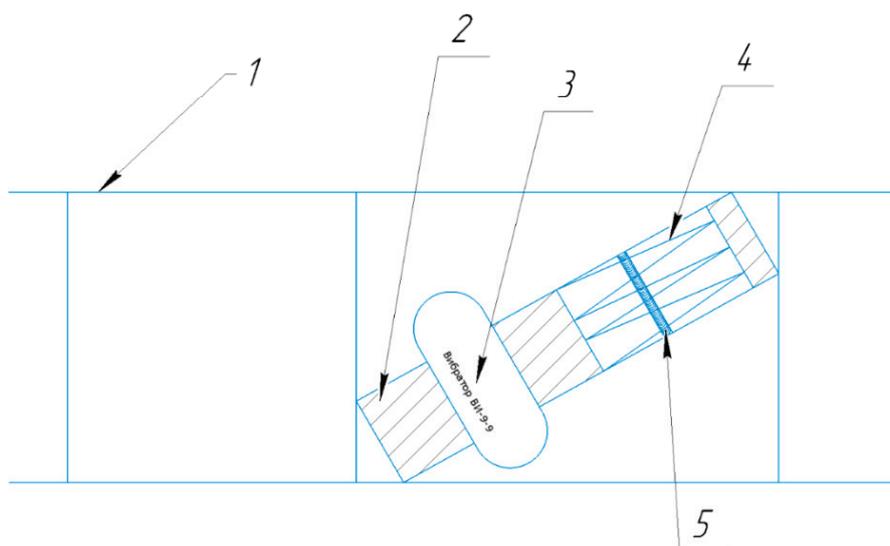


Рис. 1. Схема термической обработки с наложением сопутствующих вибрационных колебаний на сварное соединение заготовки

цесса обработки металла составила 4,5 часа. Затем из заготовки были вырезаны и отфрезерованы образцы. После проведения контроля твёрдости образцов без разрушения её структуры, был проведен анализ результатов.

На рисунке 2 представлен подготовительный этап перед вибрационной и термической обработками сварного соединения: фиксация нагревательных ковриков и теплоизоляционных матов, прихват площадочного вибратора к заготовке в форме трубы.

На рисунке 3 представлен график термической обработки сварных соединений из стали марки 15Х5М в печи ВН-314, который применяется в ООО «УМФ № 1 ВНЗМ».

Вид термической обработки стали: высокий отпуск согласно отраслевому стандарту ОСТ 36–50–86 [5, с. 14].

Перед тем, как поместить сварное изделие в печь, производится предварительный подогрев в течение 0,8 ч (48 минут) до 300 °С со скоростью 6,25 °С/мин, далее — высокий отпуск в печи в течение 2,2 ч (132 минуты) до 750 °С со скоростью 3,41 °С/мин с дальнейшей выдержкой в течение 2 часов. После следует процесс остывания до 300 °С под слоем теплоизоляции в течение 3 ч (180 минут) со скоростью 2,5 °С/мин. Далее дают изделию остыть самостоятельно на спокойном воздухе. Итого весь процесс термической обработки длится 8 часов.

На рисунке 4 представлен график местной термической обработки сварных соединений из стали марки 15Х5М с сопутствующим наложением вибрационных колебаний.

После процесса сварки применялась обработка сварного соединения металла трубы по исследуемой техно-

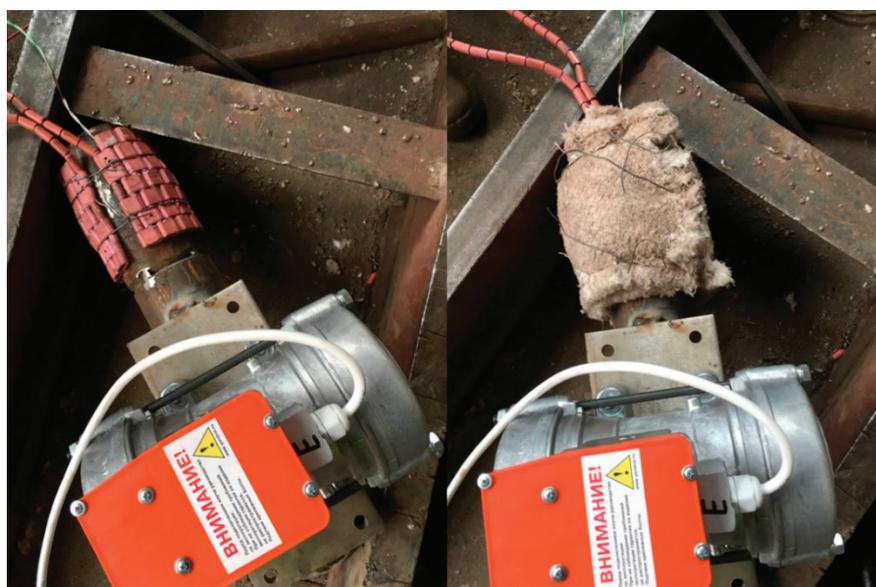


Рис. 2. Подготовительный этап перед вибрационной и термической обработками сварного соединения

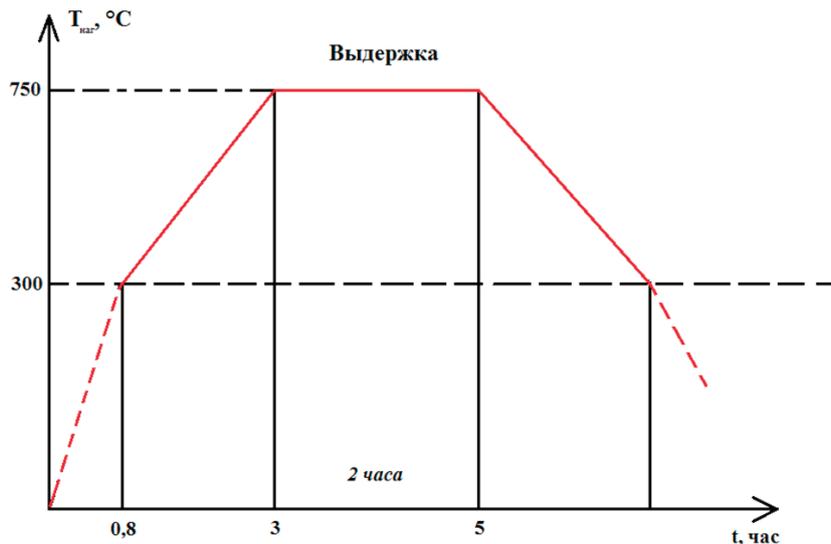


Рис. 3. Термическая обработка сварных соединений из стали марки 15X5M печи ВН-314

логии. Нагревание происходило в течение 1,5 ч (90 минут) ковриком с теплоизоляционной тканью до 750 °С со скоростью 5 °С/мин. Далее изделие выдерживалось в течение 1,5 ч при температуре 750 °С. Продолжительность процесса остывания составила 1,5 ч (90 минут) со скоростью 8,3 °С/мин. При этом оборудования были обесточены, т.е. колебания не воздействовали, и коврик не выделял тепло (металл остывал под ковриком с теплоизоляционной тканью, по истечению 1,5 ч нагревательный коврик был снят. Параллельно со всем процессом термической обработки на металл воздействовали низкоча-

стотные колебания частотой 148 Гц и амплитудой 0,51 мм (вплоть до момента снятия нагревательного коврика). Итого весь процесс длился 4,5 часов.

Методом неразрушающей проверки твердости материалов были получены показания твердости заготовок. Измерения твердости проводились в лаборатории на стационарном твердометре Роквелла, работа которого основана на измерении глубины проникновения твёрдого наконечника индентора в исследуемый материал при приложении одинаковой для каждой шкалы твердости нагрузки, в зависимости от шкалы — обычно 60, 100 и 150 кгс. Шкала

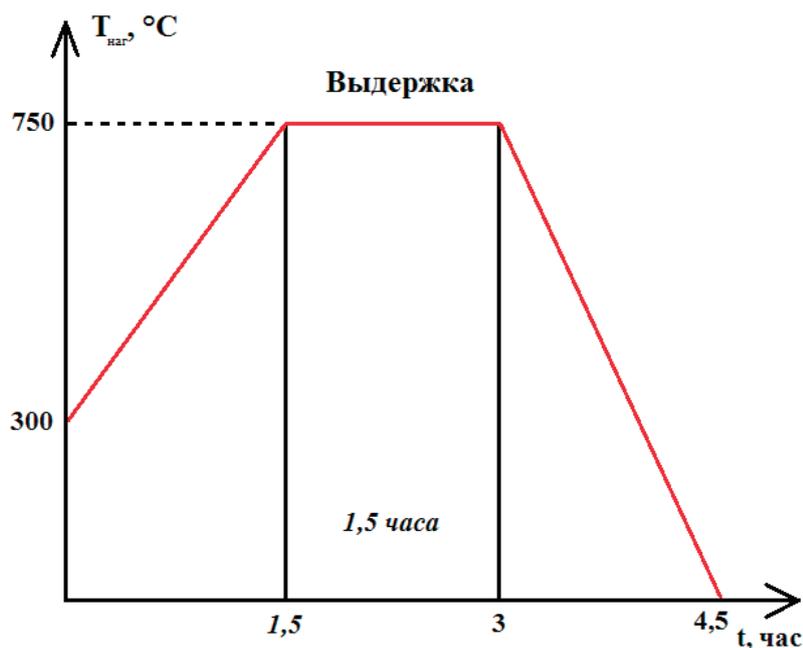


Рис. 4. График технологии термической обработки сварных соединений из стали марки 15X5M с сопутствующим наложением вибрационных колебаний



Рис. 5. Исследуемый образец после твердометрии

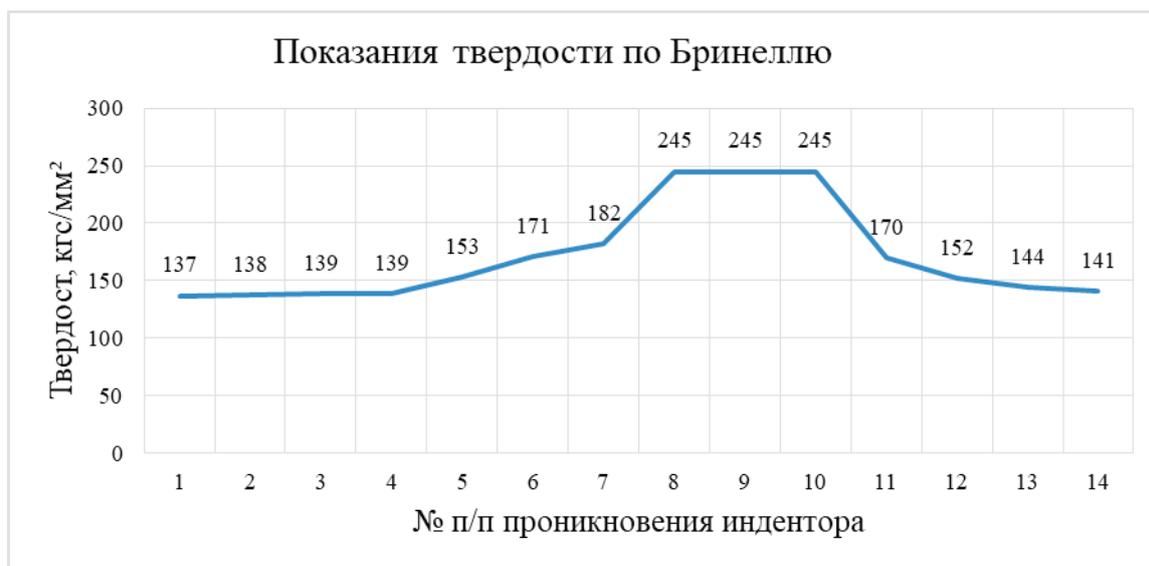


Рис. 6. Показания твердости исследуемого образца

твердости по Роквеллу — HRB. Далее показания сконвертированы по шкале твердости HB — Бринеллю.

На рисунке 5 представлен вырезанный образец заготовки, результаты твердометрии которого взяты за основу при подведении итогов исследовательской работы.

Всего было проведено 3 исследования, в данном случае на рисунке 8 представлены результаты последнего исследования.

Отметим, допустимая твердость металла шва и зоны термического влияния для жаропрочной хромомолибденовой стали марки 15X5M не более 240 единиц по методу измерения Бринелля согласно требованиям нормативно-технической документации по сварочным технологиям сварки СТО-СА-03–004–2009 [6, с. 9]. При сварке од-

ноименными электродами марки ЦЛ-17 сварные соединения из сталей 15X5M по результатам испытания на твердость подлежат отбраковке при выявлении превышения твердости более 270 ед. по шкале HB [6, с. 10].

Из показаний значения твердости исследуемого образца (отражены на рисунке 7) следует, что твердость металла сварного шва и околошовной зоны находится на регламентируемом уровне и соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Применение предложенной технологии позволяет одновременно с эффективным снятием остаточных напряжений в сварных соединениях металлов из жаропрочной хромомолибденовой стали марки 15X5M сократить практически в 2 раза продолжительность этапов термической

Таблица 1. Сопоставление продолжительностей режимов обработки

Режимы обработки	Термическая обработка в печи	Местная термическая обработка с наложением вибрационных колебаний
Предварительный подогрев	0,8 ч	—
Нагревание	2,2 ч	1,5 ч
Выдержка	2 ч	1,5 ч
Остывание под слоем теплоизоляции	3 ч	1,5 ч
Общее время обработки	8 ч	4,5 ч

обработки (таблица 1), что приведет к положительному экономическому эффекту, т.к. послесварочная обработка

требует значительных затрат времени, энергии, материальных и трудовых ресурсов для предприятий.

#### Литература:

1. Р. Г. Ризванов, А. М. Файрушин, Д. В. Каретников. Влияние параметров вибрационной обработки в процессе сварки на свойства сварных соединений // *Литье и металлургия*. — 2012. — № 3. — с.337–342.
2. Сутырин, Г. В. Снижение остаточных напряжений сварных соединений низкочастотной вибрационной обработкой // *Сварочное производство*. — 1983. — № 2. — С. 22–24.
3. Каретников Д. В., Ризванов Р. Г., Файрушин А. М., Колохов К. С. Повышение надежности нефтегазового оборудования, работающего в условиях значительного перепада температур // *Сварочное производство*. — 2012. — № 6. — С. 21–25.
4. Ефимов В. А., Эльдарханов А. С. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов. М.: Металлургия, 1995—272 с
5. ОСТ 36–50–86. Трубопроводы стальные технологические. Термическая обработка сварных соединений. Типовой технологический процесс.
6. СТО-СА-03–004–2009. Трубчатые печи, резервуары, сосуды и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковке.

## Совершенствование процесса очистки днища кузова автомобиля и расположенных под ним агрегатов от сильносвязанных загрязнений при подготовке к выполнению окрасочных работ

Гончарук Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент;  
 Гончарук Оксана Валентиновна, кандидат технических наук, доцент;  
 Ковалевский Вячеслав Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Шангареев Эдуард Рифатович, студент магистратуры;  
 Ашрапов Бохир Джурабоевич, студент  
 Дальневосточный государственный аграрный университет (г. Благовещенск)

Одной из причин преждевременного сокращения ресурса автомобилей является образование очагов коррозионного разрушения металла кузова и агрегатов автомобиля.

В зависимости от условий эксплуатации и хранения автотранспортных средств изменяется вероятность возникновения данных разрушений на поверхностях агрегатов и кузове автотранспортных средств. Основной причиной возникновения очагов коррозии на плоских поверхностях кузова и агрегатов является последовательное разрушение сначала лакокрасочного слоя,

грунтовок и антикоррозионных слоёв, что происходит под воздействием отлетающих от колес камней, кусков грязи, льда, а также от столкновения этих поверхностей на большой скорости с лужами, снежными или песчаными заносами, ледяными шишками, ветками, и многим другим. После оголения металлических поверхностей происходит коррозионное разрушение металла. Интенсивность коррозионного разрушения выше при хранении транспортных средств в непроветриваемых гаражах с высокой влажностью воздуха, а также при хранении на открытых площадках или под навесом в период дождей,

туманов и других условиях, приводящих к выпадению на поверхности автомобилей росы или высокому содержанию влаги в воздухе.

На стыках деталей и элементов кузова, а также на поверхностях, имеющих сложный рельеф, под элементами защиты, через которые частично проникают воздушные потоки, на плоских поверхностях деталей кузова и агрегатов, при нерегулярной мойке автомобилей, образуются скопления загрязнений, состоящие из грунта, растений, пыли, песка, химических реагентов (применяемых при очистке дорог от снега), битумных смол, а также масел, бензина, антифриза и других технических жидкостей, вытекающих из автомобилей при разрывах магистралей, дорожно-транспортных происшествиях, не аккуратном выполнении технического обслуживания или при попадании этих загрязнений с брызгами луж, в которые они попали от других автотранспортных средств. Скопившиеся загрязнения имеют сложный химический состав, что приводит к разъеданию защитных слоёв металлических деталей с возникновением последующей коррозии металла. При выполнении регулярной мойки большая часть загрязнений удаляется, риск возникновения коррозии уменьшается. Однако часть загрязнений остается под защитными кожухами, в стыках деталей кузова и агрегатов, на поверхностях со сложным рельефом (ребра, отверстия и т.д.). Особенно эти отложения образуются на поверхностях днища, крыльев, агрегатов под днищем. Это обусловлено тем, что агрегаты под днищем и днище автомобилей в большей степени подвержены воздействию загрязнений и повреждений, а их очистка в большинстве случаев происходит «вслепую». В редких случаях днище промывается на осмотровых канавах или подъемниках с визуальным контролем. Это обусловлено тем, что выполнение работ осуществляется в сложных условиях с обязательным использованием защитной одежды и маски. Поэтому ежедневная мойка днища с визуальным контролем процесса мойщиком из осмотровой канавы или из-под подъемника не выполняется ни на одном предприятии.

Коррозионное разрушение истончает металлические поверхности или разрушает их полностью, образуя отверстия в днище и оперении. Элементы автомобилей с металлическими стенками толщиной более двух миллиметров (рама, лонжероны, агрегаты, рессоры, пружины и т.д.), имея даже незначительное разрушение, теряют свои начальные характеристики, что впоследствии приводит к изгибанию или переломам этих деталей. Наиболее характерными являются трещины трубок, рамы, кронштейнов, переломы рессор, рычагов ходовой части легковых автомобилей, образованные в местах коррозии.

В системе технического обслуживания автомобилей предусмотрен контроль состояния металлических поверхностей на предмет возникновения очагов коррозионного разрушения [1]. Для выполнения этих работ предназначена полная мойка автомобилей с последующим осмотром, при котором выполняется удаление оставшихся

загрязнений вручную с использованием щёток. Очаги коррозии зачищаются стальными щётками и наждачной бумагой с последующей грунтовкой и покраской. Так как коррозия проедает металл неравномерно (точки одного коррозионного пятна имеют разную глубину разрушения), то наиболее эффективное и полное удаление следов коррозии осуществляется пескоструйными установками [2].

Использование пескоструйных установок имеет несколько недостатков, к которым относятся:

- запылённость рабочей зоны;
- выполнение работ невозможно без средств защиты глаз и органов дыхания;
- проникновение пыли в оборудование мастерской и в стоящие в мастерской автомобили;
- выполнение работ невозможно без визуального контроля;
- для удаления загрязнений с поверхности днища необходимо наличие подъёмника или осмотровой канавы.

К этим недостаткам добавляются дополнительные расходы на специальную одежду, маску и фильтр дыхательного аппарата, покупку подъёмника или изготовление осмотровой канавы, уборку и мойку запылённого оборудования, установку и эксплуатацию принудительной вентиляции. Кроме этого, в мастерской наблюдается абразивное изнашивание оборудования. Поэтому применение пескоструйного оборудования во многих мастерских запрещено или ограничено. В связи с этим на практике применение пескоструйной очистки осуществляется на открытых площадках. Выполнение очистки в дождь, снег, мороз, тёмное время суток, а также очистка днища и агрегатов под ним на открытых площадках — затруднительны.

Эффективность применения пескоструйной очистки зависит от угла и дистанции воздействия пескоструйной струи, а также от времени воздействия, которое индивидуально для каждого коррозионного загрязнения. Рассматривая процесс очистки загрязнений с использованием пескоструйного аппарата, следует отметить, что дистанция от сопла до очищаемой поверхности, угол атаки абразивно — воздушной струи, время воздействия на загрязнение, коррозионные пятна, слои старой краски определяется исполнителем по факту визуального контроля. Поэтому применение пескоструйной очистки поверхностей днища и агрегатов под ним усложняется необходимостью нахождения рабочего под автомобилем в процессе выполнения данных работ, в воздушно-пылевых и песчаных потоках, затрудняющих визуальный контроль и процесс дыхания.

Уменьшение запылённости воздуха частично достигается применением местной вентиляции с последующим прохождением потока через фильтры. Сложность процесса заключается в том, что применение трубки для отбора пылевого потока в точке воздействия приводит к отклонениям воздушно — абразивной струи, снижая точность и силу воздействия струи на загрязнения. Иное применение вентиляции не даёт эффективного снижения

запылённости при очистке загрязнений под днищем автомобилей или агрегатов под ним.

С учётом рассмотренных недостатков предлагается конструкция устройства для удаления коррозии и отслаивающейся краски с днища автомобилей, состоящая из: магистрали с воронкой для сбора отражённых от очищаемой поверхности абразивных частиц и пылевых потоков — 1; монитора — 2; лазерного дальномера — 3; условно показанного лазерного луча — 4; зеркала для отражения лазерного луча под углом 45 градусов — 5; эндоскопа — 6, светодиодного фонаря — 7; сопла пескоструйной магистрали — 8; воронки для сбора абразивных частиц — 9; лейки — 10; сменной пятки — 11; пескоструйной магистрали — 12; магистрали для смачивания пола — 13; магистрали отвода абразивно-пылевого потока — 14; корпуса угловой трубки — 15; крана пескоструйной магистрали — 16; пистолета подачи жидкости — 17; пескоструйной установки — 18; моечной установки (или подключения к системе водоснабжения) — 19; дополнительного фильтра — 20; пылесоса — 21.

Предлагаемая конструкция подключается к пескоструйной установке — 18, моечной установке (или к системе водоснабжения) — 19, дополнительному фильтру — 20, соединённому с пылесосом — 21. Камера эндоскопа и фонарь защищены дополнительным стеклом от повреждений абразивными частицами, а пескоструйное сопло выполнено под углом к оси эндоскопа для снижения потока абразивных частиц в сторону объектива эндоскопа. Выполнение очистки днища кузова и агрегатов под ним от

старой краски и очагов коррозии с использованием предлагаемого устройства происходит следующим образом. После выполнения мойки днища оператор включает монитор, эндоскоп, фонарь, дальномер и заносит наконечник угловой трубки под днище автомобиля. По изображению на мониторе определяются очаги коррозии и отслаивающейся краски и средняя дистанция от сопла до очищаемой поверхности. В зависимости от этой дистанции на трубку устанавливается сменная пятка, высота которой позволяет сохранять среднюю дистанцию, оптимальную для очистки поверхности (50–100 мм). Затем оператор включает моечную установку или подачу воды из системы. При этом происходит разбрызгивание воды по полу. Угол подачи воды и сила струи устройства смачивания пола должны удовлетворять условиям, при которых на днище не попадает вода. Затем оператор находит с помощью эндоскопа, фонаря и монитора очаги коррозии и отслаивающейся краски и открывает подачу воздушно-абразивной струи, которая, отбивая загрязнения, отражается во все стороны от поверхности днища, а затем образовавшиеся песчано-пылевые потоки многократно отражаются от пола, днища, агрегатов под ним и колёс. Часть абразивно-пылевого потока попадает в воронку для сбора абразивных частиц. Основная часть абразивно-пылевых потоков осаждается на мокрый пол. Из воронки абразивно-пылевые потоки засасываются пылесосом, оборудованным дополнительным фильтром. Абразивный материал, оставшийся на мокром полу под автомобилем, собирается, просушивается, просеивается и используется повторно.

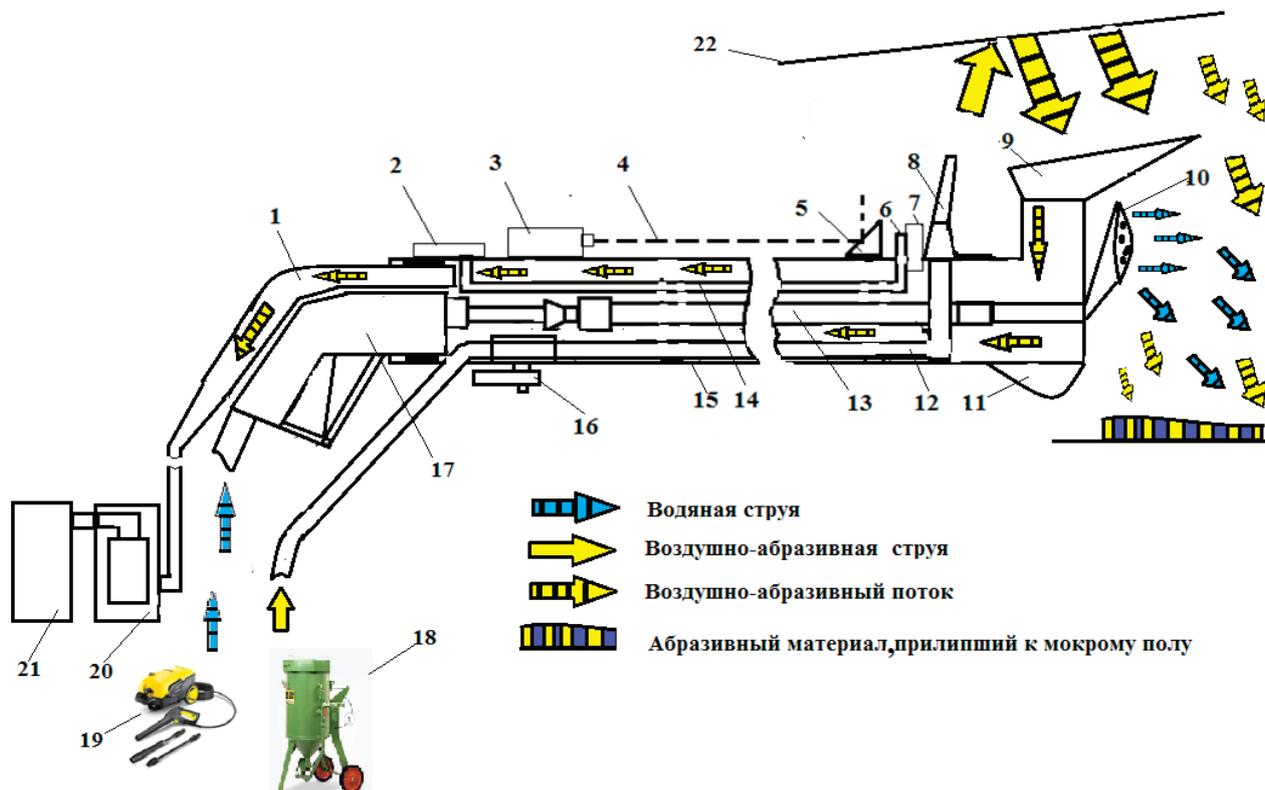


Рис. 1. Схема устройства для удаления продуктов коррозии и отслаивающейся краски с днища автомобилей

Экономическая эффективность применения предлагаемого устройства достигается за счёт:

- экономии затрат на приобретение и эксплуатацию подъёмного оборудования или изготовление осмотровых каналов;
- экономии затрат на фильтры для защиты дыхания;

- повторного использования абразивного материала;
- на оплату труда в связи с улучшением условий труда и сокращением трудоёмкости выполняемых подготовительных работ (вывешивание автомобиля и опускание автомобиля на подъёмнике).

Литература:

1. Коваленко Н.А. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — Минск: Новое знание, 2014. — 229 с. — Режим доступа: [http://e.lan-book.com/books/element.php?p11\\_id=64772](http://e.lan-book.com/books/element.php?p11_id=64772)
2. Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. / Проволоцкий А.Е. — Киев: Техника, 1989. — 276 с.

## Исследовательское обоснование эффективности применения технологии гелеобразующих составов на Ореховской площади Орехово-Ермаковского месторождения

Журков Антон Александрович, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

**Ключевые слова:** добыча, обводненность, ограничение водопритока, КИН, геолого-технические мероприятия, потокоотклоняющие технологии, выравнивание профиля приемистости, термотропные составы.

Наличие ряда проблем, связанных с высокой обводненностью добываемой продукции и недостаточной эффективностью технологий ограничения водопритока, указывает на актуальность задачи совершенствования технологий и тампонажных составов для водоизоляционных работ [10]. Эффективность ВИР может быть существенно увеличена при определении оптимальных геолого-технических условий для применения известных технологий, а также за счёт разработки новых гелеобразующих составов, обладающих более высокими технологическими характеристиками и повышенной изолирующей способностью [2].

Успех водоизоляционных работ в пластах, в значительной степени определяется правильным выбором объекта воздействия и режимом проведения работ. Для этого с использованием обработки данных были проведены работы по оптимизации технологической схемы и прогнозированию результатов водоизоляционных работ по технологиям ВПП термотропным гелеобразующим составом [5]. В результате проведенных исследований определены оптимальные технологические схемы и режимы водоизоляционных работ.

При проведении работ по ограничению водопритоков к добывающим скважинам наибольший эффект дают гелеобразующие материалы термотропного состава, что обеспечивается их следующими физико-химическими свойствами:

- растворимостью в нефти и нерастворимостью в воде;

- достаточно высоким регулируемым индукционным периодом времени запустевания при пластовых давлениях и температурах;

- регулируемой подвижностью в пористой среде в период закачки в призабойную зону пласта (ПЗП);

- достаточно высокой механической прочностью и высоким градиентом сдвига гелеобразующего материала в пористой среде.

- достаточно высокий показатель устойчивости к вибрациям и температурным воздействиям.

Успех работ по водоограничению в скважинах, в значительной степени определяется правильным выбором объекта воздействия и режимом проведения работ [9]. Для этого с использованием математических методов обработки данных были проведены работы по оптимизации технологической схемы и прогнозированию результатов водоизоляционных работ термотропными составами. Эффективные термотропные составы, которые прошли лабораторные и промышленные испытания на Ореховской площади Орехово-Ермаковского месторождения указаны в таблице 1.

Для однозначного выбора скважин при проведении ограничения водопритока работ необходимо знать основные показатели их эксплуатации и на основе их принять решение о целесообразности выполнения ремонтно-изоляционных работ. При этом доверительный интервал прогнозных значений должен обеспечивать необходимую для применения в нефтяной промышленности точность.

Таблица 1

Название термогелей
PВ-3П-1
TriXell
SiXell
СОТ-15
Termogel-S/1
Termogel-S/2

Мероприятия по ограничению водопротоков на Орехово-Ермаковском месторождении по технологиям ВПП термотропными гелеобразующим составом оказались эффективными, так как получено снижение дебита жидкости с одновременным увеличением дополнительной добычи нефти на добывающих скважинах [8]. Технология ВПП решила все задачи водоизоляционных работ: с понижением дебита жидкости, наблюдался прирост дополнительной до-

бычи нефти. Также получена хорошая эффективность на монолитных и расчлененных пластах. На протяжении 13 месяцев после применения технологии ВПП термотропными составами фиксировалась положительная динамика по дополнительной добычи нефти на добывающих скважинах входящих в зону обработки, получив положительный эффект от применяемой технологии ВПП на Орехово-Ермаковском месторождении можно считать эффективным.

## Литература:

1. А.В. Стрекалов, А.В. Саранча Применение нелинейных законов фильтрации природных поровых коллекторов в гидродинамических моделях. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. № 11/2015 Часть 6. П14–1119 с.
2. Грачев с. И., Стрекалов А. В., Саранча А. В. Особенности моделирования греша и опорных коллекторов в свете фундаментальных проблем гидромеханики сложных систем. Фундаментальные исследования № 4 (часть I) 2016, стр. 23–27.
3. Методическое руководство по оценке технологической эффективности методов увеличения нефтеотдачи пластов (Москва, Минтопэнерго, 1997 год)
4. Симонова ЕН, Стрекалов А.В. ИНТЕГРАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. Западно-Сибирский нефтегазовый конгресс. Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли Сборник научных трудов X Международного научно-технического конгресса Студенческого отделения общества инженеров-нефтяников — Society of Petroleum Engineers (SPE). 2016. С. 19–20.
5. Глумов Д. Н., Стрекалов А. В. Критерии оценки и развития режима течения многофазной системы для численных гидродинамических моделей. С Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2016. No 6. с 117–197.
6. Боженюк Н. Н., Стрекалов А. В. Параметры неопределенности гидродинамических моделей допустимость варьирования и степень влияния на конечный результат. Бурение и нефть. 7/2016. с. 18–22.
7. D.NGIumov, S. V. Sokolov. AV.Strekalov. Assessment of Drained Gas Reserves in the Process of Gas and Gas Condensate Field Operation in Water Drive. SPE-187863-MS. Society of Petroleum Engineers. 2017. SPE Russian Petroleum Technology Conference. 16–18 October. Moscow. Russia.
8. S. F. Mulyavin, A. I. Filippov, I. G. Steshcnko. O. A. Bazhenova. Z. M. Kolev, S. E. Cheban and R. V. Urvantsev. The mechanism of reserve recovery during waterflooding «International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). Volume 9, issue 3, March 2018. pp. 1007–1013.
9. Н. Н. Боженюк, Стрекалов А. В., Белкина В. А. Геологическая модель викуловских отложений с учетом анализа связности коллектора и данных по горизонтальным скважинам. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 4. с. 3044.
10. Облеков Г. И., Копусов С. С., Галиос Д. А., Стрекалов А. В., Попов И. П. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА. Нефтепромысловое дело. 2018. № 1. С. 17–22.

## Особенности организации и проведения натуральных исследований при производстве судебной строительно-технической экспертизы в арбитражном процессе

Заиди Луиза Салаховна, студент магистратуры  
Воронежский государственный технический университет

*Ключевые слова:* судебная экспертиза, строительно-техническая экспертиза, натурные исследования, экспертный осмотр, арбитражный процесс.

Натурные исследования или экспертный осмотр являются одним из важнейших этапов производства судебной строительно-технической экспертизы. Целью этого этапа является установление фактических характеристик, а именно их свойств и отношений, имеющих прямое отношение к предмету судебной экспертизы спорных строительных объектов или их отдельных элементов, а также земельных участков, функционально связанных с ними. Законом не зафиксирована возможность проведения экспертного осмотра самостоятельно. В ходе производства экспертизы эксперт самостоятельно избирает необходимые методы исследования. Говоря другими словами, определение о назначении судебной экспертизы является достаточным основанием для самостоятельных исследований, которые эксперт может сам произвести на месте, так как эти исследования относятся к методам исследования, которые эксперт избирает самостоятельно [4, с. 55].

Конечной целью надлежащей организации экспертного осмотра можно назвать следующее:

а) эксперт обязан прибыть в предварительно установленное время на место расположения спорного земельного участка или строительного объекта;

б) эксперту должен быть предоставлен доступ во все без исключения помещения строения, здания или сооружения, на территорию спорного земельного участка;

в) эксперту должна быть дана возможность непосредственного визуального восприятия, а также приборного исследования как всего объекта полностью, так и отдельных его элементов, технические и иные характеристики которых имеют значение при проведении экспертизы, а кроме того возможность фиксации полученных результатов осмотра и исследования;

г) лицам, участвующим в деле, должна быть предоставлена возможность присутствовать при проведении данного этапа производства экспертизы;

д) эксперту и всем иным лицам, находящимся на месте проведения экспертного осмотра, должны быть обеспечены безопасные условия присутствия на территории исследуемого объекта на протяжении всего периода экспертного осмотра [4, с. 56].

Остановимся подробнее на приведенных положениях. Современное информационное обеспечение дает возможность эксперту в подавляющем большинстве случаев четко установить месторасположение объекта исследования, его транспортную доступность и время в пути

до объекта. Конкретные исключения в этой части имеют место в тех случаях, когда:

1) на объекте исследования действует особый пропускной режим, а сторона по делу, являющаяся его владельцем или арендатором, не заинтересована в осуществлении процесса судопроизводства и, в частности производства экспертизы, в установленные сроки. Часто владелец или арендатор пользуется данным обстоятельством и несвоевременно решает вопросы, препятствуя обеспечению доступа эксперта к объекту исследования;

2) отсутствуют какие-либо препятствия к свободному доступу эксперта для проведения натуральных исследований, но объект исследования (здание, сооружение или их отдельные фрагменты) являются лишь частью большого комплекса подобных объектов с довольно непростой логистической концепцией. В этой ситуации необходим своего рода сопровождающий, который, в отличие от эксперта, легко ориентируется в известной ему обстановке. В данной, как и в описанной ранее, ситуации сторона по делу, не заинтересованная в производстве экспертизы в срок, не обеспечив своевременное сопровождение эксперта, может стоять на пути к проведению запланированных натуральных исследований;

3) объект исследования находится в труднодоступной, удаленной от социальной инфраструктуры зоне, например, на Крайнем Севере или в Сибири, и на территории его расположения отсутствует организованный маршрутный транспорт. Добраться до такого места можно только специальным транспортом: вертолетом, вездеходом и т.п. Излишне говорить, что своевременное прибытие эксперта к объекту исследования в этой ситуации в полной мере зависит от владельцев или арендаторов этого транспорта [5, с. 81].

Описанные выше ситуации наглядно показывают зависимость проведения осмотра от заинтересованности той или иной стороны по делу в его проведении, и в какой степени она законопослушна относительно исполнения решений суда. Справиться с различного рода противодействием проведению осмотра или бездействием при необходимости выполнения определенных действий представителей сторон возможно только при реализации властных полномочий суда. В соответствии с п. 10 Постановления Пленума ВАС РФ от 04.04.2014 № 23 в случае неисполнения лицом, у которого находится объект исследования, обязанности предоставить истребуемый судом объект исследования (предоставить доступ к нему) суд

вправе наложить на такое лицо судебной штраф на основании статьи 66 Арбитражного процессуального кодекса РФ (АПК РФ) [1]. В том случае, если не окажется действенным применение судом этой санкции, суд может, как и при непредоставлении сторонами по делу необходимой эксперту документации, по аналогии с ч. 3 ст. 79 Гражданского процессуального кодекса РФ признать факты, для выяснения которых было необходимо проведение натурных исследований, установленными или опровергнутыми [3]. Так, у суда и, соответственно, у эксперта достаточно предусмотренных законодательством способов обеспечения своевременного доступа на объект, подлежащий экспертному осмотру.

Учитывая особый характер действий эксперта, под доступом к объекту исследования стоит понимать не только беспрепятственный проход на его территорию. Объект должен быть подготовлен к осмотру. Он должен быть открыт для эксперта теми сторонами, которые могут быть скрыты в связи с предусмотренными правилами и условиями возведения или эксплуатации объекта. Так, основания фундамента здания, сам фундамент и некоторые инженерные коммуникации скрыты слоем грунта; поверхность стеновых панелей, плит перекрытий скрыты элементами отделки.

В целях обеспечения результативного исследования объекта в случаях, когда он не подготовлен соответствующим образом, необходимо осуществить ряд организационных и процессуальных действий. Руководствуясь ч. 3 ст. 55 Арбитражного процессуального кодекса РФ, эксперт направляет в суд ходатайство, описывая в нем перечень работ, которые необходимы для дачи ответов на поставленные перед экспертом вопросы [1]. Эксперт при этом определяет стоимость подлежащих выполнению работ и прогнозирует деструктивные последствия, которые выполнение указанных работ повлечет за собой. Также указываются и последствия его неудовлетворения, в том числе полная или частичная невозможность проведения исследования, предусмотренные данной экспертизой. В установленном законом порядке суд знакомит представителей сторон по делу с ходатайством эксперта и призывает их выполнить заявленные работы. При этом суд разъясняет сторонам последствия невозможности дачи ответов на поставленные перед экспертом вопросы. В ряде случаев этим последствием выступает невозможность разрешения дела по существу. Иногда — невозможность рассмотрения части заявленных исковых требований или возражений на них. Представителями сторон принимается решение — выполнять определенные экспертом работы или нет. Положительное решение яв-

ляется основой для обеспечения полноты и всесторонности судебно-экспертных исследований. В случае отказа результаты исследования могут быть неполными, либо выводы в заключении эксперта будут носить условный характер. Эта условность обуславливается степенью достоверности предоставленных документальных данных и может быть устранена неэкспертным путем. Например, это могут быть показания свидетелей (ст. 88 АПК РФ) или объяснения лиц, участвующих в деле (ст. 81 АПК РФ). При проведении натурных исследований эксперт фиксирует установленные им результаты. Законом не регламентирована форма такой фиксации. Это могут быть рукописные записи, результаты аудио-, фото- или видеозаписи, схемы, эскизы и прочее. Полученные данные обладают своего рода автономностью и неприкосновенностью. Это значит, что представители сторон, присутствующие при осмотре, не имеют права требовать предоставления этой информации для ознакомления либо проверки. В то же время эксперту следует положительно реагировать на разного рода замечания и предложения, направленные на правильность и детализацию проводимых замеров и осуществляемых исследовательских действий. Более того, эксперт может обращаться к представителям сторон с предложением акцентировать внимание на тех характеристиках и признаках объекта, которые имеют значение для обеспечения полноты исследования с их точки зрения [4, с. 58].

Ход и результаты экспертного осмотра, как элементы процесса производства экспертизы, должны быть отражены в том же документе, что и выводы. Этим документом является заключение эксперта. Эксперт, являясь лицом, специально уполномоченным судом для производства экспертизы, не нуждается в какой-либо оценке сторонами по делу. Законодательство не требует и подтверждения факта натурных исследований. Выполнение каких-либо действий совместно со сторонами по делу противоречит самой сути судебно-экспертной деятельности, независимость которой многократно подчеркивается действующим законодательством. Согласно статье 4 Федерального закона № 73-ФЗ «О Государственной судебно-экспертной деятельности в РФ» одним из принципов государственной судебной деятельности является независимость судебного эксперта [2]. Ст. 7 закона раскрывает этот принцип.

Таким образом, надлежащая организация и проведение натурных исследований при производстве судебной строительно-технической экспертизы имеет большое значение как в обеспечении полноты судебно-экспертных исследований, так и в возможности разрешения дела судом в целом.

#### Литература:

1. Арбитражный процессуальный кодекс Российской Федерации от 24.07.2002 № 95-ФЗ (ред. от 25.12.2018)
2. Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ «О Государственной судебно-экспертной деятельности в РФ»
3. Постановление Пленума ВАС РФ от 04.04.2014 № 23 «О некоторых вопросах практики применения арбитражными судами законодательства об экспертизе»

4. Бутырин А. Ю., Статива Е. Б. Организационно-правовое регулирование назначения судебной строительно-технической экспертизы и первоначальных этапов ее производства в арбитражном процессе// Теория и практика судебной экспертизы — 2014 — № 3 (35) — с.49–59
5. Статива Е. Б. Строительно-техническая экспертиза в судебных спорах хозяйствующих субъектов [Текст]: дис... канд. юр. наук: 12.00.12: защищена 12.09.2017 — Москва, 2017. — 185 с.

## Разработка и анализ системы наведения группировки малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли

Касым Салимжан, студент магистратуры  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби (г. Алматы)

*Целью данной статьи является разработка системы наведения группировки малых космических аппаратов (МКА) и космических систем на их основе является в настоящее время одной из ведущих тенденций развития космических технологий.*

**Ключевые слова:** *космический телескоп, технология Физу, малые космические аппараты.*

Данная система должна отвечать современным требованиям, обладать необходимыми техническими свойствами, быть экологически безопасным и экономически выгодным. Разрабатываемые в настоящее время бортовые многоспектральные ОЭС характеризуются высокой информативностью в сочетании с небольшими габаритами, массой и энергопотреблением, что хорошо согласуется с требованиями к полезной нагрузке МКА.

Так, облегченный космический телескоп диаметром 1 м имеет массу главного зеркала около 300 кг, а 20-канальная многоспектральная ОЭС с телескопом диаметром 5–7 см, размещенная на универсальной малогабаритной космической платформе, вместе с обеспечивающей аппаратурой имеет массу 25–40 кг. При этом полагается, что масса МКА составляет до нескольких сотен килограммов, что по зарубежной классификации соответствует микро-КА (масса 10–100 кг) и мини-КА (масса 100–500 кг).

В настоящей работе рассматриваются системные вопросы построения перспективной космической системы ДЗЗ на основе МКА многоспектрального наблюдения. В такой системе, с одной стороны, используются сложившиеся общие принципы построения космических систем и организации управления космическими аппаратами, с другой — учитываются особенности применения орбитальных группировок (ОГ) МКА и используются новые подходы к управлению ими. В частности, предполагается, что ОГ МКА многоспектрального наблюдения представляет собой кластер — совокупность нескольких МКА на орбитах со специально выбранными (как правило, близкими) параметрами, совместно и согласованно выполняющих съемку земной поверхности.

Выбор параметров орбит МКА выбирается исходя из условий обзора интересующих районов земной поверхности, при этом особый интерес представляют полярные и околополярные орбиты, позволяющие осуществлять глобальный обзор земной поверхности на всех широтах.

В общем случае кластер можно определить, как высокоуровневое объединение однотипных элементов, позволяющее повысить надежность, производительность и эффективность функционирования групповых систем путем динамического распределения задач.

Задачи исследования:

1. Исследование технологии Физу (Fizeau);
2. Определение бортовых подсистем МКА. Система ориентации и стабилизации МКА, система управления движением и навигацией;
3. Определение наиболее подходящей орбиты для группировки МКА;
4. Разработка алгоритма системы наведения группировки МКА на объект съемки

В настоящее время данные многоспектрального наблюдения Земли из космоса используются в гидрометеорологии; экологическом мониторинге распространения загрязнений во всех природных сферах (атмосфера, поверхность суши, водная среда); мониторинге чрезвычайных ситуаций; создании и обновлении общегеографических и тематических картографических материалов; информационном обеспечении деятельности по землеустройству, прокладке транспортных магистралей, строительству промышленных объектов и градостроительству; информационном обеспечении хозяйственной деятельности в ведущих отраслях социальной экономики; океанографии и океанологии. Задачи космической системы ДЗЗ на основе МКА могут уточняться потребителями с учетом характеристик бортовой аппаратуры наблюдения, наземных средств обработки информации и системных возможностей, определяемых кластерным построением ОГ МКА. К прикладным задачам многоспектрального наблюдения Земли из космоса относятся:

- съемка регионов поверхности Земли в целях мониторинга крупномасштабных стихийных бедствий, происходящих в данных регионах;

- поиск и обнаружение наземных техногенных объектов и наблюдение за состоянием природных ресурсов Земли;
- сбор информации для глобальной Географической информационной системы и формирования цифровых карт местности.

Теоретическая и практическая значимость работы: полученные результаты по разработке алгоритмов системы наведения группировки МКА на объект съемки могут послужить основой для создания и внедрения группировки МКА для дистанционного зондирования земли.

Актуальность исследования. В последние годы одной из самых актуальных задач в сфере космического мониторинга, особенно для государств с большой территорией, является зондирование поверхности Земли в режиме реального времени, что позволяет вести наблюдение за быстро протекающими процессами, такими, например, как возникновение и распространение степных и лесных пожаров. При разработке группировки из малых космических аппаратов наиболее сложной задачей является управление ее движением. Поэтому разработка системы управления движением группировки спутников на геостационарной орбите на сегодняшний день является научно новой и актуальной задачей.

Как показывает практика уже запущенных КА, малые космические аппараты вполне могут заменить большие аппараты при решении задач детальной картографической съемки Земли с достаточным разрешением, могут решать задачи обнаружения пожаров, вести съемку зон стихийных бедствий, проводить экологический мониторинг, метеонаблюдения, также такие спутники предназна-

чены для отработки новых технологий и проведения Применения малых космических аппаратов и космических систем на их основе является в настоящее время одной из ведущих тенденций развития космических технологий. Ряд успешных экспериментов с МКА показал эффективность решения с их помощью широкого спектра прикладных задач. Можно утверждать, что к настоящему времени сложились условия для создания и развертывания полнофункциональных космических систем на основе орбитальных группировок МКА, в которых потенциальные возможности и преимущества МКА будут реализованы в полной мере. При этом перспективные МКА и космические системы рассматриваются не как альтернатива существующим системам на основе средних и тяжелых космических аппаратов, а как дополнение, существенно расширяющее возможности решения прикладных (целевых) задач в различных сферах деятельности.

Одной из основных областей применения МКА является дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). При решении задач ДЗЗ МКА, оборудованные малогабаритными бортовыми оптико-электронными системами (ОЭС) для съемки Земли, могут быть конкурентоспособными, рентабельными и представлять интерес для широкого класса потребителей космической информации.

В данной статье провели и получены результаты по разработке алгоритмов системы наведения группировки МКА на объект съемки могут послужить основой для создания и внедрения группировки МКА для дистанционного зондирования земли.

#### Литература:

1. Тяпичев Г. А. Спутники и цифровая радиосвязь. М.: ТехБук, 2004. 288 с.
2. Рябова Н. В., Еськов Д. Н. Малые искусственные спутники Земли с оптико-электронной аппаратурой в программах дистанционного зондирования Земли // Оптич. журн. 1996. № 1. С. 4–19.
3. Гарбук с. В., Гершензон В. Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Изд-во А и Б, 1997. 296 с.
4. Кравец В. Г. Автоматизированные системы управления космическими полетами. М.: Машиностроение, 1995. 256 с.
5. Лебедев А. А., Нестеренко О. П. Космические системы наблюдения. Синтез и моделирование. М.: Машиностроение, 1991. 224 с.

## Кожухотрубчатый теплообменник с геликоидальным потоком

Латыпов Газинур Рафаильевич, студент  
Башкирский государственный университет (г. Уфа)

*В данной статье сравниваются классический кожухотрубчатый теплообменник и кожухотрубчатый теплообменник с геликоидальным потоком по конструкции и тепловой эффективности.*

**Ключевые слова:** трубное пространство, межтрубное пространство, температура жидкости, теплообменник, геликоидальный поток, перегородка.

Кожухотрубчатые теплообменники относятся к наиболее распространенным аппаратам. Их приме-

няют для теплообмена и термохимических процессов между различными жидкостями, парами и газами — как

без изменения, так и с изменением их агрегатного состояния.

Теплообмен жидкости в трубном и межтрубном пространстве происходит за счет теплопередачи между стенками труб. Более эффективного теплообмена можно добиться, когда более прогретые потоки жидкости соприкасаются с менее нагретыми, т.е. происходит смешивание потоков. Чтобы добиться такого процесса в теплообменниках применяют трубные перегородки, которые создают турбулентные потоки. В классическом теплообменнике,

перегородки располагаются строго в вертикальном положении.

И для создания более высокого смешивания потоков жидкости на АО «Уралтехнострой-Гуймазыхиммаш» конструкторами было предложено поделить классическую перегородку на квадранты и расположить их под углом на 40° по отношению к последующим. Предполагалось, что так можно будет воссоздать более хаотичный поток жидкости в межтрубном пространстве, нежели с классическими перегородками.

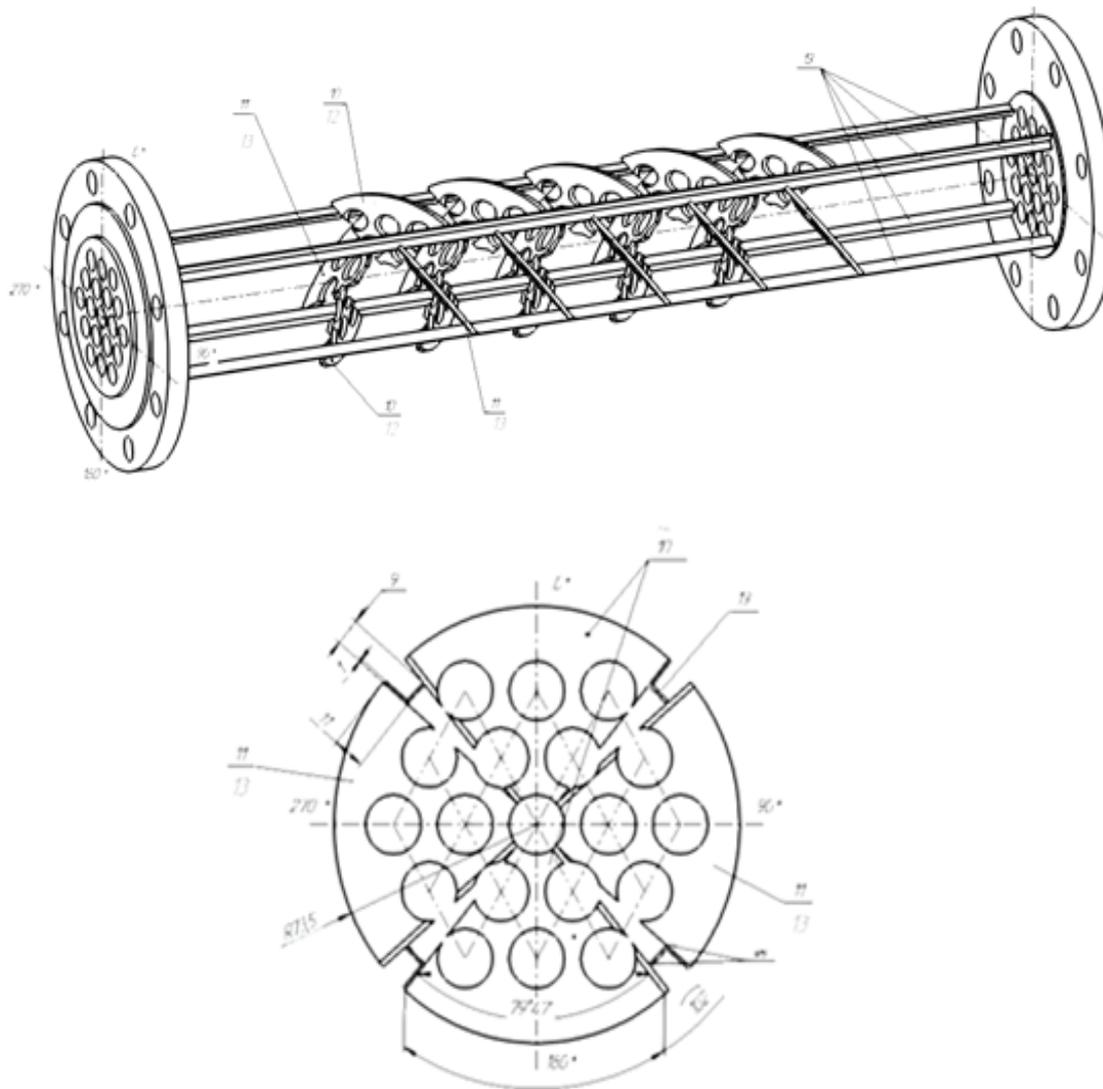


Рис. 1. Схема расположения и основные размеры квадрантов для механической обработки на ЧПУ станке теплообменника с геликоидальным потоком

Для того, чтобы сравнить тепло-гидравлические параметры двух теплообменников, использовался метод конечных элементов. Этот метод позволит получить результаты температур потоков, скорости движения теплоносителей и давления создаваемое жидкостью. В САПР Компас 3D-V.17 была смоделирована 3D модель каждого из теплообменника. Использовались следующие исходные данные Табл. 1.

3D модели (каждая по отдельности) были помещены в САПР Siemens NX v. 11.0 для дальнейших расчётов. Были удалены грани, для того, чтобы оставить только трубное и межтрубное пространство жидкости. Сетку из конечных элементов наложили, как для трубного, так и для межтрубного пространства. Размер КЭ равен 5 мм, Размер, основанный на кривизне поверхности равен 21 мм, Допуск малого элемента (% размера элемента)

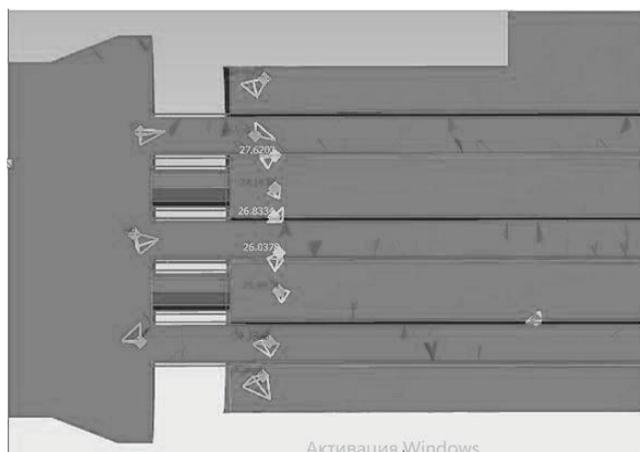
Таблица 1. Характеристики теплообменников

№	Название	Значение		Размерность
		Теплообменник с геликоидальным потоком	Классический теплообменник	
1	Количество теплообменных труб	19	19	шт.
2	Наружный диаметр труб	20	20	мм
3	Толщина стенки трубы	2	2	мм
4	Угол расположения труб	60	60	град
5	Длина труб	1000	1000	мм
6	Расстояние между трубами (межосевое)	22,5	22,5	мм
7	Количество перегородок	7	20	шт.
8	Вырез перегородки	28	75	%
9	Диаметр штуцера трубного пространства	89	89	мм
10	Диаметр штуцера межтрубного пространства	89	89	мм
11	Расход жидкости трубного пространства	11	11	м <sup>3</sup> /час
12	Расход жидкости межтрубного пространства	11	11	м <sup>3</sup> /час
13	Температура на входе в трубное пространство	80	80	о С
14	Температура на входе в межтрубное пространство	20	20	о С

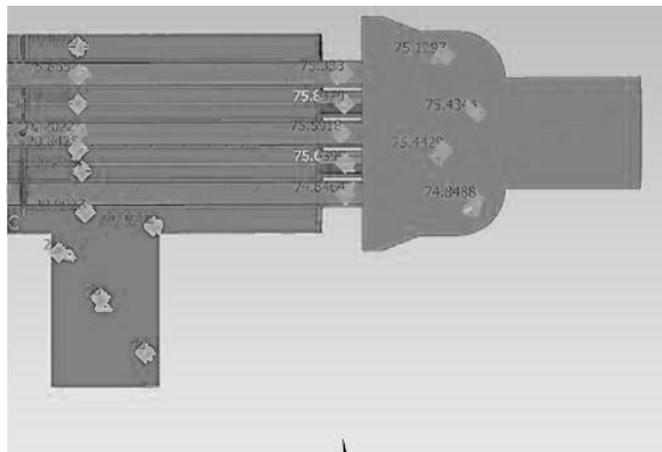
равен 50. Для трубного и межтрубного пространства эти параметры идентичны. Для того чтобы узнать температуру потока, нужно задать граничащий элемент между трубным и межтрубным пространством, а именно стенки труб, за счёт которых и происходит теплообмен между средами трубного и межтрубного пространства. Для этого

выбирался материал труб (сталь В20) и также накладывалась КЭ сетка.

Были заданы граничные условия потока, а именно: Объёмный расход жидкости на входе — 11 м<sup>3</sup>/ч (для трубного и межтрубного пространства), Температура — на входе в трубное пространство 80°С, в межтрубное 20°С.



а)



б)

Рис. 3. Значение температур в теплообменнике с геликоидальным потоком на различных участках

Температура жидкости на входе в трубы немного падает и имеет среднее значение равное 79,7°С. На этом же участке, но уже в межтрубной зоне, температура поднялась и имеет среднее значение в 26,1°С (Рис. 3а). В средней части теплообменника температура жидкости в трубной части имеет среднее значение 77,8°С, а в межтрубной зоне достигает среднего значения в 23,9°С (Рис. 3б). В крайней части теплообменника температура жидкости в трубной зоне имеет среднее значение равное

75,4°С, а температура в межтрубной зоне имеет среднее значение равное 21,3°С. Температура жидкости на выходе из трубного пространства равна 74,7°С (Рис. 3б).

Скорости на входе в трубное пространство имеют среднее значение 0,42 м/с. Скорость на выходе из межтрубного пространства принимает значение 0,54 м/с. Скорость в трубном пространстве равна 0,9 м/с (Рис. 4а). Скорость на выходе из трубного пространства равна 0,5 м/с. Скорость на входе в межтрубное пространство равна 0,43 м/с. (Рис. 4б).

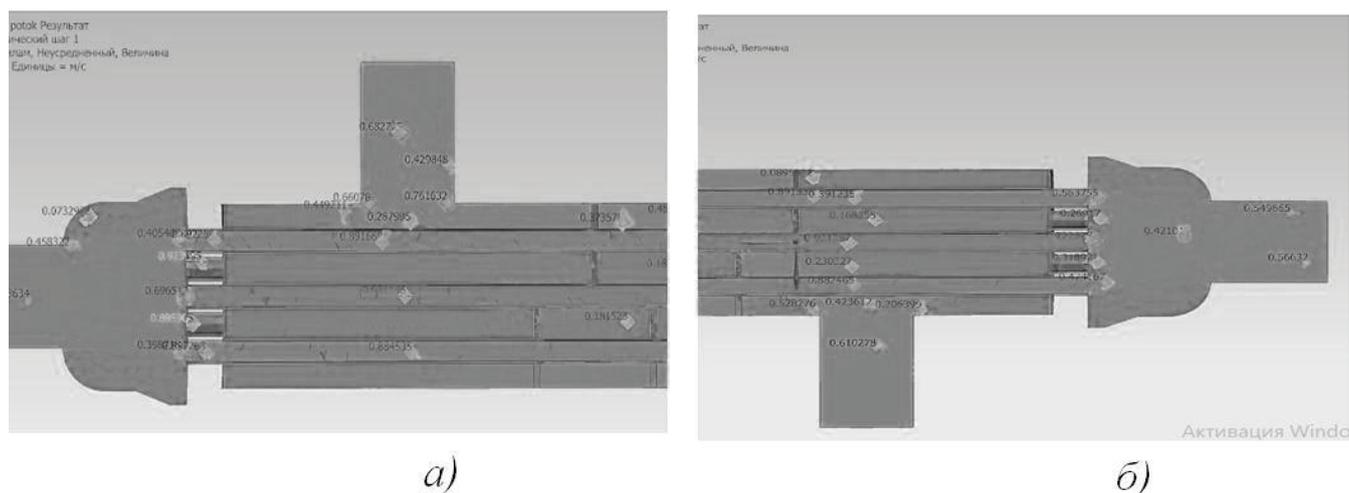


Рис. 4. Значение скоростей в теплообменнике с геликоидальным потоком на различных участках

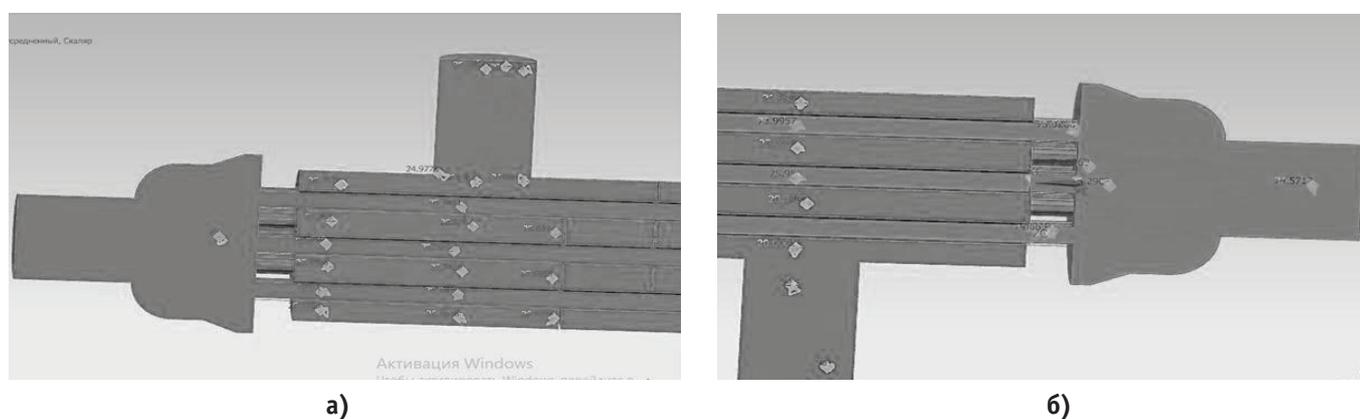


Рис. 5. Значение температур в классическом теплообменнике

Температура жидкости, на входе в трубы немного падает и имеет среднее значение равное 77,5°С. В этом же участке, но уже в межтрубной зоне температура поднялась и имеет среднее значение в 26,1°С. Температура на выходе из межтрубного пространства равна 25,1°С (Рис. 5а). В средней части теплообменника температура жидкости в трубной части имеет среднее значение 77,3°С. В межтрубной зоне достигает среднего значения в 23,9°С (Рис. 5а). В крайней части теплообменника температура жидкости в трубной зоне имеет среднее значение равное 74,9°С, а температура в межтрубной зоне имеет среднее значение равное 21,2°С. Температура жидкости на выходе из трубного пространства равна 74,4°С (Рис. 5б).

Скорости на входе в трубное пространство имеют среднее значение 0,4 м/с. Скорость на выходе из межтрубного хаотична и принимает значения от 0,22 м/с до 1,77 м/с. Скорость в трубном пространстве равна 0,87

м/с (Рис. 6а). Скорость на выходе из трубного пространства равна 0,48 м/с. Скорость на входе в межтрубное пространство равна 0,54 м/с. (Рис. 6б).

Сравнивая полученные данные, мы можем сказать, что у теплообменника с прямыми перегородками скорость течения жидкости ( $V_{\max}=1,895$  м/с;  $V_{\min}=0,003$  м/с) больше, чем у теплообменника с перегородками расположенными под углом в 40° ( $V_{\max}=0,955$  м/с;  $V_{\min}=0,002$  м/с). Также высокая скорость повлияла на степень завихрения, у теплообменника с прямыми перегородками  $S_{\max}=587,16$ ;  $S_{\min}=48,93$  ед., а у теплообменника с перегородками расположенными под углом в 40°  $S_{\max}=155,57$ ;  $S_{\min}=13,13$  ед. Тем самым более высокая степень завихрения создаёт у жидкости, более турбулентный поток, при котором жидкость смешивается быстрее. Поэтому у теплообменника с прямыми перегородками теплообмен происходит качественнее и разница температур на выходе из труб достигает 1°С.

Литература:

1. Хафзетдинов Т. Р., Лобанов М.А. Современный метод проектирования и анализа конструкции новейшей теплообменной аппаратуры // Материалы III Всероссийской научно-практической молодежной конференции

с международным участием «Современные технологии композиционных материалов». — Уфа: РИЦ БашГУ, 2018. — С. 298–303.

2. Латыпов Г. Р., Лобанов М. А., Хафзетдинов Т. Р. Разработка двухконтурного испытательного стенда для оценки тепловой эффективности и гидравлических сопротивлений теплообменных аппаратов // Доклады Башкирского Государственного университета. — 2018. — № 1, Т. 3. — С. 6–11.

## Способы защиты металлоконструкций от коррозии

Орленко Вячеслав Андреевич, студент магистратуры;

Научный руководитель: Мунирова Лилия Наильевна, кандидат технических наук, доцент  
Уфимский государственный нефтяной технический университет

*В данной статье, мы раскрыли понятие коррозии, цели антикоррозийной защиты, а также преимущества и недостатки различных способов защиты металлических конструкций от коррозионных образований.*

*In this article, we unveiled the concept of corrosion, the purposes of corrosion protection, as well as the advantages and disadvantages of different methods of protection of metal structures from the corrosive formations.*

С каждым годом экологические условия существования человечества изменяются, появляются новые озоновые дыры, природные катаклизмы и даже опустение земельных ресурсов. Вина всему — человеческая деятельность. Из-за изменений в экологии, страдают атмосферные факторы, а они оказывают сильное влияние на металлические конструкции, подвергая их коррозионным образованиям. В связи с этим, многие металлоконструкции теряют свои первоначальные характеристики. Что негативно отражается на их сроке службы.

Учитывая все вышеперечисленное, возникает вопрос, а существует ли эффективный способ защиты металлоконструкций от коррозии, сохраняющий металл от негативного влияния? Для начала рассмотрим вопрос, что же такое коррозия.

Согласно материалам Википедии, коррозия — это самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. То есть коррозия — самопроизвольный процесс разрушения металла под воздействием различных взаимодействий с окружающим миром. В перечисленных взаимодействиях не выделено отдельно физическое взаимодействие. Возникает вопрос, почему именно физико-химическое взаимодействие, а не физическое? Дело в том, что физическое взаимодействие подразумевает под собой износ конструкций, то есть это уже является эрозией металла [1].

Чтобы предотвратить разрушающий процесс, была разработана антикоррозийная обработка металлоконструкций. Подобная защита предусматривает увеличение срока эксплуатации металлоконструкций, а также снижение расходов на последующую замену разрушившегося элемента конструкции. Стоит отметить, что антикоррозионные защитные покрытия получили широкое распространение и на современном этапе ни одно строительство

промышленного объекта не обходится без обработки металлоконструкций от коррозии.

Главной целью защиты является изоляция металлических поверхностей от агрессивной среды. В основе элементов для противокоррозионной работы применяют либо эпоксидное основание, либо полиуретановое, поскольку эти материалы позволяют наиболее надежно защитить металл от коррозии.

Во всем мире ежегодно теряется несколько миллионов тонн металлофонда. Американские специалисты подсчитали, что ежегодно коррозия уносит около 4% валового национального продукта, что составляет примерно 300 миллионов долларов.

Полностью избавиться от коррозии невозможно, как невозможно избавиться, например, от закона Архимеда, но тем не менее, вполне реально приостановить коррозионные образования. Для приостановления разрушения металлов нужны комплексы мероприятий, которые направлены на прекращение и ингибирование коррозионных процессов, сохранение и поддержание работоспособности оборудования и сооружений в период их эксплуатации, как отмечают Петрова Л. Г. и Косачев А. В., что способы защиты металлоконструкций от коррозии основаны на целенаправленном воздействии, приводящем к полному или частичному снижению активности факторов, способствующих развитию коррозионных процессов. Из этого следует, что вариант защиты для конкретного объекта должен выбираться исходя из анализа условий его эксплуатации. При этом должны учитываться требования к показателям, характеризующим необходимое качество работы объекта, технологические особенности применения выбранного метода или методов защиты и достигаемый при этом экономический эффект [3].

Все способы защиты металлоконструкций от коррозионных образований можно подразделить:

Во-первых, на способы воздействия на металл.

Во-вторых, на способы воздействия на окружающую среду.

В-третьих, на комбинированные способы.

К способам воздействия на металлоконструкции относят электрохимическую защиту, а также различного рода покрытия, которые создаются на поверхности металлического изделия.

К методам воздействия на металлоконструкции следует отнести защитные покрытия, которые формируются на поверхности защищаемых конструкций. В наше время существует очень большое количество защитных покрытий, которые, в свою очередь, подразделяются на органические и неорганические. Совершенно верно указал Ворошнин Л. Г., что вне зависимости от вида защитного покрытия, оно обязательно должно быть сплошным, непроницаемым для агрессивной окружающей среды, а также обладать высокой сцепляемостью с металлом, равномерно распределяться по поверхности и иметь высокую стойкость от коррозионных образований. Следует отметить, что большая часть органических и неорганических покрытий обладают плохой адгезией, а также низкой механической прочностью [6].

Воздействие на окружающую среду осуществляется путем удаления из нее веществ, которые усиливают скорость коррозионного процесса, введением в среду ингибиторов, которые снижают скорость роста коррозии.

Все компоненты защиты от коррозии постоянно совершенствуются. Новые способы защиты от коррозии,

а также появление новых идей обработки металлоконструкций, упрощают процесс нанесения защиты.

Самым доступным методом защиты на данный момент является покрытие лакокрасочными материалами. В этом случае защитный слой требуется наносить каждые 5 лет, а это значит, что нужны большие трудовые усилия. Гальваническая и электрохимическая защита также имеют недостаток, а именно — большие затраты. Существуют современные защитные технологии от коррозионных образований, которые доступны не только предприятиям, но и рядовым потребителям. Один из них называется «текучая резина». «Текучая резина» представляет собой инновационный полимер, который способен выполнить долговечную защиту от коррозии. Наносится это покрытие с помощью пульверизатора, а после покрытия эмульсия из битума мгновенно застывает, при этом не образуя потеков и шероховатостей. Металлоконструкции, которые обработаны таким материалом, совершенно индифферентны к экстремальным температурам и влажности.

Исходя из всего описанного следует, что коррозия является саморазрушением металла под воздействием факторов окружающей среды. Коррозионные образования металлоконструкций невозможно полностью искоренить, можно лишь приостановить их рост. На сегодняшний день существует множество способов защит от коррозии, но все они имеют как преимущества, так и недостатки. Тем не менее, с развитием научного прогресса, открываются все больше новых способов антикоррозийной защиты металлоконструкций.

#### Литература:

1. Определение Коррозии / [Электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Коррозия>
2. Матвеев, Б. Н. Листовые нержавеющие стали / Б. Н. Матвеев // Сталь. — 2013. № 5. — С. 56–60
3. Петрова, Л. Г., Косачев, А. В. Способы защиты металлов от коррозии / Л. Г. Петрова, А. В. Косачев // Поколение будущего. — 2013.
4. А. Д. Конюхов, А. К. Шуртаков, В. П. Харчевников, А. И. Шелест, Т. Н. Воробьев // Сталь. — 2012. № 4. — С. 60–63.
5. Нанотехнологии в наше время / [Электронный ресурс]: [http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/construction/constr\\_application/bridge\\_apatech/#](http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/construction/constr_application/bridge_apatech/#)
6. Ворошнин, Л. Г. Антикоррозионные диффузионные покрытия / Л. Г. Ворошнин // — Минск: Наука и техника — 2011. — стр. 296.

## Выделение сигнала на фоне коррелированных помех и некоррелированного шума

Орлов Павел Владимирович, студент магистратуры;  
 Андреев Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор  
 Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

В настоящее время широкое распространение получили бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС), которые реализуются на микро-

механических гироскопах (измерителях угловой скорости) и акселерометрах (измерителях ускорений). Примером аппаратных средств, на которых реализована трёхосная

(в трёх пространственных измерениях) БИНС, могут слу- жить микромеханические изделия серии ADIS фирмы An- alog Devices [1, 2].

Проблема начальной выставки БИНС дополнительно усложняется вибрациями корпуса носителя навига- ционной системы. Вибрации могут возникать из-за ветровых воздействий на носитель или вызываться работающими на нём механическими агрегатами. Так, например, если нет возможности провести начальную выставку при вы- ключенных двигателях, то дисперсия сигналов на выходах акселерометров, как показали натурные эксперименты, может возрастать в тысячу и более раз по сравнению с си- туацией, когда двигатели не запущены.

Для подавления шумов акселерометров применяется низкочастотная фильтрация сигналов с их выходов, ко- торая заключается в нахождении математического ожи- дания оценок, измеряемых по каждой оси ускорений. Подобный подход правомерен, если мешающие компо- ненты сигналов представляют собой некоррелированный шум [3]. Однако при вибрациях корпуса носителя БИНС предположение о некоррелированности мешающих ком- понент становится неверным [1].

Представим сигнал в виде:

$$x(t) = c(t) + s(t) + n(t),$$

где  $x(t)$  — наблюдаемый сигнал;  $c(t)$  — коррелиро- ванная помеха;  $s(t)$  — полезный сигнал;  $n(t)$  — некорре- лированный шум.

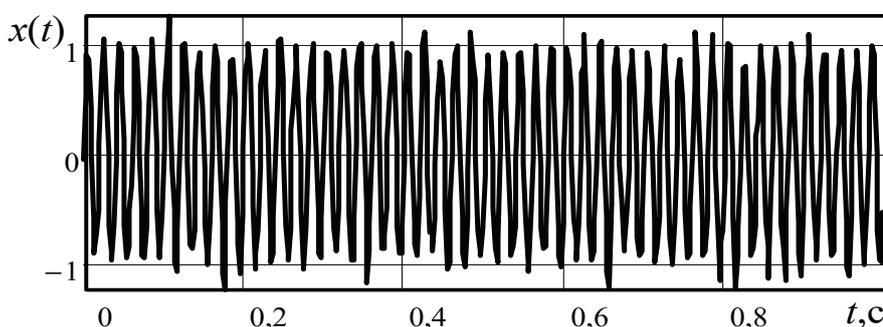


Рис. 1. Наблюдаемый сигнал

Выделение полезной компоненты  $s(t)$  из смеси  $x(t)$  сво- дится к обелению коррелированной мешающей составля- ющей  $c(t)$  и накоплению полезного сигнала на фоне шума  $n(t)$ . Известно [3], что коэффициенты импульсной харак- теристики обеляющего фильтра  $q$ -го порядка могут быть найдены из выражения:

$$w = R^{-1} i,$$

где  $w = [W_0; W_1; \dots; W_q]$  — вектор коэффициентов им- пульсной характеристики обеляющего фильтра (ОФ),  $R^{-1}$  —  $[(q+1) \times (q+1)]$ -мерная корреляционная матрица мешающего процесса,  $i = [1; 0; \dots; 0]^T$  — крайний левый вектор-столбец единичной матрицы.

Структурная схема системы обработки сигнала  $x(t)$  представлена на рисунке 2. На нём использовано дис- кретное представление сигналов:

$$x_n = x(t), y_n = y(t), s_n = s(t).$$

Выходной сигнал  $y_n$  на выходе обеляющего фильтра сводится к виду:

$$y_n = k=0; q; x_n W_k,$$

где  $y_n$  — результат обеления;  $x_n$  — входной сигнал;  $W_k$  —  $k$ -й коэффициент импульсной характеристики  $w$  ОФ,  $k=0, 1, \dots, q$ .

Предлагаемый метод обработки выходных сигналов акселерометров подразумевает наличие коррелированной помехи  $c(t)$ , вызванной дрожанием корпуса носителя БИНС. Помеха  $c(t)$  имеет регулярный колебательный характер, действующий по гармоническому закону. На рисунке 3 изображены нормированные к своим макси- мальным значениям квадраты амплитудно-частотные ха- рактеристики  $S(f)$  предлагаемого (сплошная жирная

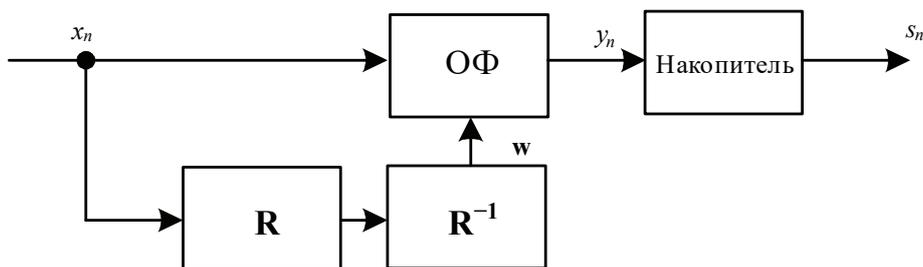


Рис. 2. Система обработки акселерометрического сигнала

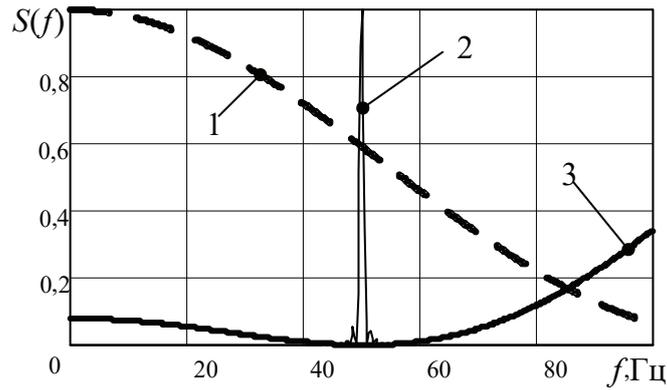


Рис. 3. Частотные характеристики

линия 3) и известного (пунктирная линия 1) фильтров обработки.

Под известным фильтром подразумевается равновесный нерекурсивный накопитель  $q$ -го порядка. Кроме того, на рисунке 3 изображена тонкой сплошной линией 2 спектральная плотность мощности  $S(f)$  смеси коррелиро-

ванной помехи  $s(t)$  и некоррелированного шума  $n(t)$ . Порядки фильтров приняты  $q=3$ , измеренная доминантная частота  $f_c$  коррелированной помехи  $f_c=50$  Гц.

На рисунках 4 и 5 изображены амплитудно-частотные характеристики  $S(f)$  для предлагаемого и известного методов при порядках фильтра  $q=20$  и  $q=40$  соответственно

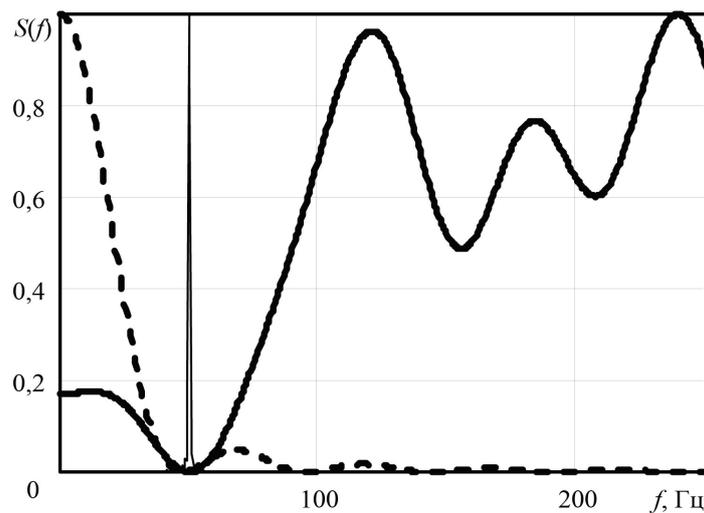


Рис. 4. Частотные характеристики при порядке фильтра  $q=20$

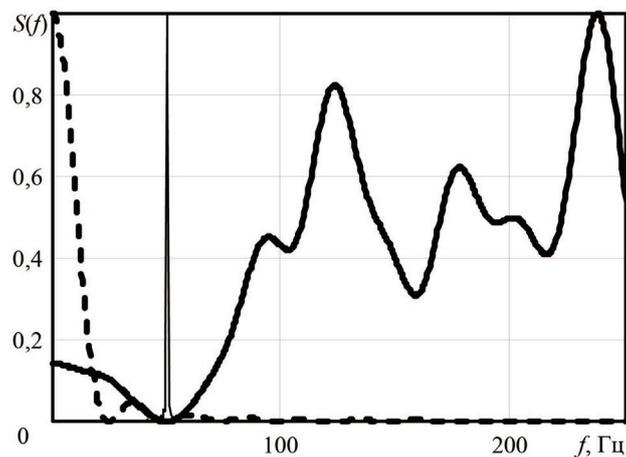


Рис. 5. Частотные характеристики при порядке фильтра  $q=40$

Анализ приведенных на рисунках 3, 4 и 5 зависимостей показывает, что известный подход к обработке акселерометрических сигналов не предусматривает борьбу с коррелированной помехой, т.е. амплитудно-частотные характеристики не имеют провала на частоте воздействия помехи. Предлагаемое решение путём оценивания корреляционных свойств мешающего процесса адаптируется

к его частоте и создаёт на ней глубокий провал амплитудно-частотной характеристики. Это даёт возможность подавить мешающую компоненту до уровня шумов, а затем путём накопления сигнала увеличить соотношение сигнал-шум на выходе системы обработки. Предлагаемое решение реализуется путём создания нерекурсивного обесляющего фильтра.

Литература:

1. Андреев В. Г., Белокуров В. А. Метод повышения точности начальной выставки бесплатформенных навигационных систем // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. № 2. Выпуск 36. 2011. С. 28–33.
2. Власенко А. Интегральные гироскопы iMEMS + датчики угловой скорости фирмы Analog Devices // Электронные компоненты. № 2. 2003. С. 36–38.
3. Воробьев С. Н. Цифровая обработка сигналов: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2013. 320 с.

## Расчет и моделирование высокочастотных резонансных инверторов

Павлов Олег Павлович, ассистент

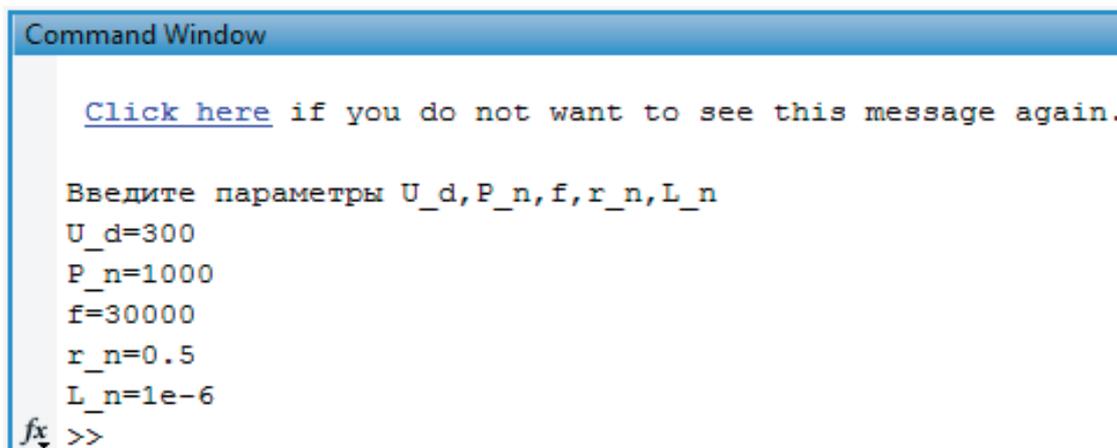
Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (г. Чебоксары)

*В статье представлены результаты моделирования высокочастотных транзисторных резонансных инверторов при использовании разработанного ранее программного комплекса для автоматизированного расчета последовательных резонансных инверторов [1].*

**Ключевые слова:** программный комплекс, Matlab, Simulink.

Рассматриваются четыре варианта схем последовательных резонансных инверторов на примере моделей в системе компьютерной математики (СКМ) MatLAB/Simulink.

Перед началом моделирования рассчитываются параметры схемы на основе входных данных, задаваемых пользователем. На рис. 1. изображен пример работы программы в СКМ MatLAB при вводе входных данных схемы инвертора. Исходными данными при компиляции программы являются: входное напряжение  $U_{вх}$ , мощность нагрузки  $P_n$ , частота  $f$ , сопротивление нагрузки  $r_n$ , а также индуктивность нагрузки  $L_n$ .



```
Command Window

Click here if you do not want to see this message again.

Введите параметры U_d, P_n, f, r_n, L_n
U_d=300
P_n=1000
f=30000
r_n=0.5
L_n=1e-6
fx >>
```

Рис. 1. Начальный этап работы программы автоматизированного расчета схем резонансных инверторов

Name ▲	Value	Size	Name ▲	Value	Size
C	5.8416e-08	1x1	U_n1	143.3813	1x1
D	0.1982	1x1	U_n2	23.8969	1x1
F	0.9715	1x1	a	2	1x1
F_1	0.9715	1x1	b	1	1x1
F_2	0.0099	1x1	cos_f	0.9357	1x1
HG	0.9231	1x1	f	30000	1x1
HG_kr	0.1358	1x1	h	0.9907	1x1
I_a	3.7037	1x1	k	1	1x1
I_ad	15.8114	1x1	k_t	6	1x1
I_d	3.7037	1x1	lamd	3.1122	1x1
I_dd	22.3607	1x1	lamd_o	2.8274	1x1
I_kmax	11.7452	1x1	n	0.9000	1x1
I_n	44.7214	1x1	r_n	0.5000	1x1
I_n1	7.4536	1x1	r_np	18	1x1
L	4.6806e-04	1x1	ab str1	'U_d='	1x4
L_d	4.3206e-04	1x1	ab str2	'P_n='	1x4
L_n	1.0000e-06	1x1	ab str3	'f='	1x2
L_np	3.6000e-05	1x1	ab str4	'r_n='	1x4
P_n	1000	1x1	ab str5	'L_n='	1x4
U_1	804.5966	1x1	tg_f	0.3770	1x1
U_2	1.7393e+03	1x1	w	1.8850e+05	1x1
U_3	1.1046e+03	1x1	w_0	1.9027e+05	1x1
U_4	1.5086e+03	1x1	x_n	0.1885	1x1
U_cm	1.9092e+03	1x1	z_n	0.5344	1x1

Рис. 2. Результат работы программы автоматизированного расчета схем резонансных инверторов

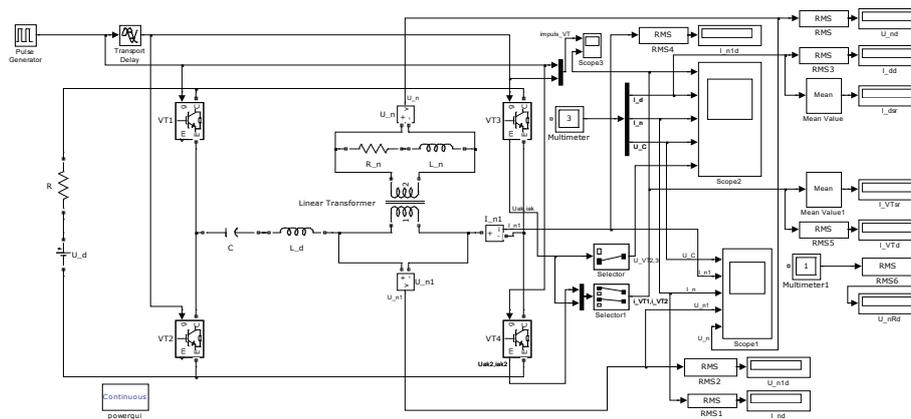


Рис. 3. Модель схемы последовательного мостового резонансного инвертора без обратных диодов

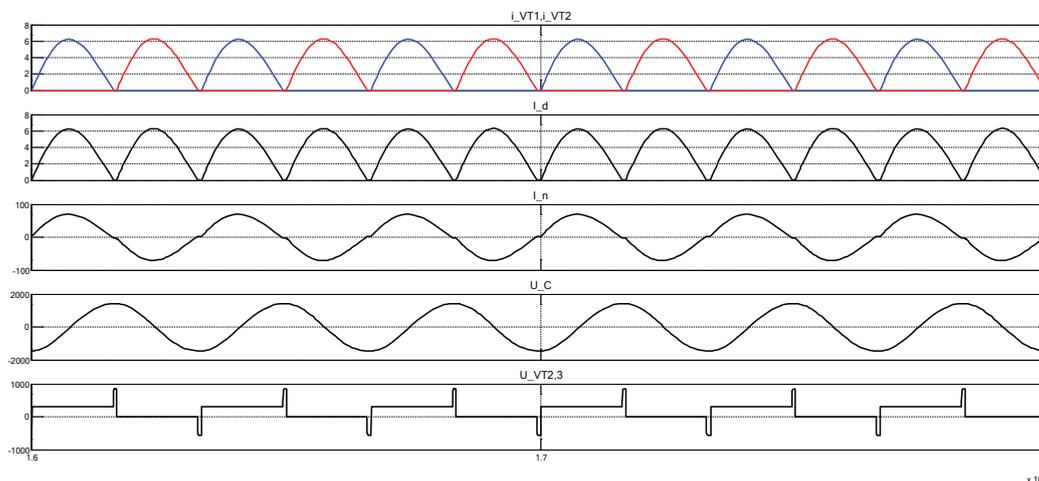


Рис. 4. Временные диаграммы работы последовательного мостового резонансного инвертора без обратных диодов

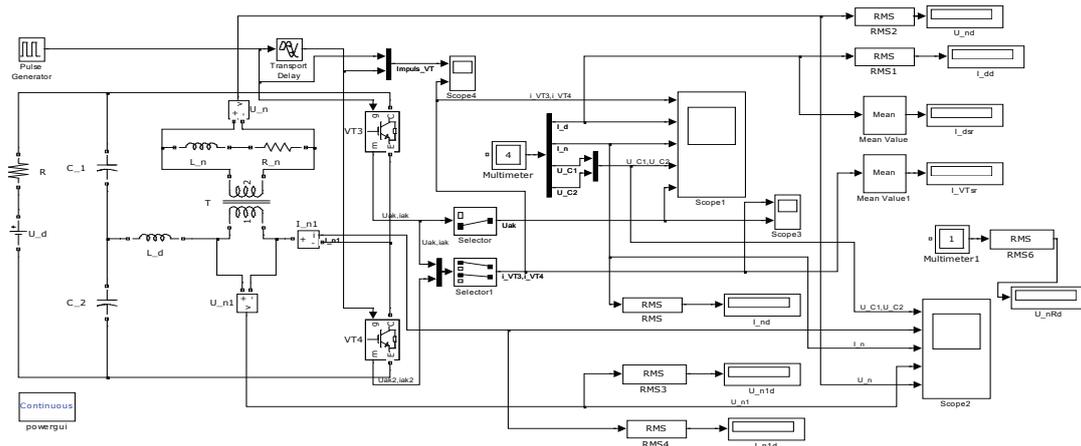


Рис. 5. Модель схемы последовательного полумостового резонансного инвертора без обратных диодов

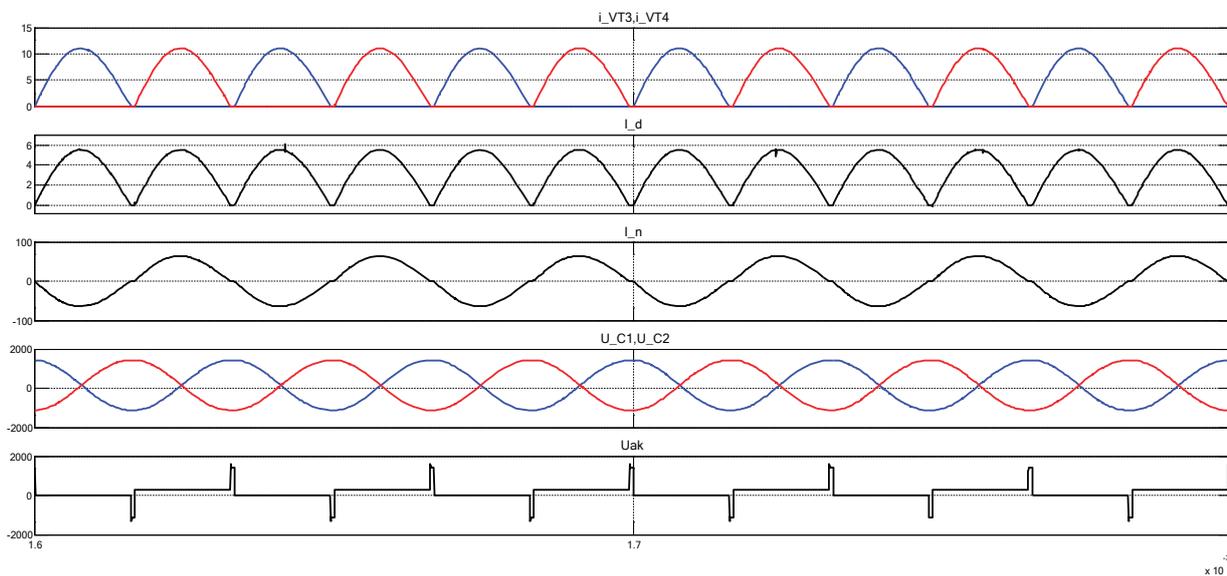


Рис. 6. Временные диаграммы работы последовательного полумостового резонансного инвертора без обратных диодов

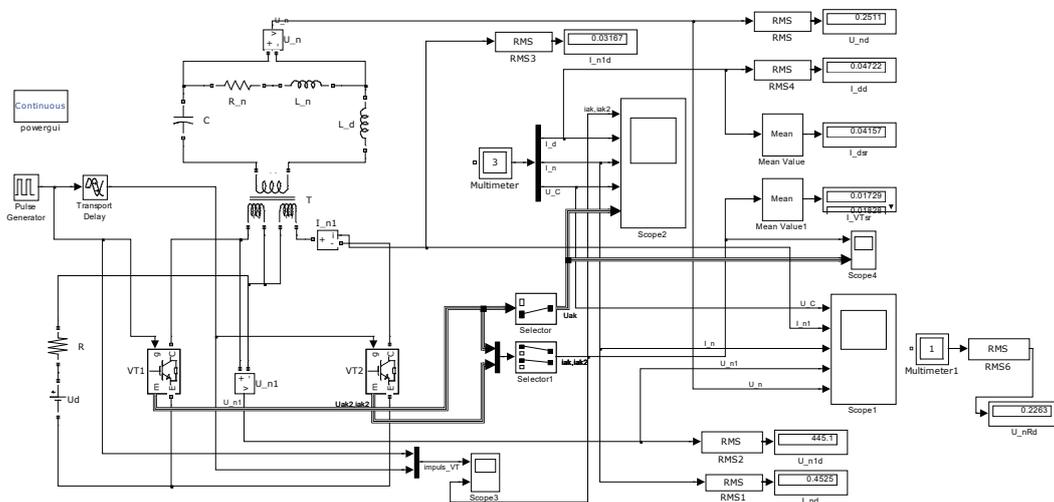


Рис. 7. Модель нулевой схемы последовательного резонансного инвертора без обратных диодов

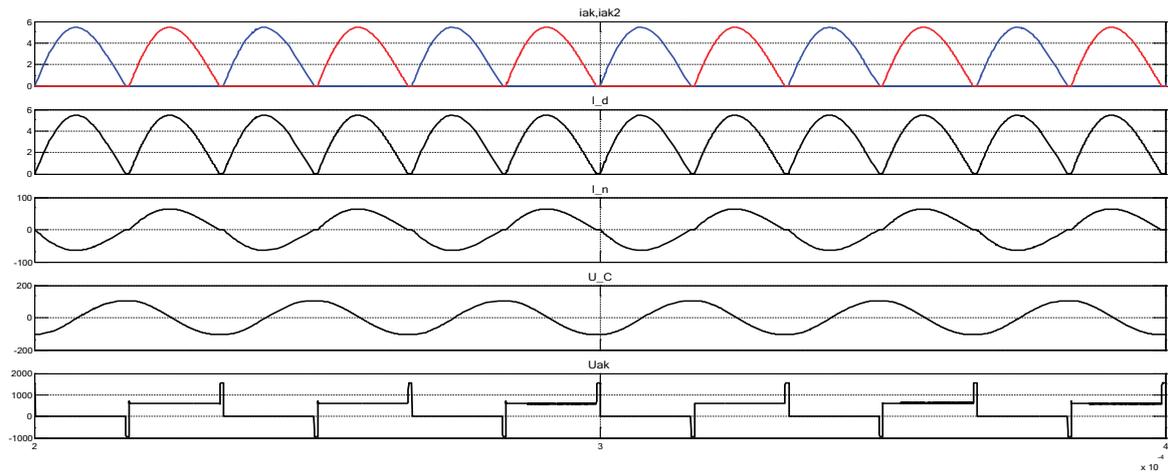


Рис. 8. Временные диаграммы работы нулевой схемы последовательного резонансного инвертора без обратных диодов

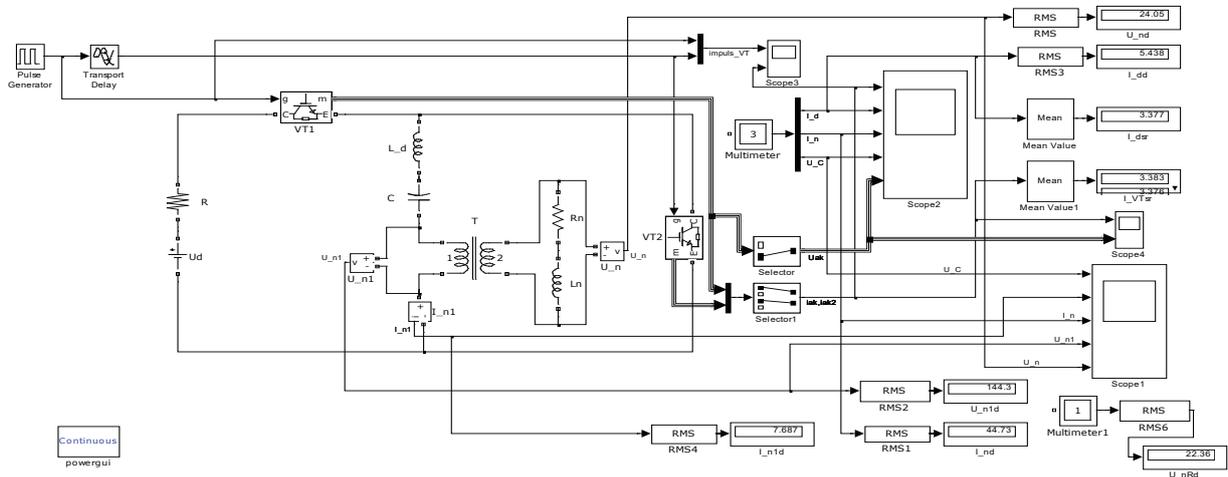


Рис. 9. Модель несимметричной схемы последовательного резонансного инвертора без обратных диодов

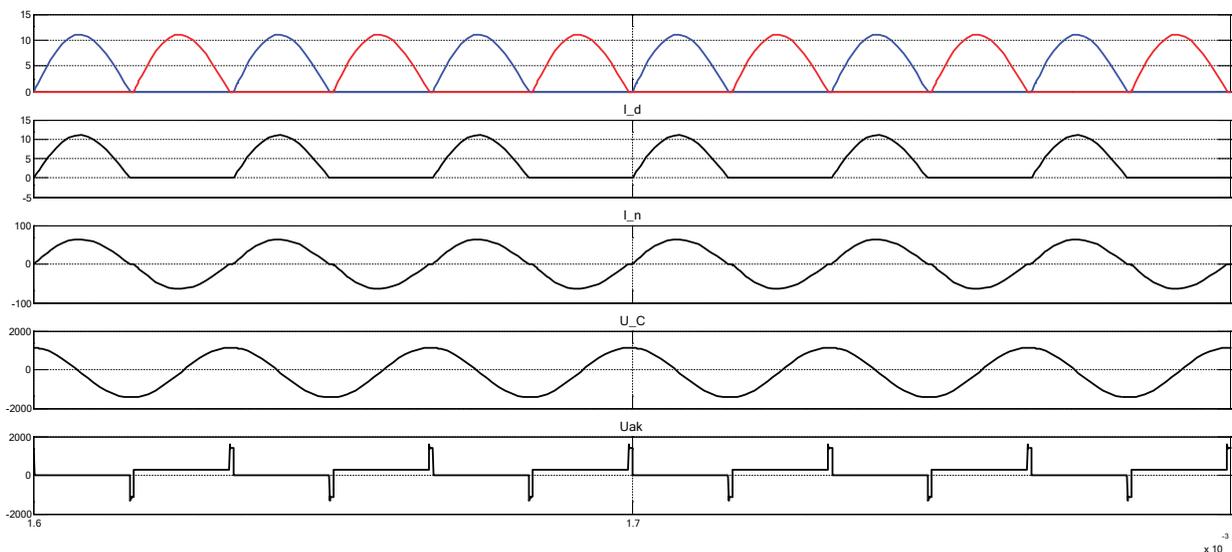


Рис. 10. Временные диаграммы работы несимметричной схемы последовательного резонансного инвертора без обратных диодов

Исходя из результатов моделирования, можно убедиться в том, что найденные при помощи программного комплекса данные параметры, в том числе параметры колебательного контура обеспечивают граничный режим

и корректную работу инверторов, чего мы и хотели добиться, задаваясь относительной длительностью открытого состояния ключа при расчетах.

Литература:

1. Лазарева Н. М., Павлов О. П., Яров В. М. Программный комплекс расчёта и анализа последовательных резонансных инверторов // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем». — 2017.
2. Яров В. М. Полупроводниковые преобразователи частоты для установок индукционного нагрева: Учеб. пособие / В. М. Яров, В. П. Терехов, А. Н. Ильгачев. — Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2005. — 228 с.

## Методика расчёта внутрибаллистических характеристик РДТТ при помощи САПР

Пикалов Максим Егорович, студент;

Пухова Елизавета Анатольевна, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*Построена 3d модель заряда твердого топлива и получена зависимость площади горения заряда от толщины сгоревшего свода топлива с помощью САПР. Рассчитано давление в камере сгорания двигателя как функция толщины сгоревшего свода. Произведен пересчет полученных зависимостей на время работы ракетного двигателя твердого топлива.*

**Ключевые слова:** ракетный двигатель твердого топлива, разгар заряда, площадь горения.

Проектирование заряда твердого топлива (ТТ) — один из ключевых этапов конструирования ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ). Важнейшие характеристики РДТТ, такие как тяга и время работы, напрямую зависят от формы заряда ТТ, так как при постоянной скорости горения заряда и неизменных параметрах сопла изменение тяги РДТТ соответствует зависимости изменения поверхности горения. Таким образом, придавая топливному заряду определенную форму, можно программировать зависимость изменения давления в камере сгорания (КС), а, следовательно, тяги и времени работы РДТТ.

В данной работе представлена методика расчёта зависимостей площади горения заряда  $F_g$  и давления в КС  $p_k$  от времени работы модельного РДТТ  $t_p$ . Для исследования указанных зависимостей с помощью САПР SolidWorks был спроектирован модельный прочноскрепленный заряд твердого смесового топлива с канальным отверстием сложной геометрии (рис. 1) [1].

Процесс разгара зарядов подобной геометрии тяжело поддается аналитическому расчёту ввиду трудоёмкости вычисления площади поверхности горения сложной конфигурации. Для решения задачи моделирования процесса разгара заряда были приняты следующие допущения [2]:

1. Скорость горения топлива одинакова на всех отдельных элементах поверхности заряда.
2. Скорость горения нормальна к поверхности горения и, следовательно, горение заряда происходит эквидистантными слоями.

В качестве независимой переменной была использована толщина сгоревшего свода  $e$ , для которой, исходя из геометрических размеров заряда, был определен ряд значений от 0 до 0,092 м. Соответственно при значении  $e = 0$  м считаем, что горение заряда не началось, при  $e = 0,092$  м — заряд полностью выгорел. При итерационном изменении значения толщины сгоревшего свода  $e_i$  в САПР были получены значения площади поверхности горения заряда  $F_{gi}$  на каждой итерации. Вид заряда на промежуточном ( $e_i = 0,03$  м) и конечном ( $e_i = 0,092$  м) этапах представлен соответственно на рис. 2.

Результатом итерационного процесса расчёта площадей горения стал график зависимости площади горения от толщины сгоревшего свода, полученный из дискретных значений методом аппроксимации (рис. 3).

Для определения площади горения и давления в КС как функций времени работы РДТТ необходимо ввести в расчёт характеристики двигателя и состава ТТ. Примем следующие значения, соответствующие РДТТ средних размеров на смесовом твердом ракетном топливе:

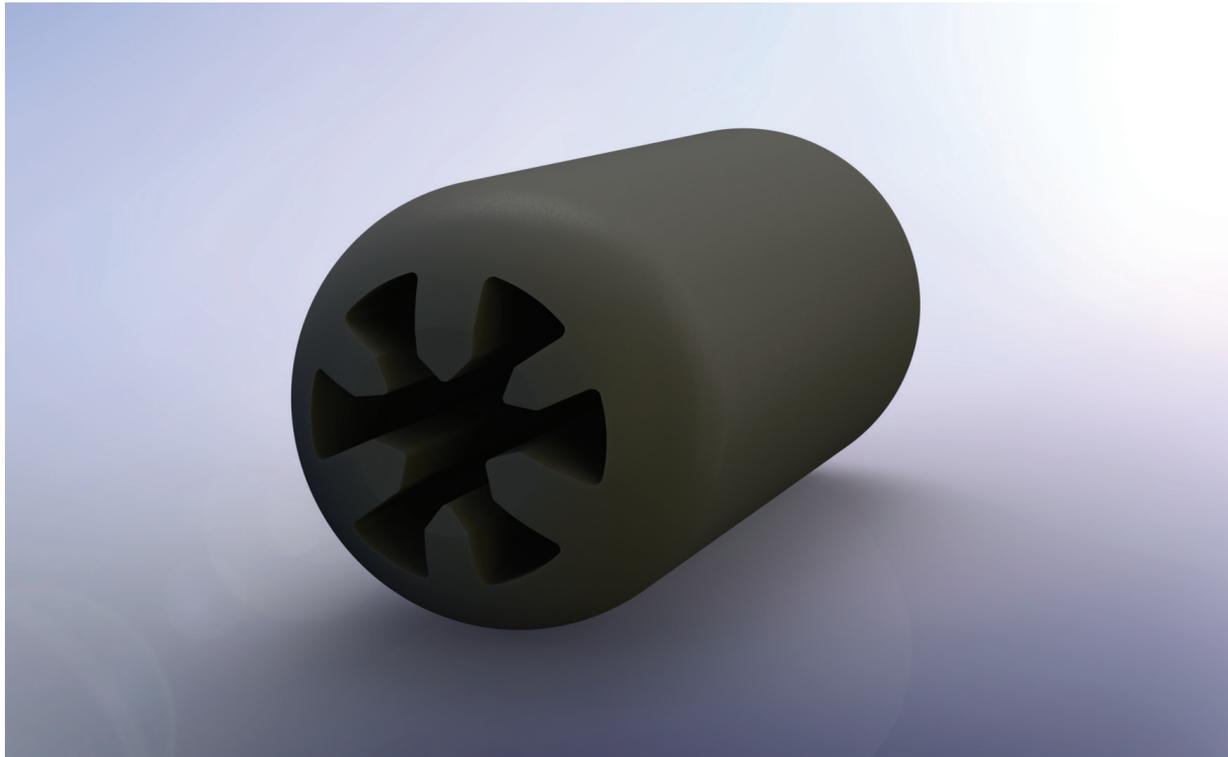


Рис. 1. Заряд ТТ

$\rho_m = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  — плотность топлива;

$R_u = 392 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  — газовая постоянная продуктов сгорания;

$k = 1,24$  — показатель адиабаты;

$T_\kappa = 3500 \text{ К}$  — температура в КС;

$u_\varepsilon(p_\kappa) = u_1 \cdot \left( \frac{p_\kappa}{98066,5} \right)^v \left[ \frac{\text{мм}}{\text{с}} \right]$  — закон горения ТТ,

где  $u_1 = 2,87 \text{ мм/с}$  — скорость горения ТТ при  $p_\kappa = 1 \text{ атм.}$ ,  $v = 0,3$  — показатель степени в законе горения;

$v = 0,3$  — показатель степени в законе горения;

$d_{кр} = 60 \text{ мм}$  — диаметр критического сечения сопла ;

$\chi = 0,98$  — коэффициент тепловых потерь;

$\phi_c = 0,98$  — коэффициент потерь сопла.

Далее по следующей формуле были получены значения давления в КС РДТТ в зависимости от площади горения:

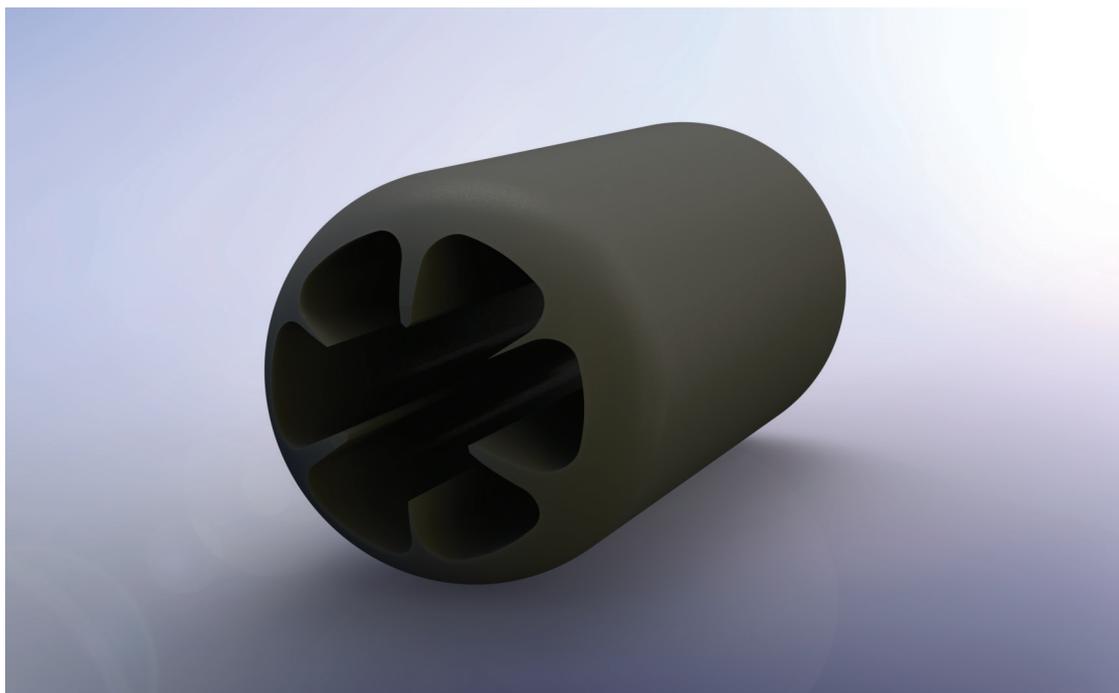
$$p_{\kappa i} = \left( \frac{4 \cdot F_{zi}(e) \cdot \rho_m \cdot \sqrt{\chi \cdot R_u \cdot T_\kappa} \cdot u_1}{\phi_c \cdot A(k) \cdot \pi \cdot d_{кр}^2} \right)^{\frac{1}{1-v}}$$

где  $A(k) = \sqrt{k} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} = 0,63$ .

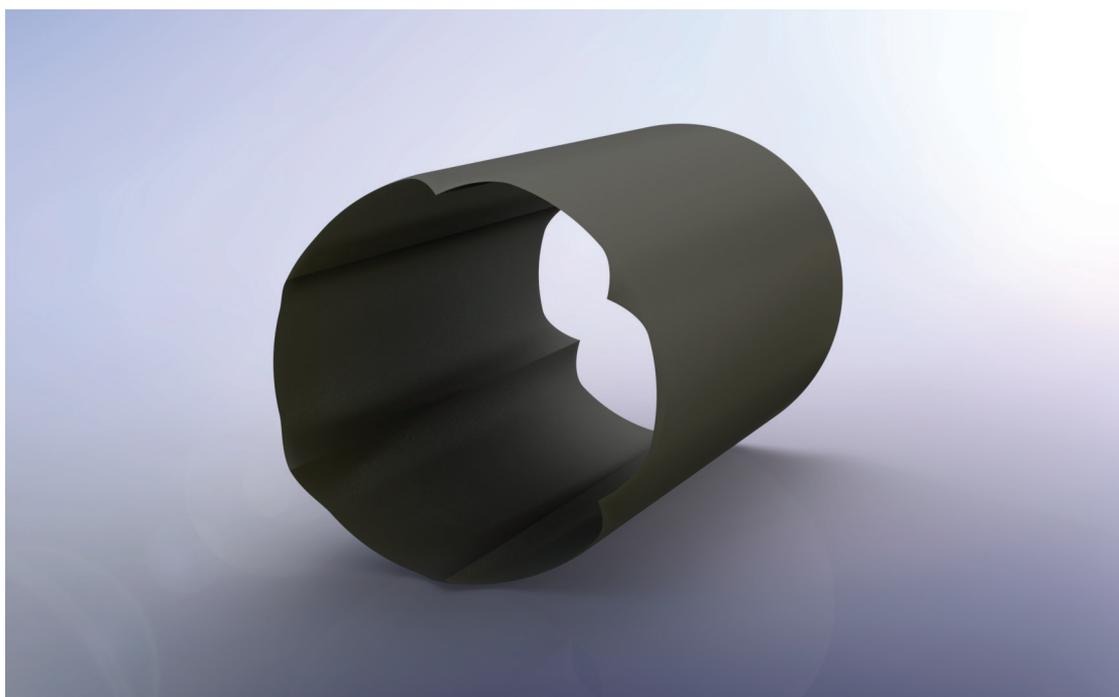
Переход от функций толщин сгоревшего свода к функциям времени работы РДТТ ( $e_i \rightarrow t_i$ ) осуществлялся по следующему алгоритму:

$$\delta t_i = \frac{e_{i+1} - e_i}{u_\varepsilon(p_\kappa(F_\varepsilon(e)))} \rightarrow t_{pi} = t_{pi-1} + \delta t_i$$

где  $\delta t_i$  — отрезок времени, за который сгорает разница между двумя последовательными дискретными значениями толщины сгоревшего свода ( $e_{i+1} - e_i$ ),  $t_{pi}$  — значение времени работы РДТТ, соответствующее  $i$ -му значению площади горения и давления в КС.



а)



б)

Рис. 2. Заряд ПТ. а)  $e_i = 0,03 м$ , б)  $e_i = 0,092 м$

Рассчитав значения времени на каждой итерации, мы получили зависимость  $p_k = f(t_p)$  (рис. 4).

Таким образом, в работе была представлена методика определения внутрибаллистических характеристик РДТТ с помощью САПР. В результате расчётов были получены зависимости площади горения и давления в камере от времени работы РДТТ. По полученным зависимостям можно сделать вывод, что модельный РДТТ является двухрежимным:  $p_k = 8 МПа$  на первом режиме и  $p_k = 4 МПа$  на втором. Суммарное время работы данного двигателя составляет  $t_p = 42,7 с$ . Анализируя полученные характеристики, можно сказать, что исследуемый модельный РДТТ может быть использован в составе конструкции зенитных управляемых ракет.

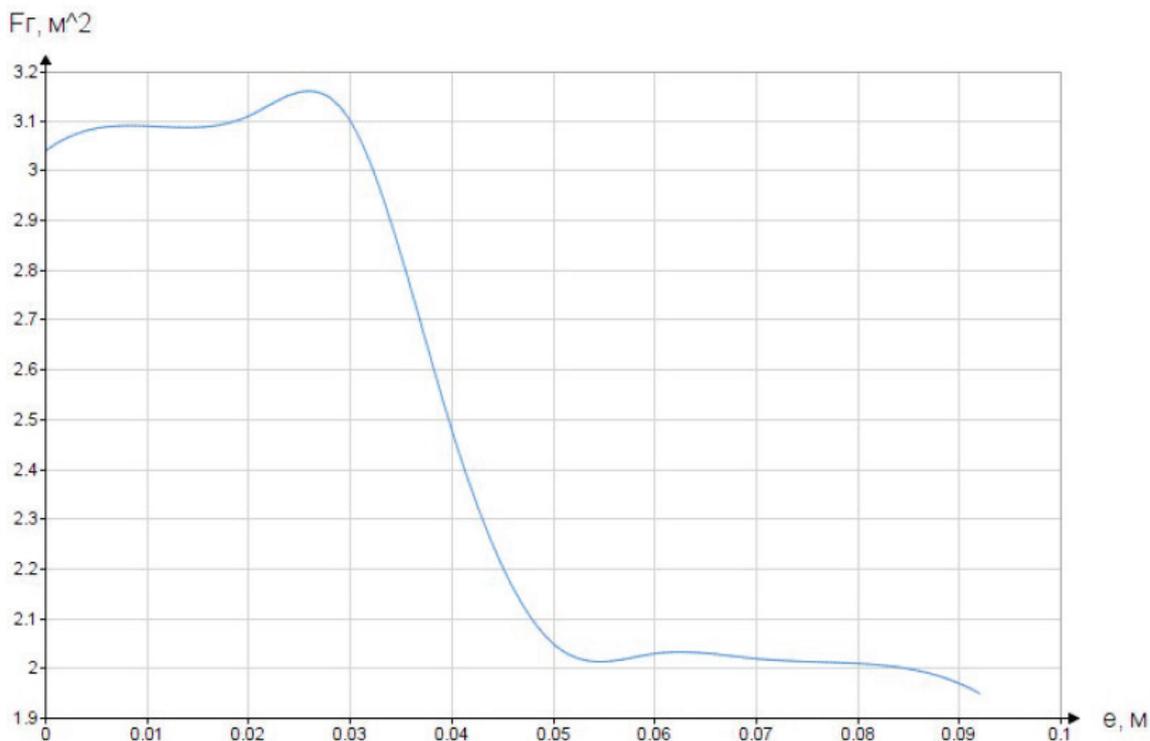


Рис. 3. Зависимость площади горения заряда ТТ от свода

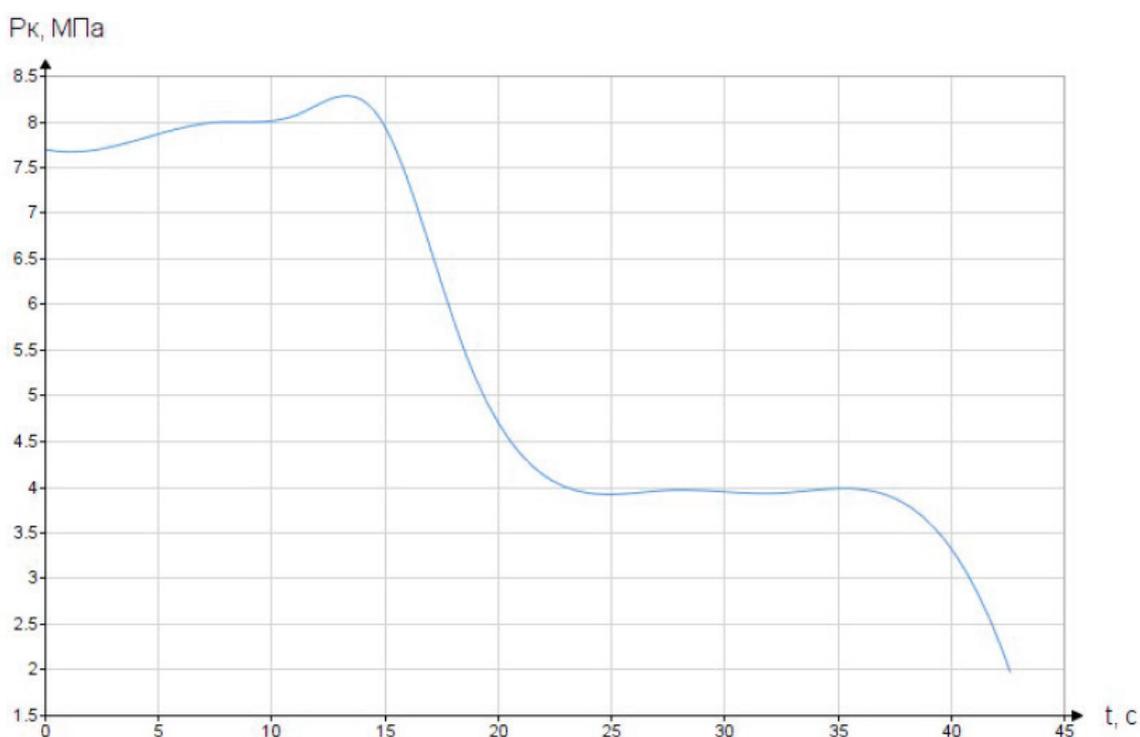


Рис. 4. Зависимость площади давления в камере РДТТ от времени работы

Литература:

1. Липанов А. М., Алиев А.В. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива: Учебник для студентов вузов. — М.: Машиностроение, 1995. — 400 с.
2. Ягодников Д. А., Андреев Е. А., Эйхенвальд В. Н., Козлов В. А. Основы проектирования ракетных двигательных установок на твердом топливе. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 106 с.

## Сравнение характеристик ракет-носителей СОЮЗ-2.1В и VEGA

Пикалов Максим Егорович, студент;

Пухова Елизавета Анатольевна, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Приведены основные причины популярности разработок ракет-носителей легкого класса. Произведено сравнение разработок России и Европейского космического агентства — РН Союз-2.1в и РН Vega. Проведён расчет основных параметров ракет-носителей — скорости Циолковского и коэффициента полезной нагрузки.

**Ключевые слова:** ракета-носитель, космический аппарат, ступень, полезная нагрузка, скорость Циолковского.

Развитие космонавтики на современном этапе потребовало запуска космических аппаратов (КА) малых размеров и массы, которые выполняют работу в области связи, телекоммуникации, навигации, дистанционного зондирования Земли. Для выведения подобных КА применяются в основном ракеты-носители (РН) легкого класса. В связи с большой потребностью многих стран в таких КА этот класс РН стал активно использоваться, что привело к разработке и созданию новейших РН легкого класса. Рассмотрим подробнее и сравним разработки России и Европейского космического агентства — РН Союз-2.1в и РН Vega.

«Союз-2.1в» является ракетой лёгкого класса, с грузоподъёмностью порядка 2800 кг на низкую (200 км) околоземную орбиту. Модификация ранее была известна как «Союз-1». Является глубокой модернизацией ракеты «Союз-2.1б», кроме того, двухступенчатой, без использования четырёх боковых блоков [1].

По сравнению с вариантом «Союз-2.1б» в качестве двигателя центрального блока используется жидкостный ракетный двигатель закрытого цикла НК-33—1 разработки СНТК им. Н.Д. Кузнецова, обладающий более чем вдвое большей тягой, по сравнению с используемым на «Союз-2.1а» и «Союз-2.1б» РД-108А. «Союз-2.1в» может использоваться с блоком выведения «Волга», разрабатываемым «ЦСКБ-Прогресс». Блок имеет двигательную установку на компонентах НДМГ-АТ, развивающую тягу 2,94 кН (0,3 тс) и обеспечивающую удельный импульс 307 с. Длина блока 1,025 м, диаметр 2,72—3,2 м. Стартовая масса 1140—1740 кг, сухая — 840 кг. Масса выводимой полезной нагрузки на ССО — 1500 кг. Основные характеристики ступеней РН «Союз-2.1в» приведены в табл. 1.

Произведем расчет параметров ракеты:

рассчитаем скорость Циолковского (максимальная скорость летательного аппарата, которой он достигает во время полета) для РН Союз-2.1в [2]:

$$\begin{cases} v_{ц} = -I_{уп1} \cdot \ln \mu_{к1} - I_{уп2} \cdot \ln \mu_{к2}, [м/с] \\ \mu_{к1} = \frac{M_{02} + M_{к2} + M_{к1}}{M_0} \\ \mu_{к2} = \frac{M_{пг} + M_{к2}}{M_{02} + M_{к2} + M_{пг}} \end{cases}$$

$$\mu_{к1} = \frac{M_{02} + M_{к2} + M_{к1}}{M_0} = 0,224$$

$$\mu_{к2} = \frac{M_{пг} + M_{к2}}{M_{02} + M_{к2} + M_{пг}} = 0,197$$

Таблица 1. Основные характеристики РН «Союз-2.1в»

Общая информация		Характеристика	Первая ступень — Блок А	Вторая ступень — Блок И
Количество ступеней	2	Масса конструкции	9 300 кг	2 700 кг
Длина	44 м	Тяга	180 тс на уровне моря	30,00 тс на уровне моря
Диаметр	3 м	Масса топлива	118 700 кг	23 300 кг
Стартовая масса	157 000 кг	Время работы	210 с	300 с
*Полезная нагрузка	Н00: 3 000 кг С00: 1 500 кг	Удельный импульс в вакууме	2943 м/с	3522 м/с
		Полная масса	157 т	

$$v_{ц} = -I_{уп1} \cdot \ln \mu_{к1} - I_{уп2} \cdot \ln \mu_{к2} = -2943 \cdot \ln(0,224) - 3522 \cdot \ln(0,197) = 10\,124,7 \text{ м/с},$$

где  $I_{упi}$ , м/с — удельный импульс тяги  $i$  — й ступени (рассчитывается для каждой ступени исходя из известной тяги, массы топлива и времени работы ступеней);  $\mu_{ки}$  — относительная конечная масса;  $M_{ки}$ , кг — масса конструкции  $i$ -й ступени;  $M_{0i}$ , кг — масса топлива  $i$ -й ступени;  $M_{пг}$ , кг — масса полезной нагрузки;  $M_0$ , кг — полная масса ракеты.

Рассчитаем коэффициент полезной нагрузки  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{M_{к1} + M_{к2} - M_{п.г.}}{M_0 - M_{п.г.}} = 0,058$$

Vega (англ. Vega; итал. Vettore Europeo di Generazione Avanzata) — лёгкая ракета-носитель, совместно разрабатываемая с 1998 года Европейским космическим агентством (ESA) и Итальянским космическим агентством (ASI). Ракета названа в честь второй ярчайшей звезды северного полушария.

Полезная нагрузка РН «Вега» составляет 1500 кг на полярную орбиту высотой 700 км. РН разработана для вывода полезной нагрузки на низкую опорную орбиту и солнечно-синхронную орбиту [3]. В отличие от большинства одноклассных РН, «Вега» способна выводить сразу несколько космических аппаратов. Основные типы аппаратов, являющиеся потенциальной загрузкой:

Микроспутники — до 300кг;

Миниспутники — от 300 до 1 000 кг;

Малые спутники — от 1 000 до 2 000 кг.

РН Vega состоит из 4 ступеней, 3 из которых Zefiro-23, Zefiro-9, P80 оснащены твердотопливными двигателями, а AVUM — ЖРД, топливом для которого служит несимметричный диметилгидразин с окислителем азотный тетраоксид. Технологии, используемые в P80, в дальнейшем будут использованы для разработок РН «Ариан». Основные характеристики ступеней РН «Вега» приведены в табл. 2.

Рассчитаем скорость Циолковского для РН Vega:

$$\left\{ \begin{aligned} v_{ц} &= -I_{уп1} \cdot \ln \mu_{к1} - I_{уп2} \cdot \ln \mu_{к2} - I_{уп3} \cdot \ln \mu_{к3} - I_{уп4} \cdot \ln \mu_{к4}, \text{ [м/с]} \\ \mu_{к1} &= \frac{M_0 - M_{01}}{M_0} \\ \mu_{к2} &= \frac{M_0 - M_{к1} - M_{01} - M_{02}}{M_0 - M_{к1} - M_{01}} \\ \mu_{к3} &= \frac{M_0 - M_{к1} - M_{01} - M_{к2} - M_{02} - M_{03}}{M_0 - M_{к1} - M_{01} - M_{к2} - M_{02}} \\ \mu_{к4} &= \frac{M_{пг} + M_{к4}}{M_{к4} + M_{04} + M_{пг}} \end{aligned} \right.$$

$$\mu_{к1} = \frac{M_0 - M_{01}}{M_0} = 0,362$$

$$\mu_{к2} = \frac{M_0 - M_{к1} - M_{01} - M_{02}}{M_0 - M_{к1} - M_{01}} = 0,393$$

$$\mu_{к3} = \frac{M_0 - M_{к1} - M_{01} - M_{к2} - M_{02} - M_{03}}{M_0 - M_{к1} - M_{01} - M_{к2} - M_{02}} = 0,250$$

$$\mu_{к4} = \frac{M_{пг} + M_{к4}}{M_{к4} + M_{04} + M_{пг}} = 0,750$$

$$v_{ц} = -I_{уп1} \cdot \ln \mu_{к1} - I_{уп2} \cdot \ln \mu_{к2} - I_{уп3} \cdot \ln \mu_{к3} - I_{уп4} \cdot \ln \mu_{к4} = 10\,339,8 \text{ м/с}$$

Рассчитаем коэффициент полезной нагрузки  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{M_{к1} + M_{к2} + M_{к3} + M_{к4} - M_{п.г.}}{M_0 - M_{пг.}} = 0,074$$

РН Союз-2.1в превосходит европейский РН в показателе полезной нагрузки, что видно по коэффициенту полезной нагрузки ( $\alpha = 0,058$  у Союз-2.1в против  $\alpha = 0,074$  у Vega), но идеальная скорость у РН Vega выше чем у РН Союз-2.1в ( $10\,339,8 \text{ м/с} > 10\,124,7 \text{ м/с}$ ). РН Vega имеет 4 ступени против 2 у Союз-2.1в, что понижает надёжность этого РН, но стоимость запуска РН Vega гораздо ниже ( $5 \text{ млн } \$ < 10,5 - 14,5 \text{ млн } \$$ ), что при запуске космических аппаратов небольшой массы будет играть решающую роль.

Таблица 2. Основные характеристики РН «Вега»

Общая информация		Характеристика	Первая ступень Р80	Вторая ступень Zefiro 23	Третья ступень Zefiro 9	Четвертая ступень AVUM
Количество ступеней	4	Тяга, кН	2261	871	260	2,42
Длина	30 м	Масса конструкции, кг	7330	2850	1315	147
Диаметр	3 м	Время работы, с	110	77	120	667
Стартовая масса	137 000 кг	Масса топлива, кг	88 365	26 000	10 500	550
Полезная нагрузка	НОО: 1500 кг	Удельный импульс в вакууме, м/с	2747	2820	2903	3095
		Полная масса, кг	138 557			

Литература:

1. Союз-2 (семейство ракет-носителей) // Википедия. [2012–2016]. URL: <http://wikiredia.ru/wiki/> (дата обращения: 12.06.2019).
2. Павлюк, Ю. С. Баллистическое проектирование ракет: Учебное пособие / Ю. С. Павлюк. — Челябинск: Изд. ЧГТУ, 1996. — 92 с.
3. «Вега» (ракета-носитель) // Онлайн энциклопедия «Википедия». [2012–2016]. URL: <http://wiki-org.ru/> (дата обращения: 12.06.2019).

## Основные способы осушки газа

Шумский Николай Михайлович, студент магистратуры;  
Грынив Олег Богданович, студент магистратуры;  
Шумская Кристина Артуровна, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*Описание технологических процессов разных методов осушки газа от влаги; рассмотрение регенерации адсорбентов и абсорбентов; выделение преимуществ и недостатков данных методов.*

**Ключевые слова:** осушка газа, абсорбция, адсорбция, регенерация, реагенты, схема осушки газа.

**Keywords:** gas drying, absorption, adsorption, regeneration, reagents, gas drying scheme.

Осушка газа необходима для удаления из него не только механических примесей, но и, главным образом, воды. Наличие воды в газе при транспортировке может способствовать образованию гидратов. Поэтому осушка газа перед его транспортировкой является наиболее рациональной и экономически целесообразной. Главным критерием качества осушки газа является температура «точки росы», в России в зимний период принято значение «точки росы» — минус 20 С, в летний период — минус 14 С.

Выбор способа осушки газа является важнейшим при проектировании разработки месторождения. Выбор подразумевает определение расходов на технологическое оборудование, на реагенты-поглотители и общие затраты на осушку газа. На данный момент существует два основных метода осушки газа: абсорбция (осушка жидкими поглотителями) и адсорбция (осушка твердыми поглотителями).

Сущность адсорбционной осушки газа заключается в поглощении порами твердых поглотителей молекул

воды. Процесс осушки проходит в аппаратах периодического действия с неподвижным слоем адсорбента.

В качестве адсорбентов применяются в основном:

- Силикагели;
- Аллюмосиликагели;
- Активированный оксид алюминия;
- Бокситы;
- Цеолиты.

Наиболее распространенным адсорбентом является силикагель.

Для того, чтобы уменьшить сопротивление движения газа адсорбенты должны быть изготовлены в виде гранул. Температура регенерации адсорбентов обычно равна 160–180 С.

Процесс адсорбционной осушки газа является более простым по сравнению с абсорбцией. На первом этапе газ проходит через сепаратор, где идет отделение механических примесей и капельной влаги. Затем газ поступает в аппарат с адсорбентом (в технологической схеме

таких аппаратов должно быть минимум два), где адсорбент поглощает влагу из газа. Далее уже осушенный газ идет далее по технологической линии или в газопровод. Другой аппарат в это время находится в регенерации. Часть осушенного газа, предварительно нагретого в теплообменнике, поступает в низ аппарата для регенерации осушителя. После этого газ вновь проходит через теплообменник, где уже охлаждается, поступает в сепаратор, а затем поступает в поток влажного газа.

Вторым методом осушки газа является абсорбционная осушка. Данный метод подразумевает использование жидких поглотителей влаги. В качестве абсорбентов чаще всего используют диэтиленгликоль (ДЭГ) и триэтиленгликоль (ТЭГ), поэтому рассмотрим в качестве поглотителя именно гликоли.

Принцип осушки газа абсорбентом заключается в последовательном проходе газа через сепаратор и абсорбер. В сепараторе от газа отделяются механические примеси и капельная жидкость. Далее газ поступает в нижнюю часть абсорбера и движется вверх, где контактирует со встречным потоком гликоля, при этом происходит поглощение абсорбентом из газа влаги. Затем осушенный газ движется дальше по технологической схеме, а насыщенный поглотитель поступает на регенерацию. Процесс

регенерации является довольно сложным, поэтому мы выделим лишь основные этапы и аппараты регенерации.

После абсорбера насыщенный гликоль поступает в выветриватель, где происходит разделение абсорбента и остатков газа. Затем гликоль проходит теплообменник, в котором он нагревается из-за теплообмена с регенерированным гликолем. Далее нагретый гликоль последовательно проходит колонну регенерации (десорбер) и испаритель. В десорбере происходит массо- и теплообмен с потоком пара, который движется кверху колонны. В испарителе гликоль нагревается до заданной температуры и из него выпариваются остатки влаги. Потом уже регенерированный абсорбент поступает в рабочую емкость, предварительно охлажденный в теплообменнике. Из рабочей емкости абсорбент поступает вновь в абсорбер.

### Заключение

На данный момент широко применяется метод абсорбционной осушки газа, так как адсорбция сложнее поддается автоматизации, поэтому является более затратной. Также жидкие поглотители имеют хорошую растворимость в воде, низкую стоимость, хорошую антикоррозионность, простоту регенерации.

### Литература:

1. Мильштейн, Л. М. Нефтегазопромысловая сепарационная техника [Текст]: справочное пособие / Л. М. Мильштейн, С. И. Бойко, Е. П. Запорожец. — Москва: Недра, 1991. — 240 с
2. ПАО «Газпром», ООО «Газпром добыча Надым». Технологический регламент УКПГ-8 Медвежинского месторождения, — г. Надым, 2019.
3. Александров, И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты [Текст]: учебное пособие для студентов вузов / И. А. Александров. — Москва: Химия, 1978. — 277 с.
4. Гриценко, А. И. Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России [Текст] / А. И. Гриценко [и др.] — Москва: Недра, 1999. — 473 с.
5. Сбор и подготовка продукции газовых и газоконденсатных месторождений [Электронный ресурс] / Н. Л. Шешуков // DocPlayer.ru. — 2013. — Режим доступа: <http://docplayer.ru/38031452-Sbor-i-podgotovka-produkcii-gazovyh-i-gazokondensatnyh-mestorozhdeniy.html>
6. Крец, В. Г. Основы нефтегазового дела [Текст]: учеб. пособие / В. Г. Крец, А. В. Шандрин; ТПУ. — Томск: ТПУ, 2010. — 182 с.
7. Жданова, Н. В. Осушка углеводородных газов [Текст] / Н. В. Жданова, А. Л. Халиф — Москва: Химия, 1984. — 189 с.

## Хранение отработанного ядерного топлива

Шурыгин Роман Евгеньевич, студент;  
Хохлов Валерий Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
Исаева Евгения Дмитриевна, студент;  
Сорокина Ольга Евгеньевна, студент  
Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

### Введение

В связи с постоянно увеличивающимися темпами энергопотребления и неизбежностью уменьшения за-

пасов традиционных видов топлива в настоящее время атомная энергетика получила широкое распространение.

В мире постоянно проектируются и строятся новые станции и энергоблоки, но темпы и масштабы развития

ядерной энергетики ставят ряд проблем экономического, социального и особенно экологического характера. В 2018 году в России атомные электростанции выработали более 200 млрд кВт·ч электроэнергии.

Атомные станции получают электроэнергию за счёт деления ядер топлива, размещённого в тепловыделяющих элементах (ТВЭЛх), которые собираются в тепловыделяющие сборки (ТВС), с последующим выделением тепловой энергии и дальнейшим преобразованием её в электрическую. Вследствие деления топлива оно выгорает, аккумулируя в себе продукты деления, поглощающие нейтроны, а так же происходит изменение его структурных и ядерных свойств. Для того чтобы реактор на станции продолжал вырабатывать нужную мощность, топливо в нём нужно периодически перезагружать. В отработавших ТВЭЛх содержится ядерное топливо, в котором продолжается выделение тепла в меньших объёмах за счёт реакции распада продуктов деления. Без охлаждения ТВС разогреваются до сотен градусов. Поэтому для начала ТВС выдерживают в бассейне выдержки на станции (обеспечивается снижение остаточного тепловыделения до 2–10 кВт от 1 ОТВС (отработавшей тепловыделяющей сборки), а так же распад наиболее активных короткоживущих радионуклидов: йод-131 ксенон-133 и др.). Минимальное время выдержки ОТВС на атомных станциях зависит от глубины выгорания топлива. Для каждой модификации ТВС оно установлено отраслевым стандартом на поставку ОТВС ОСТ 95745. После выдержки в приреакторном бассейне появляется возможность транспортировать ОЯТ на долгосрочное хранение в сухие или мокрые хранилища без угрозы разогрева ТВЭЛов до критических температур.

Исходя из данных условий на хранилища возлагаются следующие задачи: отвод остаточных тепловыделений, защита персонала и окружающей среды от ионизирующего излучения и предотвращение выхода радиоактивных веществ в окружающую среду, обеспечение ядерной безопасности.

### Мокрые хранилища ОЯТ

Мокрое хранение ОЯТ осуществляется в приреакторных бассейнах выдержки, отдельно стоящих промежуточных хранилищах отработавшего ядерного топлива, расположенных на территории АЭС, а также в буферных хранилищах при радиохимических заводах. Все мокрые хранилища ОЯТ в России — это железобетонные конструкции водонаполненных бассейнов, облицованные нержавеющей сталью. Топливо в них хранится либо на дне бассейна, либо подвешено на металлическом перекрытии.

Наряду с общими требованиями для хранилищ ОЯТ к мокрым хранилищам предъявляются дополнительные требования:

- охлаждение воды в хранилище до температуры, не превышающей 50°C осуществляется системой охлаждения и очистки за счёт отвода тепла в теплообменник;

- очистка воды от радиоактивных веществ осуществляется системой охлаждения и очистки на механических и ионообменных фильстрах;

- предотвращение возможных утечек воды в окружающую среду. Для этой цели бассейны имеют щелевое перекрытие, щели которого закрыты крышками, а из надводного пространства производится откачка воздуха с очисткой его на аэрозольных фильтрах и дальнейшим выбросом в атмосферу.

Ядерная безопасность в мокрых хранилищах обеспечивается ограничением  $K_{эф} \leq 0,95$  (эффективный коэффициент размножения нейтронов).

Реакторы всех типов выгружаются при перегрузке ОТВС и размещаются в приреакторном бассейне выдержки. При этом негерметичные ОТВС помещаются в герметичные пеналы и остаются на постоянном хранении в бассейне выдержки. Обычно время нахождения ОЯТ в приреакторном бассейне выдержки составляет 1–3 года, после чего топливо направляется в дальнейшее хранилище или на переработку.

Промежуточные и буферные хранилища не имеют принципиальных отличий от приреакторных хранилищ и отличаются только увеличенными сроком хранения ОТВС до 10 лет. Рассмотрим хранилище ОЯТ на Горно-химическом комбинате в городе Железнодорожск. После хранения топлива в бассейне выдержки для транспортировки по железной дороге на комбинат оно упаковывается в высокопрочный транспортный упаковочный контейнер из нержавеющей стали, который обеспечивает полную защиту персонала и населения от излучения. Контейнеры с ОЯТ на железной дороге сопровождает вооружённая охрана. В дороге топливо нагревается, поэтому по прибытию на комбинат оно сначала вместе с контейнером отправляется в узел расхолаживания. Там за несколько часов его температура снижается. Крышка транспортного контейнера открывается и ТВС переносят в мокрое хранилище, которое представляет собой железобетонный бассейн длиной 240 метров, шириной 36 метров и глубиной 8 метров. Сам бассейн разделён на 20 отсеков, и в случае течи один отсек полностью изолируется, а хранящиеся в нём ТВС переносятся в другие отсеки. Объём данного хранилища рассчитан на 15000 ТВС.

Большой опыт эксплуатации мокрых хранилищ ОЯТ доказал их надёжность и удобство. Мокрое хранение позволяет контролировать состояния топлива. Параметры воды поддерживаются с помощью простых и надёжных технологий. Вода обеспечивает необходимую биологическую защиту при хранении ОЯТ и выполнении технологических операций по загрузке топлива и выгрузке его из бассейнов. Но существует и ряд проблем. Отвод тепла осуществляется принудительной циркуляцией, поэтому в случае аварии с обесточиванием нужно иметь дополнительный источник энергии. Большинство хранилищ строилось ещё в СССР и они не рассчитаны на большое количество ОЯТ, а строительство новых хранилищ или реконструкция старых длительное и затратное. Так же существует и проблема дальнейшей утилизации топлива. Из-за этих проблем ОЯТ в мокрых хранилищах хранится намного больше 10 лет.

### Сухое хранение ОЯТ

Сухое хранения ОЯТ (СХОЯТ) представляет собой специальную бетонную площадку для хранения, на которой размещены контейнеры с ОЯТ или отдельно стоящее здание, в котором размещаются контейнеры с ОЯТ.

Наряду с общими требованиями для хранилищ ОЯТ к сухим хранилищам предъявляются дополнительные требования:

- обеспечение сохранности ОЯТ в течение не менее 50 лет за счёт снижения коррозии от среды хранилища;
- обеспечение температурного режима хранения чаще всего пассивным способом, за счёт естественной конвекции, реже принудительной циркуляцией. Например, при контейнерном способе хранения ОТВС помещаются в двойной корпус и выносятся на наружную площадку хранения. Нагрев корпуса снимается циркуляцией окружающего воздуха по воздухопроводам, размещённым между корпусами;
- возможность извлечения пеналов с ОЯТ для их обследования;
- устойчивость хранилища к внешним воздействиям (падение самолёта, удар воздушной волны, землетрясение и т.п.);
- минимальные затраты на сооружение.

При данном способе хранения исключена протечка радиоактивной воды, что обусловлено отсутствием охлаждающей воды. В сухих хранилищах не допускается хранение негерметичных ТВС.

К неоспоримым преимуществам СХОЯТ относятся:

- условия хранения, снижающие степень деградации топлива оболочек до минимума;
- использование пассивного способа отвода тепла от хранящегося топлива;
- низкие дозовые нагрузки на персонал;
- сравнительно меньшая вероятность вреда по отношению к окружающей среде;

- низкие эксплуатационные и капитальные затраты на сооружение хранилищ;
- возможность модульного увеличения объёма хранилища;
- простота обслуживания;
- незначительный объём вторичных отходов.

Расчёты показали, что себестоимость «сухого» камерного хранения ниже — 42,6 тыс. руб./т U в год при камерном хранении на ГХК, по сравнению с 211,2 тыс. руб./т U в год в мокром хранилище на ГХК.

Тем не менее, следует обратить внимание на следующие недостатки:

- невозможность полностью перейти на сухое хранение из-за необходимости обязательного предварительного охлаждения ОЯТ в мокрых хранилищах в течение 3–5 лет;
- меньшая плотность хранения ОЯТ;
- отсутствие достаточного опыта эксплуатации;
- Большие габаритные размеры сухих хранилищ. Например, сухое хранилище ОЯТ в Железногорске имеет габариты 270\*35\*40 м и вмещает около 70000 ОТВС. Мокрое хранилище на Курской АЭС имеет габариты 10,7\*4,2\*17,5 м и вмещает около 1700 ОТВС. В итоге, произведя несложные вычисления, можно понять, что для хранения аналогичного количества ОТВС объём мокрого хранилища меньше объёма сухого хранилища примерно на 30%;
- Затруднённый контроль за состоянием ОТВС.

### Основные технологии сухого хранения ОЯТ

На данный момент существует контейнерный и камерный способы хранения ОЯТ.

Плюсами контейнерных систем хранения являются:

- обеспечение поэтапного ввода мощностей;
- использование контейнеров для двух и более целей.

Контейнеры можно подразделить на три небольших подгруппы: одноцелевого, двухцелевого и многоцелевого назначения. Соответственно для выполнения какой-либо одной

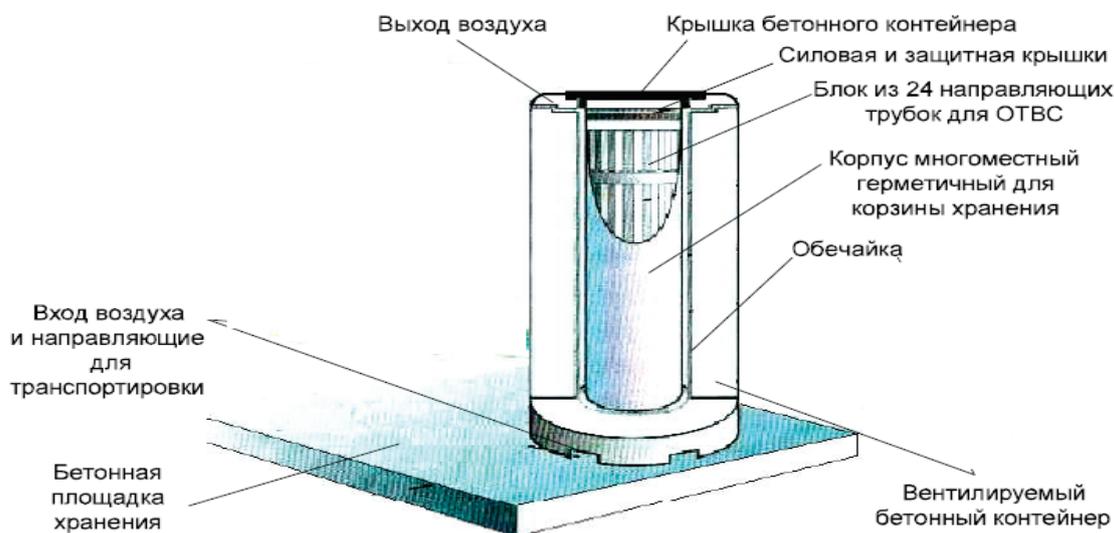


Рис. 1. Железобетонный контейнер типа CONSTOR с тремя крышками

цели (хранение, транспортировка или захоронение), двух целей (хранение и транспортировка) и всех трёх функций.

Необходимые функции, которые должны выполнять контейнерные системы:

- предотвращение выхода радиоактивных веществ;
- ограничение выхода ионизирующего излучения в окружающую среду;
- отвод остаточного тепловыделения от ОЯТ.

В настоящее время существуют металлические, бетонные и железобетонные контейнеры.

Металлические представляют собой довольно массивные контейнеры, пригодные для таких целей как транспортирование, хранение и, возможно, окончательное захоронение. Внутри контейнера обычно размещается чехол или герметичный металлический пенал, обеспечивающие структурную целостность системы. Для металлических контейнеров характерно наличие двух крышек, что обеспечивает надежную герметичность.

Бетонные контейнеры в основном нашли применение на территории США и в Канаде. Например, бетонная канистра СС (Concrete Canister), представляет собой изолированную часть камеры для содержания ОЯТ в единичном автономном блоке. Достоинство заключается в том, что при хранении ОЯТ в бетонной канистре с пассивной системой охлаждения отсутствует необходимость других дополнительных системах для работы в нормальных или же аномальных условиях.

Среди железобетонных контейнеров можно выделить CONSTOR, ТУК-109, TranStor. Первый представляет собой металлический цилиндрический корпус с толстыми

стенками, герметично закрываемый тремя крышками: первичной, промежуточной и вторичной. Два сваренных из обечаек и днищ стальных стакана составляют корпус. Они вставлены друг в друга так, что между стенками и днищем образуется полость. Что касается ТУК-109, то он состоит из корпуса и двух крышек с независимыми контурами уплотнения, которые обеспечивают герметичность полости контейнера. Последняя система представляет собой заваренный цилиндр из нержавеющей стали и упаковку из бетона. В её состав входит чехол из углеродистой стали с содержащимися в нём пластинами, выполненными из сплавов бора для обеспечения подкритичности. Упаковка для хранения выполнена из бетона, транспортная — из стали слоистой структуры с нейтронной защитой в составе. Присутствуют стальные амортизаторы.

Концепция сухого хранения ОЯТ в камерах разработана и используется в США, Великобритании, Франции, Венгрии и др. Камеры имеют простую конструкцию, а охлаждение ОЯТ может осуществляться естественной или принудительной циркуляцией воздуха. Камера выполняется из армированного бетона и может быть частично углублена.

Технология камерного хранения разделяется по признаку размещения или неразмещения ОЯТ в пеналах перед загрузкой его в камеры. Технология сухого камерного хранения, когда ОТВС помещаются непосредственно в гнезда (трубы) хранения, в бетонных камерах, реализована на АЭС «Пакш» (Венгрия). В хранилище-складе CASCAD (Франция) пеналы с ОТВС устанавливаются в гнезда хранения.

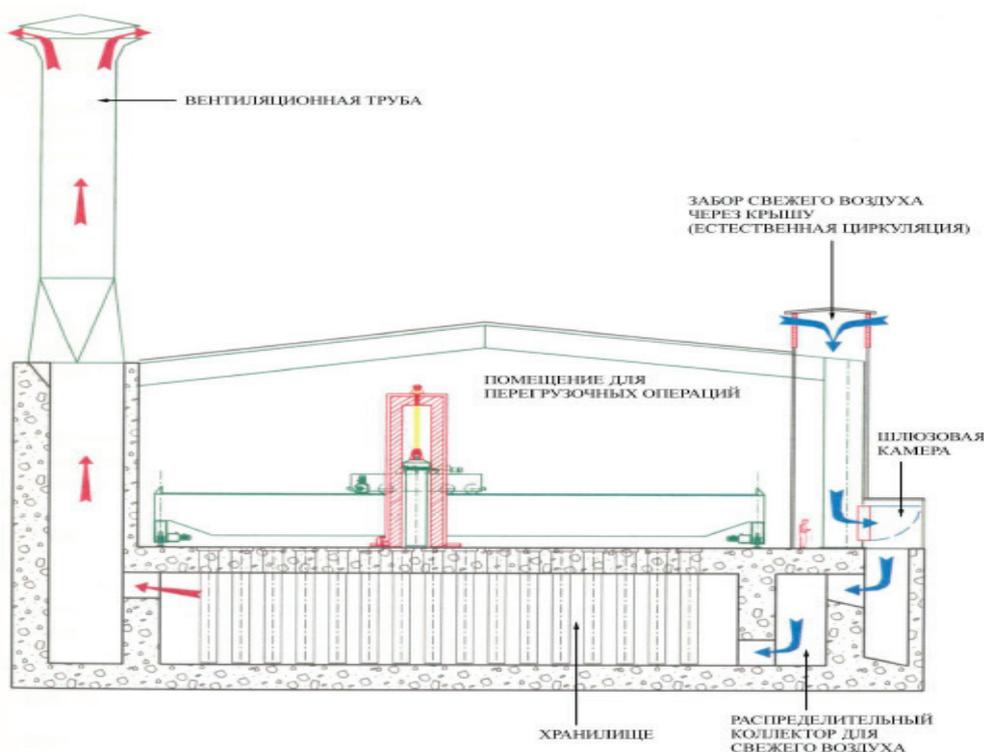


Рис. 2. Общий вид контейнерного хранилища CASCAD (Франция)

Установка CASCAD в городе Кадараше, во Франции, (рис. 3) предназначена для приёма, хранения и подготовки ОТВС к транспортировке.

Конструкция хранилища представляет собой полуподвальное помещение, которое состоит из двух частей:

- нижняя часть — собственно хранилище с гнездами хранения, через которое циркулирует воздух за счёт естественной циркуляции;
- верхняя часть — помещение для переагрузочных операций, оборудованное мостовым краном и щитом управления.

Одними из достоинств данной системы хранения являются:

- простота конструкции;
- допускает более высокую внешнюю температуру;
- возможность более компактного хранения.

К недостаткам можно отнести:

- необходимость дополнительных установок для приёма и упаковки ТВС в пеналы и для проверки их герметичности

### Выводы по работе

В настоящее время ХОЯТ в России на АЭС — это хранилища мокрого типа. В связи с увеличивающимися объёмами ежегодно выгружаемого ОЯТ наблюдается тенденция к истощению вместимости водных бассейнов, что вызывает проблему хранения ОЯТ. Уже в ближайшем десятилетии у большинства ядерных энергоблоков будут заполнены приреакторные хранилища, что подтолкнет к потребности перевода на сухое хранение либо увеличения количества мокрых хранилищ. Первый вариант полностью реализовать невозможно, так как для размещения ОЯТ в сухих хранилищах необходима его предварительная выдержка в мокрых, а реализация второго варианта невозможна в короткие сроки и для её реализации необходимо найти дополнительные объёмы денежных средств. Таким образом, в настоящий момент важными задачами являются: увеличение количества сухих хранилищ, а так же модернизация имеющихся мокрых хранилищ ОЯТ.

### Литература:

1. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002). СП 2.6.61.168. М.: Минздрав России, 2002.
2. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. N170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» С изменениями и дополнениями от: 25 июня 2012 г.
3. Андрияшин, И. А. Обзор проблем обращения с радиоактивными отходами и отработанным ядерным топливом / Андрияшин И. А, Юдин Ю. А. — М.: Саров, 2007—119 с.
4. Ардашников, С. Н. Защита от радиоактивных излучений / Ардашников С. Н. и др. — М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по цветной и черной металлургии, 1961. — 423 с.
5. Калинин, В. И. Хранение отработавшего ядерного топлива энергетических реакторов / В. И. Калинин и др. — М.: Препринт, 2009—122с.
6. Ключников, А. А. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними / А. А. Ключников и др. — М.: Чернобыль, 2005—495 с.
7. Скачек, М. А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС / М. А. Скачек, — М.: Издательский дом МЭИ, Москва, 2007—426 с.
8. Сухарев, Ю. П. Физика ядерных реакторов деления / Ю. П. Сухарев, — М.: Нижегородский государственных технический университет им. Р. Е. Алексеева, Н. Новгород, 2011—312 с.
9. A. Machiels. Storage and Transportation System in the U. S.— Spent Fuel Storage Technologies for WWER and RBMK. Proceedings of a Technical Committee Meeting/Workshop. Balatonfüred, Hungary, 11—15 October 1999. Vienna, Austria, March 2000.
10. Multi-purpose container technologies for spent fuel management. IAEA-TECDOC-1192, December 2000, Vienna, Austria.
11. Nuclear Europe Worldscan. 2000. V.20, N3—4. P. 26,27; Nuclear Europe Worldscan. 2000. V.20, N5—6. P. 52,53. W. Brach Regulators Experience in Licensing and Inspection of Dry Storage Facilities.— International Conference on Spent Fuel from Nuclear Power Reactor. Vienna, Austria, 19—22 June 2006.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 24 (262) / 2019

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, О. В. Майер

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.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.  
ISSN-L 2072-0297  
ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»  
Номер подписан в печать 26.06.2019. Дата выхода в свет: 03.07.2019.  
Формат 60 × 90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.  
Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.  
E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>  
Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.