

# ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

В ДВУХ ЧАСТЯХ

**ЧАСТЬ 2**



ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
Г. БЕЛГОРОД, 30 ОКТЯБРЯ 2017 Г.

АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(АПНИ)

# ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Сборник научных трудов

по материалам  
Международной научно-практической конференции  
г. Белгород, 30 октября 2017 г.

В двух частях  
Часть II

Белгород  
2017

УДК 001  
ББК 72  
Т 33

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте:  
[www.issledo.ru](http://www.issledo.ru)

#### Редакционная коллегия

*Духно Н.А.*, д.ю.н., проф. (Москва); *Васильев Ф.П.*, д.ю.н., доц., чл. Российской академии юридических наук (Москва); *Винаров А.Ю.*, д.т.н., проф. (Москва); *Датий А.В.*, д.м.н. (Москва); *Кондрашихин А.Б.*, д.э.н., к.т.н., проф. (Севастополь); *Котович Т.В.*, д-р искусствоведения, проф. (Витебск); *Креймер В.Д.*, д.м.н., академик РАЕ (Москва); *Кумехов К.К.*, д.э.н., проф. (Москва); *Радина О.И.*, д.э.н., проф., Почетный работник ВПО РФ, Заслуженный деятель науки и образования РФ (Шахты); *Тихомирова Е.И.*, д.п.н., проф., академик МААН, академик РАЕ, Почётный работник ВПО РФ (Самара); *Алиев З.Г.*, к.с.-х.н., с.н.с., доц. (Баку); *Стариков Н.В.*, к.с.н. (Белгород); *Таджибоев Ш.Г.*, к.филол.н., доц. (Худжанд); *Ткачев А.А.*, к.с.н. (Белгород); *Шановал Ж.А.*, к.с.н. (Белгород)

Т 33 **Тенденции развития современного естествознания и технических наук** : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 октября 2017 г.: в 2 ч. / Под общ. ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород : ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2017. – Часть II. – 158 с.

ISBN 978-5-6040021-7-9  
ISBN 978-5-6040021-9-3 (Часть II)

В настоящий сборник включены статьи и краткие сообщения по материалам докладов международной научно-практической конференции «Тенденции развития современного естествознания и технических наук», состоявшейся 30 октября 2017 года в г. Белгороде. В работе конференции приняли участие научные и педагогические работники нескольких российских и зарубежных вузов, преподаватели, аспиранты, магистранты и студенты, специалисты-практики. Материалы данной части сборника включают доклады, представленные участниками в рамках секций, посвященных вопросам развития химических, технических наук, наук о Земле.

Издание предназначено для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, передовыми достижениями науки и технологий.

Статьи и сообщения прошли научное рецензирование (экспертную оценку) членами редакционной коллегии. Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

УДК 001  
ББК 72

© ООО АПНИ  
© Коллектив авторов

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»</b> .....	<b>6</b>
<i>Кулганов В.А., Свитнев И.В., Соколов Д.А.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАСКИРОВКИ АЭРОЗОЛЯМИ .....	6
<b>СЕКЦИЯ «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»</b> .....	<b>12</b>
<i>Грибановская С.В.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ УСПЕШНОСТИ СВЕРХКРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА (СКП) СКОРОСТИ РОСТА ФРОНТАЛЬНОЙ ОБЛАЧНОСТИ .....	12
<i>Иванов А.В.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ г. УЛАН-УДЭ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ р. СЕЛЕНГА И оз. БАЙКАЛ .....	15
<i>Малов А.И.</i> РАЗВИТИЕ ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	18
<i>Оралова А.Т., Цой Н.К., Цешиковская Е.А., Обухов Ю.Д.</i> О ВОСПРОИЗВОДСТВЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСНОГО ФОНДА КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	22
<i>Пятницына Т.В., Безвершненко Л.С.</i> КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗОЛОТООРДЫНСКОГО ГОРОДА УКЕК И ЕГО ОКРУГИ.....	25
<i>Сидоренко А.В.</i> РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОДИАГНОСТИКА ГЕОСИСТЕМ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РФ .....	28
<i>Ширапова С.Д., Норбоева Б.С., Цырендоржиева Т.Б.</i> РИСКИ ЗАТОПЛЕНИЯ г. УЛАН-УДЭ ПАВОДКАМИ РЕКИ СЕЛЕНГА.....	31
<b>СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»</b> .....	<b>36</b>
<i>Le Quang Minh, Nguyen Ai Viet</i> CYBER-SECURITY ARCHITECTURE FRAMEWORK FOR DEVELOPING COUNTRIES: CASE STUDY OF LAOS .....	36
<i>Агibalова А.И., Шакитько Т.Ю., Соколенко А.Ю., Шаповалова А.А.</i> СИСТЕМА Al-Si: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ.....	42
<i>Алайцев И.К., Данилова Т.В., Мантуров А.О., Мареев Г.О.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ ДАТЧИКОВ В СОСТАВЕ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ СИМУЛЯТОРОВ.....	45
<i>Альберто П.М., Лопухова Т.В.</i> ДИАГНОСТИКА ПОДВЕСНЫХ СТЕКЛЯННЫХ ИЗОЛЯТОРОВ .....	48
<i>Бабаев А.М., Берёза А.Н.</i> МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ИМИТАЦИИ ОТЖИГА НА ОСНОВЕ RBF СЕТИ.....	51
<i>Галев А.В., Юдачев С.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ПРИЕМНИКА ШИРОКОПОЛОСНЫХ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ СТРУКТУРНОЙ ПОМЕХИ .....	58
<i>Генералова А.А., Хабибуллин Р.Р.</i> МОДЕЛЬ ТРАВМОБЕЗОПАСНОЙ ЗАЩИТНОЙ РЕШЁТКИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ.....	65

<b>Дзейгов Б.И., Бервинова А.В., Леонтьева Н.Н.</b> РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССОВ УДАЛЕНИЯ АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД.....	69
<b>Дорофеева Т.А.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	71
<b>Жарлыкасова А.Н., Муслимова А.З.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОТОКОЛА MQTT.....	75
<b>Жмурина Н.Д., Илларионов Е.Ф., Кобзева С.Ю., Сапегин Г.М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРИСТЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	78
<b>Камалетдинова Г.Р., Скворцов С.А., Оневский М.П.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЧЕЛОВЕКА НА МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ.....	82
<b>Киселева А.Д., Сапова А.А.</b> АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ.....	86
<b>Кисляков С.В.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ, МЕХАНИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ НА БАЗЕ РЕДУКЦИОННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА.....	89
<b>Кобзев Д.О.</b> РАЗРАБОТКА СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКА .....	92
<b>Коростылев М.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ .....	95
<b>Кубанго Б.Э.М., Кашаев Р.С.</b> ПРОЦЕСС ПРОГРАММИРОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА ATMEGA8515 ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА АНАЛИЗАТОРА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ .....	98
<b>Кульбякина А.В., Савельева А.И.</b> ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	102
<b>Лапина М.Л., Бойкова А.Л., Подкопаев Д.И.</b> ПРОЦЕДУРА ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ ...	106
<b>Лапина М.Л., Слемзин П.Ю.</b> АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ.....	111
<b>Литвинская О.С., Дудров А.Е., Деньжаков С.Ю., Шариков И.А.</b> МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР РАДИОИНТЕРФЕЙСОВ.....	114
<b>Маркова Н.Н., Курдюмова Л.Н.</b> ЗАКАЛКА НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ИЗ ОБЛАСТИ МЕЖКРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР .....	124

<b>Морозова Е.А., Новиков В.А., Фирсова И.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ ОТ ИХ СОСТАВА .....	127
<b>Налесная Я.А., Костюков В.А., Полев Р.И., Ларина Т.А.</b> РАЗРАБОТКА И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ .....	133
<b>Никитина В.О., Кончус Д.А., Сивенков А.В.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА .....	139
<b>Салямова К.Д., Эгамбердиев Э.Х.</b> ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ МЕХАНИКИ .....	143
<b>Славич А.В., Еремина Л.В.</b> СУЩНОСТЬ ПОНЯТИЯ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР» .....	146
<b>Филина О.А., Зараменских А.Н., Ахмадеев Р.И., Пасечник С.В.</b> СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	149
<b>Фоменко А.И.</b> ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗОЛЫ ТОРФЯНОГО ТОПЛИВА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ .....	152
<b>Худякова Д.Д., Говоров В.О., Пещеркина С.Ю., Назаров Д.Я.</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	155

## СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАСКИРОВКИ АЭРОЗОЛЯМИ

**Кулганов В.А.**

профессор кафедры радиационной, химической и биологической защиты, д-р мед. наук, профессор, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Россия, г. Санкт-Петербург

**Свитнев И.В.**

доцент кафедры радиационной, химической и биологической защиты, канд. воен. наук, доцент, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Россия, г. Санкт-Петербург

**Соколов Д.А.**

адъюнкт кафедры радиационной, химической и биологической защиты, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассматривается природа образования химических соединений в результате применения технических средств аэрозольного противодействия (маскировки аэрозолями). Роль маскирующих аэрозолей в условиях ведения боевых действий возрастает, а номенклатура аэрозолеобразующих составов расширяется. В связи с этим встает вопрос об экологичности использования таких средств.

*Ключевые слова:* аэрозоль, аэрозолеобразующий состав, маскировка, предельно допустимая концентрация, технические средства аэрозольного противодействия, загрязняющее вещество.

Роль маскирующих аэрозолей в условиях ведения боевых действий будет возрастать. В настоящее время вопрос о применении аэрозолей выходит за рамки традиционной маскировки и приобретает значение многоцелевого средства обеспечения боевой деятельности войск. Кроме широко известного использования аэрозолей для маскировки от визуального наблюдения противника, их рассматривают как перспективное средство противодействия телевизионным и лазерным системам управления оружием, системам подсветки целей. Ведутся изыскания возможностей аэрозольной защиты от лазерного оружия. В связи с этим возрастает масштаб применения аэрозолей, а также расширяется номенклатура аэрозолеобразующих составов (АОС). Между тем, после ведения боевых действий наступает мирное время и уместен вопрос о том, наносится ли вред биосфере и агрокомплексу, какое влияние оказало применение маскирующих аэрозолей на личный состав и возможно ли снижение этого ущерба [2, с. 13].

Рассмотрим природу образования химических соединений, концентрации которых в результате применения технических средств аэрозольного противодействия (АэП) могут превысить предельно допустимые.

Все маскирующие аэрозоли являются конденсационными, хотя традиционно их называют дымами, но в большинстве случаев это туманы, взвеси жидких капелек. Существуют несколько традиционных типов АОС, применяемых для целей маскировки: термоконденсационные (на основе нефтепродуктов), хемоконденса-

ционные (пиротехнические и самодымящие АОС на основе антрацена, металлов, фосфора, раствора серного ангидрида в хлорсульфоновой кислоте, тетрахлоридов титана, олова или кремния и др.) и диспергационные (на основе порошков металлов, углерода, углеродно-волоконистых материалов) [5, с. 470].

Различают следующие основные группы АОС, перечень которых показан на рисунке.

Жидкие АОС на основе нефтепродуктов, предназначены для применения в технических средствах АЭП войск радиационной, химической и биологической защиты – дымовых машинах и генераторах аэрозоля.

В этих средствах АЭП, обладающих большой производительностью, имеется газогенератор, в котором при сгорании небольшого количества бензина или керосина образуется горячий газовый поток. В него впрыскивают аэрозолеобразователь. Обычно это нефтепродукт с температурой кипения около 300°C, который испаряется. Поскольку теплота испарения во много раз меньше теплоты сгорания топлива, расход дымообразователя оказывается гораздо больше расхода горючего. Пары испаренного вещества конденсируются, образуя белый масляный дым. Дымовые машины и генераторы превращают в аэрозоль 30-10000 г вещества в секунду. Самые большие машины способны создавать завесы, распространяющиеся по ветру на десятки километров, сохраняя непрозрачность [3, с. 112].

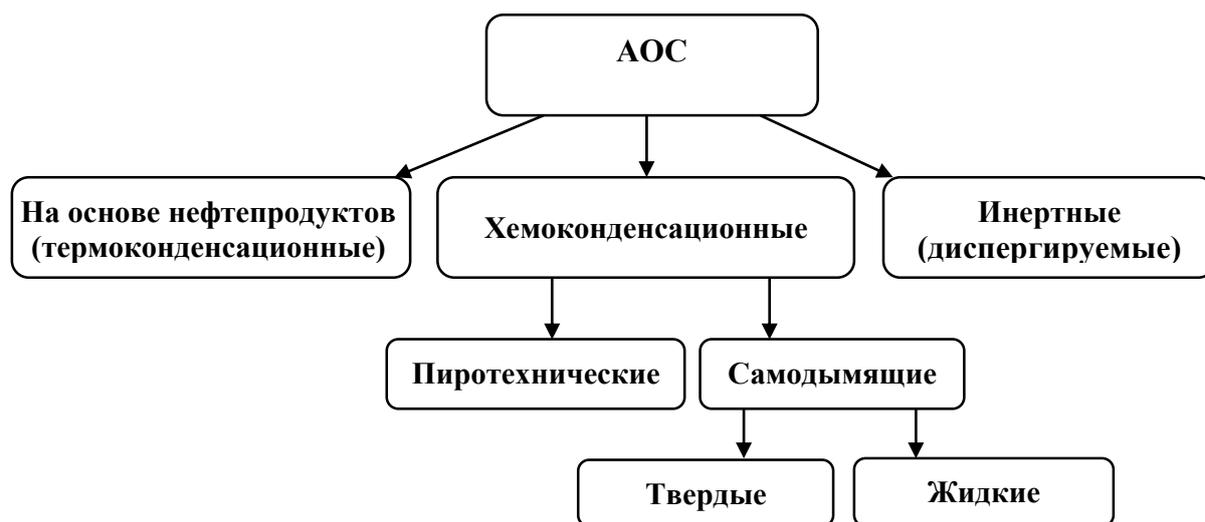


Рис. Классификация аэрозолеобразующих составов

В состав АОС на основе нефтепродуктов, в зависимости от вида, могут входить следующие компоненты: коксовый дистиллят, экстракты селективной очистки масел, соляровое масло, дизельное топливо, авиационный керосин, а также присадки АзНИИ-ЦИАТИМ и Агидол [4, с. 73].

В результате применения АОС на основе нефтепродуктов в окружающую среду выбрасываются аэрозоли, содержащие как непосредственно компоненты АОС, так и продукты сгорания топлива. Отдельные компоненты токсичны, а некоторые, например коксовый дистиллят, могут вызывать сильное раздражение кожных покровов вплоть до образования экзем.

Хемоконденсационными называют аэрозоли, образованные в результате химического взаимодействия между испаренными компонентами двух или нескольких веществ, либо в результате их взаимодействия с компонентами атмосферы – кислородом воздуха и парами воды.

Пиротехнические составы, входящие в состав дымовых гранат и шашек, создают аэрозоль за счет конденсации веществ, образованных в результате протекающих экзотермических реакций между компонентами исходного вещества. К пиротехническим АОС относятся хлоратно-нашатырно-антраценовые (ХНА), металлохлоридные и металлонитратные составы [3, с. 54].

ХНА аэрозолеобразующие смеси относятся к термовозгоночным, поскольку аэрозолеобразователь непосредственно в готовом виде входит в состав смеси, а пересыщенный пар образуется в результате его возгонки от тепловой энергии протекающих экзотермических реакций. Аэрозолеобразующим веществом в этих составах выступает хлористый аммоний ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ , нашатырь), в качестве горючего (восстановителя) – антрацен-сырец ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ ), а роль окислителя играет хлорат калия ( $\text{KClO}_3$ , «бертолетова соль»).

В результате возгонки ХНА составов образуются жидкие частицы  $\text{NH}_4\text{Cl} \times n\text{H}_2\text{O}$  и побочные продукты  $\text{KCl}$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ , также возможно образование  $\text{NH}_3$  и  $\text{HCl}$ .

Образование аэрозоля из хлоратно-антраценового (ХА) аэрозолеобразующего состава происходит в результате термического разложения углеводородных соединений, в качестве которых используют технический антрацен, содержащий в виде примесей фенантрен, нафталин и другие углеводороды. В качестве окислителя используют хлорат калия. Цвет аэрозоля, образующегося из ХА состава, черный, что обусловлено значительным содержанием в нем высокодисперсных частиц сажи.

Металлохлоридные пиротехнические составы в качестве горючих элементов (восстановителей) содержат горючие металлы (алюминий, магний и их сплавы), а в качестве окислителей – хлорорганические вещества (гексахлорэтан ( $\text{C}_2\text{Cl}_6$ ), гексахлорбензол ( $\text{C}_6\text{Cl}_6$ ) и ряд других парафинов). Для обеспечения требуемых скоростей горения в эти смеси введены оксиды железа и ряд добавок технологического порядка, а также флегматизаторы и катализаторы. В современных составах вместо оксидов железа введен оксид цинка. В процессе горения этих составов происходит процесс взаимодействия горючих металлов с продуктами термического разложения хлорсодержащего органического окислителя. Образующиеся пары хлоридов металлов, охлаждаясь в воздухе, конденсируются в твердые аэрозольные частицы, которые в дальнейшем поглощают влагу воздуха и переходят в жидкое состояние. В дисперсной фазе аэрозоля помимо хлоридов металлов ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ), входящих в АОС, содержатся небольшое количество их оксидов, частицы неокислившегося углерода, его оксид и окись. Также возможно выделения фосгена ( $\text{COCl}_2$ ) – удушающего газа, что обуславливает необходимость обязательной защиты органов дыхания при применении средств на основе этих АОС.

Основными компонентами, обеспечивающими образование аэрозоля из металлонитратных смесей, является металлическое горючее (магний, порошок алюминиево-магниевый сплав) и кислородосодержащие окислители (нитраты натрия  $\text{NaNO}_3$  или  $\text{KNO}_3$ ). Образующиеся в ходе химических реакций пары оксидов металлов конденсируются в высокодисперсный аэрозоль.

Основными компонентами АОС на основе красного фосфора является либо собственно красный фосфор, либо различные фосфорные соединения (фосфиды, полифосфиды). Для перевода фосфора в газообразное состояние эти пиротехнические составы дополнительно содержат термические смеси на основе металлического горючего и кислородосодержащие окислители (нитраты калия или натрия).

Фосфор, активно взаимодействующий с кислородом и влагой воздуха образует различные фосфорные кислоты ( $H_2PO_4$ ,  $H_4P_2O_7$ ,  $HPO_3 \times nH_2O$ ).

Белый фосфор, благодаря свойству самовоспламеняться при температуре  $50^\circ C$ , получил применение в дымовых боеприпасах взрывного действия, крайне ядовит, при контакте с кожей вызывает серьезные ожоги [1, с. 216].

Не требуют для образования аэрозоля источника тепла самодымящиеся аэрозолеобразователи. Эти вещества способны реагировать с парами атмосферной влаги, образуя конденсирующийся продукт. Для постановки аэрозольной завесы самодымящиеся вещества достаточно распылить или просто выбросить в воздух в виде струи. Вся необходимая для образования аэрозоля энергия выделяется при химической реакции. К числу самодымящихся относятся многие вещества, пары которых способны к реакциям гидролиза, например триоксид серы – серный ангидрид, четыреххлористый титан, четыреххлористый кремний.

Серный ангидрид присоединяет воду и превращается в серную кислоту, способную поглотить из атмосферы дополнительное количество воды. Это вещество способно образовать на единицу массы почти столько же аэрозоля, что и фосфор. В чистом виде серный ангидрид применять неудобно, поскольку он при хранении полимеризуется и превращается в твердую массу. В следствие этого его используют в виде раствора (хлорсульфоновая кислота –  $HOClSO_2$ ), также являющегося хорошим самодымящим веществом. При этом при взаимодействии с парами воды выделяется соляная кислота. Раствор  $SO_3$  в хлорсульфоновой кислоте впервые применили немцы в первую мировую войну для прикрытия минных атак на английский флот в Ютландском бою. Во вторую мировую войну этот состав применялся советскими морями для прикрытия десантных операций. Он также использовался флотом США в морских сражениях с японцами.

Помимо самодымящихся смесей на основе серного ангидрида достаточно широко известны АОС на основе фторсульфоновой кислоты, хлористого тионила, однохлористой серы и других галогенидов серы; галогенидов и оксигалогенидов фосфора; галогенидов сурьмы, мышьяка, кремния, олова, титана, бора и комбинации галогенидов с аммиаком.

Кроме того, известны составы из четыреххлористого кремния и треххлористого фосфора в сочетании с водными растворами аммиака, а также АОС на основе кремнийорганических соединений с аммиаком или без него и гидридов кремния.

К началу 80-х гг. был разработан ряд унитарных и бинарных АОС на основе кремнийорганических соединений.

При выбросе унитарного АОС в атмосферу в результате взаимодействия с парами воды мгновенно образуется аэрозоль. Он состоит из смеси кремнийорганического полимера ( $[CH_3SiO_{1.5}]_n$ ) и солянокислого триэтиламина  $(C_2H_5)_3NHCl$ , являющегося раздражающим гипераллергеном, который может вызывать серьезные кожные заболевания.

Полимерные аэрозолеобразующие составы представляют собой аэрозоль из моноэтаноламина, который создается фреоновым генератором. Их преимущество перед остальными АОС – создание неконтрастных, относительно фона местности, завес, которые достигаются введением в полимерный аэрозоль обычных красителей или металлов. К преимуществам можно также отнести неагрессивность моноэтаноламина к конструкционным материалам. Высокая же токсичность и стойкость этого соединения делает его применение недопустимым. Так, при создании аэрозольной завесы из моноэтаноламина с показателем эффективности

$MM/J_c = 0,5...0,25 \text{ г/м}^2$ , где  $MM$  – маскирующая масса,  $\text{г/м}^2$ ,  $J_c$  – «интеграл концентрации» аэрозоля,  $\text{г/м}^2$  на местности возникает превышение ПДК по моноэтаноламину [6, с. 24].

Бинарные АОС в качестве компонентов содержат четыреххлористый кремний ( $\text{SiCl}_4$ ), гексахлордисилоксан ( $\text{Cl}_3\text{SiOSiCl}_3$ ) и водный раствор аммиака, а также ряд примесей в виде хлорида титана и высших силоксанов. При диспергировании и смешивании исходных компонентов под влиянием влаги образуется аэрозоль, состоящий из двуоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) и хлористый аммоний ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Инертные диспергируемые составы на основе коллоидного или модифицированного графита и углеродно-волокнистых материалов сегодня рассматриваются в качестве перспективных АОС. Однако, их широкому применению в генераторах и боеприпасах препятствуют низкие эксплуатационные показатели.

Предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ в воздухе и воде приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

**Предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ в воздухе, ( $\text{мг/м}^3$ )**

№ п/п	Загрязняющее вещество	ПДК м.р.	ПДК с.с.
1	Твердые (пыль)	0,5	0,15
2	Углерод	0,15	0,05
3	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, $\text{SiO}_2$ в %		
	> 70	0,15	0,05
	20-70	0,3	0,1
	< 20	0,5	0,15
4	Аммоний хлорид, $\text{NH}_4\text{Cl}$	0,1	0,2
5	Аммиак, $\text{NH}_3$	0,2	0,04
6	Калий хлорид, $\text{KCl}$	0,3	0,1
7	Цинк оксид, $\text{ZnO}$	-	0,02
8	Магний оксид, $\text{MgO}$	0,4	0,05
9	Сера оксид, $\text{SO}_2$	0,5	0,05
10	Серная кислота, $\text{H}_2\text{SO}_4$	0,3	0,1
11	Гидрохлорид, $\text{HCl}$	0,2	0,1
12	Триэтиламин, $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{N}$	0,14	-

ПДК с.с. – ПДК среднесуточная

ПДК м.р. – ПДК максимальная разовая

Таблица 2

**Предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ в воде водных объектов, ( $\text{мг/л}$ )**

№ п/п	Наименование вещества	Величина ПДК, $\text{мг/л}$	Класс опасности
1	Аммиак, $\text{NH}_3$	1,5	4
2	Магний оксид, $\text{MgO}$	50	3
3	Сульфаты (по $\text{SO}_4$ )	500	4
4	Триэтиламин, $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{N}$	2	2
5	Хлориды (по $\text{Cl}$ )	350	4
6	Железо (включая хлорное железо), $\text{Fe}$	0,3	3
7	Фосфор элементный (красный), $\text{P}$	0,0001	1
8	Хлор, $\text{Cl}_2$	отсутствие	3
9	Титан, $\text{Ti}$	0,1	3
10	Кремний, $\text{Si}$	10	2
11	Моноэтаноламин, $\text{C}_2\text{H}_7\text{OH}$	0,5	2

Таким образом, подводя итог вышеизложенному, помимо эксплуатационных и экономических показателей эффективности, учитывая возможные масштабы применения средств АЭП встает вопрос об экологичности используемых АОС.

#### **Список литературы**

1. Довгуша В.В., Кудрин И.Д., Тихонов М.Н. Введение в военную экологию. – Л.: МО, 1995. – 496 с.
2. Капустин И.В., Карташов Е.Д., Сорокин А.В. Основы аэрозольного противодействия // Кострома: ВА РХБЗ имени С.К. Тимошенко, 2010. – 91 с.
3. Капустин И.В., Карташов Е.Д., Сорокин А.В., Бетехтин А.Н. Технические средства аэрозольного противодействия // Кострома: ВА РХБЗ имени С.К. Тимошенко, 2010. – 218 с.
4. Поляков А.П., Ковалев А.П. Основные термины и их определения в области эксплуатации космических средств и экологического обеспечения. Справочное пособие. – СПб.: ВИКА им. А.Ф. Можайского, 1996. – 224 с.
5. Радиационная, химическая и биологическая защита: учебник / С.Б. Варющенко, П.Р. Гильванов, Д.Г. Колесов и др.; под ред. С.Б. Варющенко, С.В. Косырева. – 2-е изд., переработанное и дополненное. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2010. – С. 468–475.
6. Суворов С.В., Капустин И.В. Справочник по расчетам постановки аэрозольных завес // Кострома: ВА РХБЗ имени С.К. Тимошенко, 2017. – 80 с.

## СЕКЦИЯ «НАУКИ О ЗЕМЛЕ»

### РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ УСПЕШНОСТИ СВЕРХКРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА (СКП) СКОРОСТИ РОСТА ФРОНТАЛЬНОЙ ОБЛАЧНОСТИ

*Грибановская С.В.*

Российский государственный гидрометеорологический университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

В статье автор рассматривает необходимость оценки успешности метеорологических прогнозов. Выбирает метод. Приводит основные результаты.

*Ключевые слова:* сверхкраткосрочный прогноз, атмосферный фронт, инерционный и экстраполяционный прогноз, ошибка прогноза.

Модель сверхкраткосрочного прогноза (СКП) скорости роста фронтальной облачности вдоль направления перемещения фронта, основная на предложенной автором формуле следующего вида, [1]

$$V_{\partial t} = \frac{\partial S}{\partial t} = \left[ k_1 \left( \frac{\partial F_2}{\partial S} + \Delta Q_0 \right) + k_2 \frac{\partial T}{\partial S} \right] \frac{\Delta E_0}{\rho_h},$$

как и любая модель нуждается в оценке успешности.

Методика проведения оценки точности СКП скорости роста фронтальной облачности вдоль направления перемещения фронта заключается в следующем. Каждая серия исходных данных: набор синоптических карт и серии снимков «разбивается» на две части. По первой – «зависимой» рассчитывается параметр фронтогенеза и горизонтальный градиент температуры на границе облачного образования, связанного с фронтом. По второй части – «независимой» производится оценка точности того или иного метода СКП.

В основе применения численных методов для анализа полей метеорологических величин лежит представление их в виде векторов. Оно осуществляется в два этапа: сначала выбирается система точек (здесь можно использовать пары характерных точек контура фронтальной облачности), что сводится к их нумерации в определенной последовательности. Векторная интерпретация позволяет рассматривать всевозможные векторы как элементы N-мерного евклидова пространства и, соответственно, позволяет применять к ним методы функционального анализа. Важно всегда использовать одну и ту же систему точек и введенный на ней порядок нумерации точек. Кроме того, сравнивать можно только векторы, образованные из метеорологических величин одной и той же природы, к примеру, ширину фронтальной облачности.

Эти рассуждения верны для случайных величин с нулевым математическим ожиданием, но в данном случае важно то, что рассматриваемые статистические характеристики практически совпадают с векторными характеристиками. Это позволяет дать полезную интерпретацию стандартно вычисляемым статистическим характеристикам.

Для полной оценки качества численного прогноза следует пользоваться комплексом разных характеристик успешности, в частности, и средней квадратической ошибкой, и коэффициентом корреляции. Хотя в оперативной практике наибольшее распространение получила средняя относительная ошибка прогноза. А абсолютная

ошибка прогноза, поскольку является величиной по смыслу близкой к среднему квадратическому отклонению, обычно заменяет его в метеорологических оценках, так как рассчитывается гораздо проще и быстрее по следующей формуле

$$error_a = |\bar{M}^n - \bar{M}^\phi| = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |M_i^n - M_i^\phi|,$$

где  $\bar{M}^\phi$  фактически измеренное значение,  $\bar{M}^n$  прогнозированное значение метеовеличины.

Легко преобразуем эту формулу для случая инерционного прогноза, тогда

$$error_u = |\bar{M}^u - \bar{M}^\phi| = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|M_i^u - M_i^\phi\|$$

где  $\bar{M}^u$  значение величины, полученные в ходе инерционного прогноза.

Показателем превышения успешности методического прогноза над инерционным является средняя относительная ошибка прогноза. Ее найдем по следующей формуле

$$error = \frac{|\bar{M}^n - \bar{M}^\phi|}{|\bar{M}^u - \bar{M}^\phi|}.$$

Относительная ошибка является величиной, ограниченной с одной стороны нулем, так как для идеального прогноза числитель выражения, стоящего в правой части формулы, обращается в нуль. И если методический прогноз должен быть всегда лучше инерционного, оценка ограничена и с другой стороны, поскольку  $\bar{M}^n = \bar{M}^u$  и  $error = 1$  для случая инерционного прогноза. Именно наличие ограниченного вида  $0 \leq error \leq 1$ , делает относительную ошибку более удобной для восприятия прогнозистом, чем абсолютную.

Тогда анализ результатов численных экспериментов показал следующее:

1. Учет моделью притоков тепла и влаги практически во всех случаях (вне зависимости от типа фронта и времени года, суток) позволяют повысить точность сверхкраткосрочного прогноза в 1,5 раза, т.е. на 35-50% при заблаговременности прогноза до 12 часов.

2. Учет моделью параметра фронтогенеза так же во всех случаях (вне зависимости от типа фронта и времени года и суток) повышает точность СКП скорости роста фронтальной облачности вдоль направления перемещения фронта на 17-47% при заблаговременности прогноза до 12 часов.

3. Повышает точность прогноза скорости роста фронтальной облачности вдоль направления перемещения фронта при заблаговременности прогноза до 12 часов и учет моделью горизонтального градиента температуры. Вклад данного параметра в точность сверхкраткосрочного прогноза так же не зависит от времени суток, времени года и типа фронта.

4. В ходе численных экспериментов по определению значений эмпирических коэффициентов модели была выявлена зависимость коэффициента  $k_I$  модели от изменения скорости ветра на границах фронтальной облачной полосы.

5. Были найдены и оптимальные значения эмпирических коэффициентов модели  $k_I$ . При условии  $\left( |\vec{V}_{50}|_{i+1,j} - |\vec{V}_{50}|_{i,j} \leq 2,5 \left[ \frac{m}{сек} \right] \right)$  коэффициент модели

$$k_I = 2,5 \cdot 10^3 \left[ \frac{m^2 сек}{K} \right] \text{ вне зависимости от типа фронта и заблаговременности СКП.}$$

А при условии этот же  $\left( \left| \vec{V}_{50} \right|_{i+1,j} - \left| \vec{V}_{50} \right|_{i,j} > 2,5 \left[ \frac{m}{сек} \right] \right)$  коэффициент оказывается равным  $k_1 = 1,5 \cdot 10^3 \left[ \frac{m^2 сек}{K} \right]$ .

6. Также в ходе численных экспериментов по определению значений эмпирических коэффициентов было установлено, что в качестве эмпирического коэффициента в формуле для определения изменения ширины фронтальной облачной полосы вдоль направления перемещения фронта может быть использован минимальный градиент температуры, при котором синоптики считают, что фронт существует. То есть  $k_2 = \left( \frac{8^0 C}{1000 км} \right)$ .

7. В ходе численных экспериментов были проанализированы средние относительные и абсолютные ошибки СКП при заблаговременности до 12 часов.

Величина средней относительной ошибки прогноза с заблаговременностью 3 часа увеличивается по мере удаления от центра циклона. Наибольшая величина средней относительной ошибки прогноза наблюдается для фронтальной облачности связанной с фронтом окклюзии в точке максимального удаления от центра циклона, при этом успешность методического прогноза в 6 раз выше, чем успешность инерционного. А минимальное значение средней относительной ошибки СКП наблюдается для случая теплого фронта вблизи центра циклона. Здесь превышение успешности методического прогноза над инерционным составляет 15,15 км/3 часа.

В случае резкой смены тенденции изменения ширины фронтальной облачности методический прогноз хорошо отражает эту тенденцию. Инерционный прогноз так же отражает смену знака изменения ширины фронтальной облачности, но с задержкой на 3 часа и амплитуда изменения так же значительно отличается от фактически наблюдаемой.

Так при 3 часовой дискретности прогноза минимальное значение средней относительной ошибки методического прогноза наблюдается для случая теплого фронта вблизи центра циклона, в то время как для экстраполяционного прогноза минимум наблюдается для холодного фронта также вблизи центра циклона. Максимальное значение средней относительной ошибки методического прогноза так же как экстраполяционного наблюдается для фронта окклюзии в самой удаленной от центра циклона точке. В тоже время средняя относительная ошибка экстраполяционного прогноза максимально превышает среднюю относительную ошибку методического в 1,7 раза в первой общей точке (т.е. в непосредственной близости от центра циклона) теплого фронта. А минимальное превышение составляло 1,5 раза и наблюдалось также для теплого фронта.

При шестичасовой заблаговременности прогноза скорости роста облачной полосы средняя относительная ошибка экстраполяционного прогноза превышает среднюю относительную ошибку методического прогноза вне зависимости от типа фронта. Максимальное превышение средней относительной ошибки экстраполяционного прогноза над ошибкой методического прогноза может быть выражено соотношением и наблюдается для случая теплого фронта в точке наиболее удаленной от центра циклона. Минимальное же значение этого превышения наблюдалось для случая фронта окклюзии и составило 1,8 раза.

При девятичасовом прогнозе изменения ширины облачного массива, связанного с атмосферным фронтом вдоль линии перемещения этого фронта средняя относительная ошибка методического прогноза ниже, чем средняя относительная ошибка экстраполяционного прогноза. Максимальное превышение средней относительной ошибки экстраполяционного прогноза над методическим наблюдалось в случае теплого фронта и составило 1,8 вблизи центра циклона. Минимальное же превышение составило 1,5 раза и наблюдалось также для случая теплого фронта на максимальном удалении от центра циклона.

#### Список литературы

1. Грибановская С.В. Методика расчета роста фронтальной облачности/ Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2012. – № 23. С. 59-65.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ г. УЛАН-УДЭ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ р. СЕЛЕНГА И оз. БАЙКАЛ

*Иванов А.В.*

студент химического факультета,  
Бурятский государственный университет, Россия, г. Улан-Удэ

В статье рассматривается влияние сброса сточных вод с городских очистных сооружений на р. Селенга и оз. Байкал. Данная деятельность на Байкальской природной территории (БПТ) регулируется множеством законодательных актов, направленных на сохранение и улучшение экологической ситуации в Байкальском регионе. Однако, сточные воды, сбрасываемые с очистных сооружений г. Улан-Удэ, не соответствуют установленным законодательством требованиям.

*Ключевые слова:* очистные сооружения, сточные воды, озеро Байкал, Байкальская природная территория, город Улан-Удэ.

Основным источником загрязнения поверхностных вод в городе Улан-Удэ как качественно, так и количественно являются очистные сооружения канализации, Левобережные и Правобережные. Сточные воды после прохождения процесса очистки сбрасываются в р. Селенга – главный приток оз. Байкал.

За 2016 г. на Правобережные очистные сооружения на очистку поступило 15938,64 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод. На Левобережные очистные сооружения поступило 492,95 тыс. м<sup>3</sup>. Количество веществ, сброшенных в реку Селенга по окончании очистки, показано в таблице 1 [1].

Таблица 1

#### Количество веществ, сброшенных в реку Селенга после очистки сточных вод, кг

№ п/п	Наименование вещества	Правобережные очистные сооружения	Левобережные очистные сооружения
1	2	3	4
1	Железо	3753,640	138,385
2	Медь	61,767	6,094
3	СПАВ-1	1697,354	71,391
4	Нитрат-ион	2202152,992	78339,504

Окончание табл. 1

1	2	3	4
5	Нитрит-ион	68733,531	2800,930
6	Азот аммонийный	114765	9849
7	Сульфаты	772038	59492
8	Фенолы	70,125	3,211
9	Хлориды	803724	140484
10	Нефтепродукты	631	46
11	Сухой остаток	7215232	518035
12	Фосфор фосфатный	68204	3249
13	Взвешенные вещества	180247	5846
14	БПК (полн.)	160944	5428
15	Никель	3,895	0,000
16	Цинк	509,144	14,626
17	ХПК	660112,344	30888,392
18	Хром	29,177	1,344

Мы сравнили эти данные с допустимыми значениями концентраций веществ, установленными для БПТ Приказом Минприроды России от 05.03.2010 г. №63 "Об утверждении нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал и перечня вредных веществ, в том числе веществ, относящихся к категориям особо опасных, высокоопасных, опасных и умеренно опасных для уникальной экологической системы озера Байкал" (табл. 2).

Таблица 2

**Сравнение фактических концентраций веществ в сбросах очистных сооружений и ПДК по Приказу МПР № 63 от 05.03.2010 г.**

№ п/п	Наименование вещества	Концентрация веществ на Правобережных очистных сооружения, мг/л	Концентрация веществ на Левобережных очистных сооружения, мг/л	ПДК по Приказу МПР № 63, мг/л	Превышение концентрации
1	2	3	4	5	6
1	Железо	0,24	0,28	0,2	в 1,2-1,4 раза
2	Медь	0,004	0,012	0,008	в 1,5 раза
3	СПАВ-1	0,11	0,14	0,015	в 7-9 раз
4	Нитрат-ион	138,16	158,92	3,0	в 46-53 раза
5	Нитрит-ион	4,31	5,68	0,06	в 71-95 раз
6	Азот аммонийный	7,2	19,98	0,4	в 18-50 раз
7	Сульфаты	48,44	120,69	25,0	в 2-5 раз
8	Фенолы	0,004	0,006	0,02	без превышения
9	Хлориды	50,4	284,99	12,0	в 4-24 раза
10	Нефтепродукты	0,04	0,09	0,05	в 1,8 раз
11	Сухой остаток	452,69	1050,89	-	в 2-4,5 раза
12	Фосфор фосфатный	4,28	6,59	1,0	в 4,3-6,6 раз
13	Взвешенные вещества	11,31	11,86	5,0	в 2,2-2,4 раза

1	2	3	4	5	6
14	БПК (полн.)	10,0	11	10,0	в 1,1 раза
15	Никель	0,00024	0,000	0,008	без превыше- ния
16	Цинк	0,032	0,03	-	в 1,5 раза
17	ХПК	41,42	62,66	34,0	в 1,2-1,8 раз
18	Хром	0,002	0,003	0,008	без превыше- ния

Видно, что сбрасываемые после очистки на Левобережных и Правобережных очистных сооружениях канализации сточные воды не соответствуют установленным для Байкальской природной территории Приказом МПР от 5.03.2010 г. №63 требованиям по большинству показаний. Концентрации некоторых веществ превышены в десятки раз. В первую очередь это азот- и фосфорсодержащие соединения.

Именно повышенное содержание этих соединений в воде привело к усилению вегетации водорослей рода *Spirogyra* на оз. Байкале. Происходит угнетение аборигенных видов флоры и фауны, в первую очередь байкальской губки, очищающей озеро от грязи, и ухудшение качества воды вследствие этого. А так как р. Селенга является крупнейшим притоком озера, высокие концентрации азот- и фосфорсодержащих соединений в сбросах очистных сооружений города Улан-Удэ можно отнести к одним из основных причин появления таких водорослей.

Также сброс неочищенных стоков отрицательно влияет на численность байкальского омуля – одного из эндемиков Байкала. Многолетний мониторинг, проведенный «Байкалрыбзаводом», показывает неутешительные результаты. Если выживаемость омулевой икры до створа выпуска сточных вод с городских очистных сооружений составляет 50%, то ниже створа – меньше 5%.

Главной причиной сброса неочищенных сточных вод является то, что Правобережные очистные сооружения за более чем 50 лет работы ни разу не подвергались модернизации, а Левобережные очистные сооружения, открытые в 1990 г., были построены с использованием устаревших технологий. Более того, очистные сооружения принимают стоки от крупных промышленных предприятий города, таких как Улан-Удэнский Локомотивовоагоноремонтный завод, Улан-Удэнский авиационный завод и АО «Молоко Бурятии». Их сточные воды содержат множество различных веществ, наличие которых в стоках усложняют очистку на городских очистных сооружениях. Сброс сточных вод в систему канализации после прохождения локальных очистных сооружений на данных предприятиях способствовало бы повышению эффективности очистки сточных вод на очистных сооружениях города и снижению воздействия на природные водоемы, в которые они сбрасываются.

В настоящий момент во исполнение Федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012-2020 годы» начинается реконструкция Правобережных очистных сооружений канализации г. Улан-Удэ. Согласно планам, ожидается снижение воздействия на водные объекты Байкальской природной территории путем сокращения объемов сбросов загрязненных сточных вод и улучшение экологической обстановки в городе.

Согласно техническому заданию проектом новых очистных сооружений г. Улан-Удэ должна быть предусмотрена технология глубокой денитрификации и дефосфотации, а также доочистка от органических загрязнений, биогенных элементов и поверхностно-активного вещества. В дополнение к этому предусматривается использование ультрафиолетового излучения для обеззараживания сточных вод.

Однако данный проект не решает задачу, поставленную Федеральной целевой программой – снижение объемов сброса загрязненных сточных вод с очистных сооружений. Тем более, в связи с развитием города можно ожидать еще и его существенного увеличения. В связи с этим многие экологи и ученые ставят под сомнение необходимость строительства новых очистных сооружений в Улан-Удэ и предлагают рассмотреть другие варианты, при которых возможно решение поставленной задачи, а также возможное использование сточных вод в хозяйстве [2].

Остается надеяться, что предусмотренный проект поможет изменить сложившуюся в Байкальском регионе ситуацию с загрязнением водоемов в положительную сторону и снизить количество сбрасываемых в р. Селенга веществ до требуемых значений.

#### **Список литературы**

1. <http://водоканал03.пф/wp-content/uploads/2017/03/Очистка-сточных-вод-2016-год.docx> (дата обращения: 25.10.2017).
2. <http://baikal-mir.ru/2017/02/21/novye-ochistnye-sooruzheniya-ulan-ude-bessmyslennu> (дата обращения: 27.10.2017).

## **РАЗВИТИЕ ИЗОТОПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*Малов А.И.*

д-р геол.-мин. наук, доцент, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН, Россия, г. Архангельск

Выполнены исследования изотопного состава подземных вод Мезенской синеклизы и произведено их датирование по комплексу изотопов углерода и урана. Это позволило выделить наименее защищенные от поверхностных загрязнений участки развития пресных подземных вод. Также установлены закономерности формирования повышенной радиоактивности минеральных вод вблизи окислительно-восстановительного барьера в водоносном горизонте.

*Ключевые слова:* подземные воды, изотопы урана и углерода, датирование.

Изотопные индикаторы являются эффективным инструментом для уточнения концептуальных моделей подземных вод и стратегии их управления, в том числе мероприятий по охране. В то же время, использование их по-отдельности не всегда позволяет осуществить полный учет всех факторов, необходимых для решения поставленных задач. Это связано с открытостью системы подземных вод, обуславливающей активное взаимодействие последних с горными породами, газами и органическим веществом и приводящей к сравнительно быстрым изменениям изотопного состава. Поэтому целесообразно совместное использование по возможности более широкого комплекса разнообразных изотопов, имеющих индивидуальную специфику в отражении влияния различных факторов. В качестве таковых нами использована информация о распределении изотопов углерода и урана.

Выполнена обработка результатов аналитических исследований проб воды, отобранных из скважин и источников на территории Мезенской синеклизы [3, с. 74] и произведено датирование различных типов подземных вод по комплексу изотопов. При обработке и интерпретации результатов определений изотопов углерода использовались: Mook's модель, учитывающая изотопный обмен между  $\text{CO}_2$  и растворенным неорганическим углеродом (РНУ) и Han and Plummer's модель, учитывающая изотопный обмен между твердыми карбонатами и РНУ [7, с. 129]. Для обработки уран-изотопных определений была использована Malov's модель [5, с. 276; 6, с. 61]. Характеристика геолого-гидрогеологических условий территории исследований приведена в [2, с. 431].

Минимальное значение общей суммы растворенных веществ в воде (TDS) 77 мг/л получено в истоках реки Золотицы, имеющих болотное питание; здесь также минимальна концентрация U: 0.08 мкг/л. TDS ниже карьера разрабатываемого месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова повышается до 196 мг/л вследствие смешения поверхностных вод с дренажными водами карьера, соответственно увеличивается и концентрация U до 1.88 мкг/л. Вода реки Белая, дренирующей карбонатные отложения, имеет соответствующую TDS 151 мг/л и концентрацию U 0.68 мкг/л.

Для грунтовых вод четвертичных и каменноугольных отложений на месторождении алмазов, залегающих до глубины 20-30 м, также характерны низкие содержания U: 0.13-0.25 мкг/л. Поэтому возраст этих вод по изотопам  $^{14}\text{C}$ - $^{13}\text{C}$  определяется как «современный», а по изотопам  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$  находится в интервале 70-130 лет. Водоносный горизонт четвертичных отложений на территории Северо-Двинской впадины имеет напорный характер, вследствие закрытости с поверхности глинистыми отложениями. Поэтому TDS возрастает до 463 мг/л, содержание U – до 2.7 мкг/л,  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$  возраст – до  $400 \pm 60$  лет. Отношение активностей изотопов урана  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  во всех выше охарактеризованных типах вод несколько повышено по сравнению с равновесным и находится в интервале от  $1.35 \pm 0.21$  до  $2.23 \pm 0.34$ .

Еще более высокие значения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  от  $3.43 \pm 0.51$  до  $5.26 \pm 0.68$  установлены в пресных водах, содержащихся в верхней части трубки Архангельская на месторождении алмазов им. М.В. Ломоносова, что свидетельствует о частичной адсорбции перераспределяемого здесь U. В этом случае при радиоактивном распаде  $^{238}\text{U}$  интенсивность перехода  $^{234}\text{U}$  в воду увеличивается примерно в 4 раза по сравнению с вероятностью перехода непосредственно из водовмещающих пород [4, с. 666]. В верхней части трубки породы представляют собой чередование туффогенно-осадочных песчано-глинистых отложений с кимберлитовыми брекчиями, разубоженными также песчано-глинистым материалом вмещающих пород венда. Это определяет низкие скорости фильтрации подземных вод, низкие скорости объемного растворения пород и повышенную адсорбцию U. Однако, длительное нахождение подземных вод в водоносном горизонте 4.6-7.4 тысяч лет обусловило повышенные концентрации U 2.5-3.8 мкг/л.

Отложения падуновской свиты венда на месторождении алмазов им. М.В. Ломоносова имеют относительно высокие фильтрационные свойства (коэффициент фильтрации  $k_f$  порядка 1 м/сутки), время полного водообмена по гидравлическим расчетам составляет 0.25 – 14 тыс. лет [1, с. 512]. Примерно такие же значения получены и по изотопам  $^{14}\text{C}$ - $^{13}\text{C}$  и  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$ . Наблюдается прямая зависимость концентраций урана в воде от времени контакта ее с породами в водоносном горизонте (рис. а).

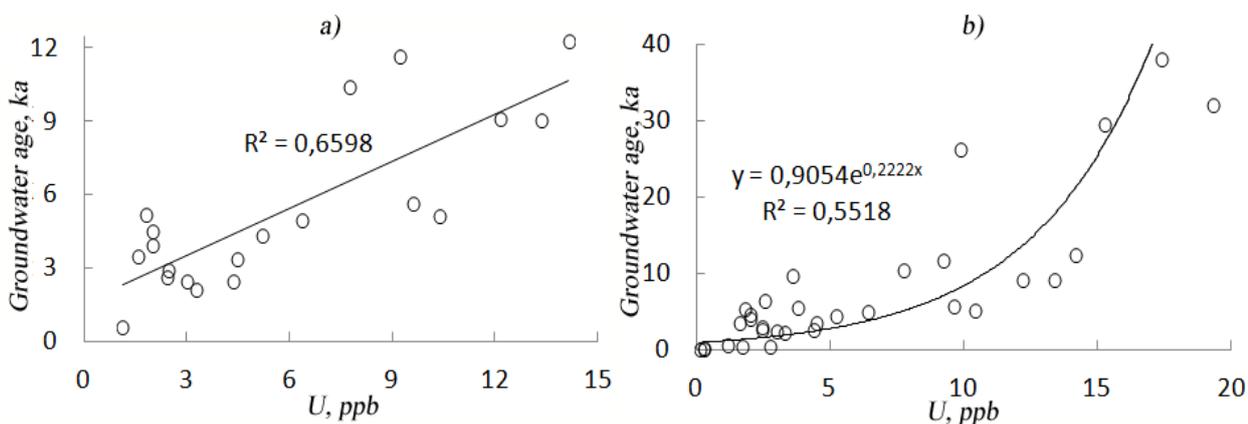


Рис. Зависимость концентраций U в подземных водах от их возраста: а) для водоносного горизонта песчаников и алевролитов падунской свиты венда в районе месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова, б) для всех опробованных подземных вод

Это можно связывать с преобладанием процессов объемного растворения вмещающих пород слабоминерализованными водами, недосыщенными по отношению к большинству минералов. Отношение  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  в пресных водах находится примерно в интервале 2-3, независимо от их возраста.

Для водоносного горизонта падунской свиты венда на территории Северо-Двинской впадины характерно снижение фильтрационных свойств и повышенная мощность перекрывающих глинистых отложений. Поэтому пресные воды здесь встречаются редко и только в одной скважине (Лесное) характеризуются окислительной для урана обстановкой, для остальных опробованных скважин характерны восстановительные условия. По скважине Лесное концентрация U составила 1.7 мкг/л, отношение активностей  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$   $1.43 \pm 0.21$ ;  $^{14}\text{C}$ - $^{13}\text{C}$  и  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$  возраста определены как «современный» и ~300 лет, соответственно. По остальным опробованным скважинам концентрации U снижаются до 0.02-0.09 мкг/л, а отношения активностей  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$  возрастают от  $1.54 \pm 0.23$  до  $5.81 \pm 0.88$ .

Для солоноватых минеральных вод скважины и источника Куртьево определенные по изотопам  $^{14}\text{C}$ - $^{13}\text{C}$  возраста составляют 9.7 и 16.3 тыс. лет, соответственно. Эти воды заключены в прослое флювиогляциальных песчано-гравийных отложений последнего ледникового, залегающем на песчано-глинистых отложениях микулинского межледникового и щелочных ультраосновных породах «трубки взрыва» и перекрытом моренными суглинками. Для них характерны высокие значения щелочности 7-10 ммоль/кг и очень низкие  $\delta^{13}\text{C}$  от -17.4 до -19.8‰. Концентрации U 0.5-3.6 мкг/л низки для такого возраста подземных вод и обусловлены повышенными сорбционными свойствами песчано-глинистых четвертичных отложений [6, с. 66]. Также это может быть связано с завышением возраста подземных вод по изотопам  $^{14}\text{C}$ - $^{13}\text{C}$  за счет возможного поступления метана с  $\delta^{13}\text{C} < -26\text{‰}$  из обогащенных органикой отложений микулинского моря [2, с. 412]. Для сходных по составу солоноватых вод с концентрацией урана  $1.57 \pm 0.03$  мкг/л в отложениях падунской свиты венда на месторождении алмазов им. М.В. Ломоносова  $^{234}\text{U}$ - $^{238}\text{U}$  возраст определен в  $3.5 \pm 0.7$  тыс. лет.

Для соленых вод отложений падунской свиты венда Северо-Двинской впадины, находящихся в окислительных для U условиях (скважины Мироново, Беломорье-1 и МатигорыМ), характерны максимальные концентрации этого элемента от 9.8 до 19.7 мкг/л, отношения активностей  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  от 4 до 8 и возраст от 27 до 57 тыс. лет. Они располагаются вблизи окислительно-восстановительного барьера.

В восстановительных условиях (скважины Новодвинск, 8mz, Беломорье-2, Лазурный) содержания урана резко падают до 0.05-0.36 мкг/л с возрастанием отношения активностей  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  непосредственно за барьером до  $8.61 \pm 1.35$  и последующим снижением до  $2.97 \pm 0.45$ . В этих водах  $^{14}\text{C} = 0$  pmc. Возраст определен по простой модели радиоактивного распада избытка  $^{234}\text{U}$  в нисходящем потоке воды и находится в интервале от  $>50$  до 580 тыс. лет.

Для всего спектра подземных вод прямая зависимость концентраций урана в воде от времени контакта ее с породами водоносного горизонта трансформируется в экспоненциальную (рис. б). Это связано с постепенным снижением скорости объемного растворения пород при увеличении возраста подземных вод до 14-40 тысяч лет. При этом возрастает роль фактора отдачи, или вероятности выхода  $^{234}\text{U}$  в воду при распаде  $^{238}\text{U}$  в породе (recoil loss factor), что выражается в интенсивном увеличении отношения  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ .

Таким образом, проведенные исследования позволили выделить наименее защищенные от поверхностных загрязнений участки развития пресных подземных вод в четвертичных и каменноугольных отложениях, а также наименее минерализованных подземных вод в отложениях падунской свиты венда. Радиоуглеродный возраст этих вод определяется как «современный». Установлено, что все пресные воды формировались в голоцене. Концентрации U в них коррелируют с возрастом и достигают 14 мкг/л при суммарной альфа-активности до 0.8 Бк/л. Максимальные концентрации до 16-20 мкг/л при суммарной альфа-активности до 1.7 Бк/л установлены в соленых водах с общей минерализацией 8-13 г/л на окислительно-восстановительном барьере в водоносном горизонте. Эти воды формировались в позднем плейстоцене, их радиоуглеродный и уран-изотопный возраст составляет 27-57 тысяч лет. За барьером концентрации U резко падают до 0.1-0.2 мкг/л. Здесь распространены наиболее древние воды с общей минерализацией до 22 г/л и уран-изотопным возрастом 130-580 тысяч лет, соответствующим среднему плейстоцену. В целом, выполненные исследования способствовали уточнению концептуальных моделей подземных вод в изученных гидрогеологических системах и более глубокому пониманию эволюции изотопов урана в системах подземных вод.

### Список литературы

1. Малов А.И. Об исходном составе отложений венда Мезенской синеклизы // Доклады РАН. 2003. Т.392. №4. С. 512-516.
2. Малов А.И. Взаимодействие вода-порода в песчано-глинистых отложениях венда Мезенской синеклизы // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 4. С. 401-413.
3. Малов А.И., Киселев Г.П. Уран в подземных водах Мезенской синеклизы. Екатеринбург: Издательство УрО РАН, 2008. 238 с.
4. Малов А.И., Киселев Г.П., Рудик Г.П. Уран в подземных водах Мезенской синеклизы // Доклады РАН. 2008. Т. 421. № 5. С. 666-669.
5. Малов А.И. Использование геологических реперов для оценки времени нахождения подземных вод в водоносном горизонте по уран-изотопным данным на примере Северо-Двинской впадины // Литология и полезные ископаемые. 2013. Т. 48. № 3. С. 274-285.
6. Malov A.I. Estimation of uranium migration parameters in sandstone aquifers // Journal of Environmental Radioactivity. 2016. Т. 153. С. 61-67.
7. Han L-F., and Plummer N. A review of single-sample-based models and other approaches for radiocarbon dating of dissolved inorganic carbon in groundwater // Earth-Science Reviews. 2016. Т. 152. С. 119-142.

## О ВОСПРОИЗВОДСТВЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСНОГО ФОНДА КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

***Оралова А.Т.***

доцент кафедры промышленной экологии и химии, канд. хим. наук, доцент,  
Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, г. Караганда

***Цой Н.К.***

ст. преподаватель кафедры промышленной экологии и химии, канд. техн. наук,  
Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, г. Караганда

***Цешковская Е.А.***

старший преподаватель кафедры промышленной экологии и химии,  
Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, г. Караганда

***Обухов Ю.Д.***

доцент кафедры промышленной экологии и химии, канд. техн. наук, доцент,  
Карагандинский государственный технический университет, Казахстан, г. Караганда

В статье рассмотрены вопросы воспроизводства лесного фонда путем естественного возобновления леса и лесовыращивания. Дана характеристика основных задач и этапов данных способов в условиях Карагандинской области, Казахстан.

*Ключевые слова:* государственный лесной фонд, Карагандинская область, воспроизводство, лесовыращивание.

Воспроизводство леса является одной из приоритетных задач в области охраны природной среды. Лесной фонд воспроизводят несколькими различными способами, в том числе путем его естественного возобновления.

Перечень мероприятий, используемых для естественного возобновления лесных угодий, включает в себя: сохранение молодых деревьев и подроста при рубке; оставление взрослых деревьев, являющихся источниками обсеменения. Кроме основных мероприятий, следует проводить почвоподготовку, очищать лесосеки, огораживать вырубку, ухаживать за подростом после лесозаготовок.

Поддерживать естественное возобновление следует с целью ускорения роста экономически ценных пород на землях лесного фонда, где без данных мероприятий этот процесс осуществляется плохо, сопровождается гибелью деревьев, особенно молодых, а лесные культуры высаживать нецелесообразно из-за природно-климатических условий.

Работы по содействию естественному возобновлению на различного рода участках (вырубку, гари, прогалины, древостой) включают в себя мероприятия, направленные на создание таких условий, при которых воздействие на такие основные компоненты, как почва и материнские деревья, способствуют улучшению обсеменения площади, появлению и росту самосева, корневых отпрысков и пневой поросли, сохранению молодняка, особенно пород, используемых в промышленности.

Одними из важных мероприятий по поддержанию естественного возобновления являются обеспечение сохранности подроста и молодняка ценных пород деревьев при проведении лесосек, ограждение вырубок, мелиорация почвы путем внесения минеральных удобрений.

Вышеперечисленные работы обеспечивают: восстановление лесного фонда; снижают риск нежелательной смены ценных пород деревьев малоценными; сокращают время, затрачиваемое на восстановление леса и выращивание древесины; уменьшают затраты на восстановление леса; обеспечивают защитные функции леса. Как показывает практика, в условиях достаточно высокой влажности возобновляются до 90 % вырубок березняка [3, с. 74].

Естественное возобновление лесных ресурсов возможно при следующих условиях: обеспечение жизнеспособным подростом; осуществление вегетативного роста поросли на пнях и корневых отпрысках при отсутствии семенного возобновления, когда данный способ является целесообразным.

Одним из важнейших мероприятий по борьбе с засухой, суховеями и пыльными бурями является создание системы полевых защитных лесных полос, которые улучшают микроклимат прилегающих территорий, их водообеспеченность; под их защитой уменьшается скорость ветра, прекращается разрушение почвы. Под защитой системы лесных полос создаются условия, которые способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Также для возобновления лесного фонда используют выращивание деревьев на плантациях. Плантации представляют собой земельные площади, отведенные под насаждения достаточно быстрорастущих технически и экономически ценных видов деревьев. Плантации создаются с целью сокращения времени выращивания насаждений при одновременном повышении качества технических характеристик продукции и достижении увеличения ее выхода с единицы площади. Для повышения интенсификации работ и обеспечения их качества проводится селективный подбор подходящих сортов, видов и пород деревьев и кустарников, механическая и химическая мелиорация с использованием специальной агротехники. Агротехника включает в себя внесение удобрений при предпосадочной обработке почвы, уход за почвой при осуществлении последующих этапов плантационного выращивания, проведение мероприятий против болезней и вредителей, орошение при необходимости, санитарную рубку.

Наиболее подходящими с экономической точки зрения являются такие древесные породы, как ива, тополь, ель, сосна и такие кустарниковые, как шиповник, облепиха, смородина, ирга.

Особое значение при плантационном выращивании имеет так называемая маточная плантация, где проводят работы по заготовлению черенков в целях дальнейшего лесокультурного выращивания и озеленения, а также для повышения степени укоренения саженцев на плантационных участках.

Как правило, лесные плантации возводятся в весенний или осенний период на достаточно увлажненных и плодородных участках с ровной поверхностью, вместе с тем не подверженных затоплению во время паводка. Землю обычно вспахивают на глубину 30...50 см с внесением органических (навоз) и неорганических (фосфорсодержащие) удобрений. Ухаживают за плантациями путем осуществления стандартных мероприятий: рыхление, прополка, химическая и гидротехническая мелиорация, уничтожение вредителей и болезней растений.

В условиях современной экономической политики является целесообразным и перспективным частно-государственное партнерство в области воспроизводства лесного фонда, а также создание и развитие частного, негосударственного лесного фонда с целью обеспечения древесиной соответствующих отраслей промышленно-

сти, сельского хозяйства, населения и снижения антропогенной нагрузки на естественные лесные угодья.

Создание частного лесного фонда будет способствовать интенсификации лесовопроизводящих работ, обеспечению лесоразведения и озеленения, снабжению государственных и частных лесных хозяйств посадочным материалом. При этом под плантационное лесоразведение и лесовыращивание обычно выделяют наиболее производительные участки лесокультурного фонда с максимально оптимальными условиями для проведения данного вида работ.

Отдельные виды лесных ресурсов могут передаваться во временное краткосрочное и долгосрочное пользование частным структурам при условии соблюдения ими законодательных и экологических требований, гарантирующих устойчивое лесопользование. Привлекать частные хозяйства нужно для расширения лесосеменной и питомнической базы.

Поддержка со стороны государства осуществляется в том числе, в рамках реализации Государственной программы «Дорожная карта бизнеса». При этом могут быть задействованы земли как государственного лесного фонда, так и земли, отведенные под землепользование частным структурам.

При этом государственная поддержка оказывается гражданам и негосударственным юридическим лицам Республики Казахстан, деятельность которых направлена на формирование плантаций и выращивание быстрорастущих пород деревьев и кустарников, развитие системы частных лесных угодий и питомников [2, с. 79].

Государственная поддержка предпринимателей в сфере лесоразведения выражается в выдаче субсидий и частичном (до 50 %) возмещении расходов на создание и развитие плантации, а также частных лесных угодий и питомников, особенно содержащих ценных для быстрорастущих древесных и кустарниковых пород [1, с. 5].

Кроме того, целесообразно также обеспечивать увеличение продуктивности лесного фонда и улучшение его качественного состава за счет постепенного перевода лиственных лесов в хвойные, проведения санитарных рубок, повышение основных характеристик леса путем улучшения наследственности при искусственном разведении генетически ценного посадочного материала.

Для обеспечения рационального использования земель государственного лесного фонда целесообразно также проводить мероприятия для максимального освоения всех не древесных ресурсов, коренного улучшения кормовой базы пастбищных и сенокосных угодий с использованием достижений современной науки, технологии и техники.

Таким образом, мероприятиями по воспроизводству леса являются, в том числе, естественное возобновление лесного фонда, которому способствуют такие виды работ, как сохранение молодняка и материнских деревьев, санитарный и иной уход за лесонасаждениями, различного рода агротехнические мероприятия. Кроме того, проводится защитное лесоразведение, плантационное лесовыращивание, государственная поддержка частного лесоразведения.

#### **Список литературы**

1. Об утверждении стандартов государственных услуг в области лесного хозяйства и особо охраняемых природных территорий. // Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 6 мая 2015 года № 18-1/415.

2. Оралова А., Цой Н., Цешковская Е. Экологический мониторинг природных ресурсов Карагандинской области. Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 115 с.

3. Редько А.Р. Лесные культуры. Москва: Агропромиздат, 1985. 137 с.

## **КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗОЛОТООРДЫНСКОГО ГОРОДА УКЕК И ЕГО ОКРУГИ**

***Пятницына Т.В.***

инженер учебной лаборатории геоинформатики и тематического картографирования,  
Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия, г. Саратов

***Безвершенко Л.С.***

ассистент кафедры геоморфологии и геоэкологии,  
Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия, г. Саратов

В последние десятилетия древние археологические поселения представляют собой объект исследования не только гуманитарных, но и естественнонаучных направлений. Изучение палеогеографической обстановки территории, в частности палеоклиматических условий, имеет важное значение для реконструкции историко-ландшафтных процессов. На примере Увекского городища проводится анализ климатических условий в период существования золотоордынского города в Нижнем Поволжье в XIII – XIV вв.

*Ключевые слова:* палеоклимат, реконструкция климатических условий, палинологические методы, палеопочвенные методы, природные индикаторы климата, Укек, Увекское городище.

История человеческого общества тесно связана с особенностями его природного окружения. Чем примитивнее уровень хозяйственного развития общества, тем в большей степени его функционирование зависит от условий окружающей среды. Климат, рельеф, почвы, растительность, животный мир, наличие и состояние поверхностных и подземных вод оказывают прямое или опосредованное влияние на хозяйственный уклад, экономику, расселение, демографию, политику древних обществ. Если говорить о средневековых аграрных обществах с примитивным уровнем развития сельскохозяйственного производства, то можно с уверенностью констатировать, что благополучие, а, иногда и само выживание поселений во многом зависели от климатических условий. Так, например, тридцать неурожайных лет, отмеченных в древнерусских летописях XIV века [2, с. 22] с учетом средней продолжительности жизни восточных славян того времени, составляющей около 38 лет [5, с. 64], фактически могли означать гибель целого поколения. Именно климат территории является определяющим фактором формирования природной среды, в которой существует то или иное общество.

Городище Увек (в современной транскрипции) расположено на южной окраине г. Саратова на берегу Волгоградского водохранилища в поселке Береговой Увек. В настоящее время руины одного из крупнейших городов Золотой Орды погребены под жилой застройкой частного сектора. В период своего расцвета город насчитывал порядка 10 000 жителей и занимал площадь около 2 квадратных кило-

метров [3, с. 3]. Население города и прилегающей территории занималось сельским хозяйством, рыболовством, ремеслами. Среди земледельческих культур преобладали просо, рожь, ячмень, пшеница. Большого развития достигло традиционное для кочевых народов скотоводство: в окружающих город степях разводили лошадей, овец, крупный рогатый скот [4, с. 210]. Первым упоминанием о городе Укеке как о строящемся на берегу Волги поселке принято считать записки монаха францисканца Гийома де Рубрука, посетившего Орду в 1253 г. [3, с. 12]. И хотя этот вопрос по-прежнему вызывает споры [там же, с. 13-14], большинство историков сходится во мнении, что город Укек был основан на месте переправы купцов и послов через Волгу не позднее 50-х годов XIII века. Гибель города связывают с разрушительным походом войск Тамерлана на Золотую Орду в 1395-1396 гг. [там же, с. 15]. Наибольшего расцвета город достигает в период с 1270 по 1370 г. [там же, с. 172]. Таким образом, с точки зрения климата нас интересует промежуток времени с середины XIII по конец XIV века – период существования города Укек.

Изучение палеоклимата основывается на исторических, естественнонаучных и инструментальных методах, взаимодополняющих друг друга. Исторические методы включают анализ письменных источников, содержащих сведения о климатических условиях того или иного региона. Речь идет, в основном, о летописях, в которых фиксировались аномальные погодные явления, влиявшие на урожай [5, с. 16]. К естественнонаучным относятся методы исследований природных индикаторов климата: палинологические, дендрологические, гляциологические и другие [6, с. 118]. Методы инструментальных наблюдений применимы для реконструкции климата последних двух веков. Если же речь идет о более давнем периоде времени, то в этом случае инструментальные данные могут быть использованы для калибровки и верификации климатической информации, полученной другими методами. Каждый из методов имеет свои ограничения. И только применение комплексного подхода с привлечением данных различных научных дисциплин дает возможность воссоздать наиболее полную картину климата прошлого [там же, с. 119].

Направления климатических мутаций последнего тысячелетия были идентичны для всего европейского континента, поэтому для построения обобщенной картины климата допустимо рассматривать территорию Восточной Европы как единый регион. Однако, это утверждение справедливо лишь для построения температурных кривых. Количество осадков может существенно различаться в зависимости от региона [там же, стр. 120], поэтому для реконструкции влажности климата конкретных территорий целесообразно использовать естественнонаучные данные, имеющие конкретную географическую привязку.

К настоящему времени установлено, что шкала значительных климатических изменений последнего тысячелетия на территории Восточной Европы выглядит приблизительно следующим образом [2, с. 21; 5, с. 16; 6, с. 119]:

- VIII – XII вв. – климатический оптимум или средневековая теплая эпоха. Начиная с эпохи раннего средневековья (VIII в.) наблюдалось постепенное потепление климата вплоть до конца XII – начала XIII в.

- XIII – XIV вв. – переходная стадия с постепенным похолоданием и увеличением влажности.

- XV – XIX вв. – «малый ледниковый период». С конца XIV века тенденция к похолоданию принимает устойчивый характер. Увеличивается количество погодных аномалий с суровыми зимами и летними холодами.

Ниже приведен детальный график отклонения среднегодовых температур от нормы за последние две тысячи лет (рисунок) [6, с. 126]. За норму в приняты современные среднегодовые значения температур (1951 – 1980 гг.). При построении графиков авторы цитируемой работы использовали палинологическую, дендрологическую и историческую информацию учитывая в расчетах вес каждого набора данных.

Как видно из графика интересующий нас временной интервал характеризуется тенденцией к понижению среднегодовых температур с начала XIII века с двумя пиковыми значениями в середине XIII века (то есть, времени образования Укека) и в первых десятилетиях XIV века (периода его расцвета) с кратковременным возвращением тепла во второй половине XIV века и новым похолоданием на рубеже XIV-XV веков (что соответствует времени гибели города).

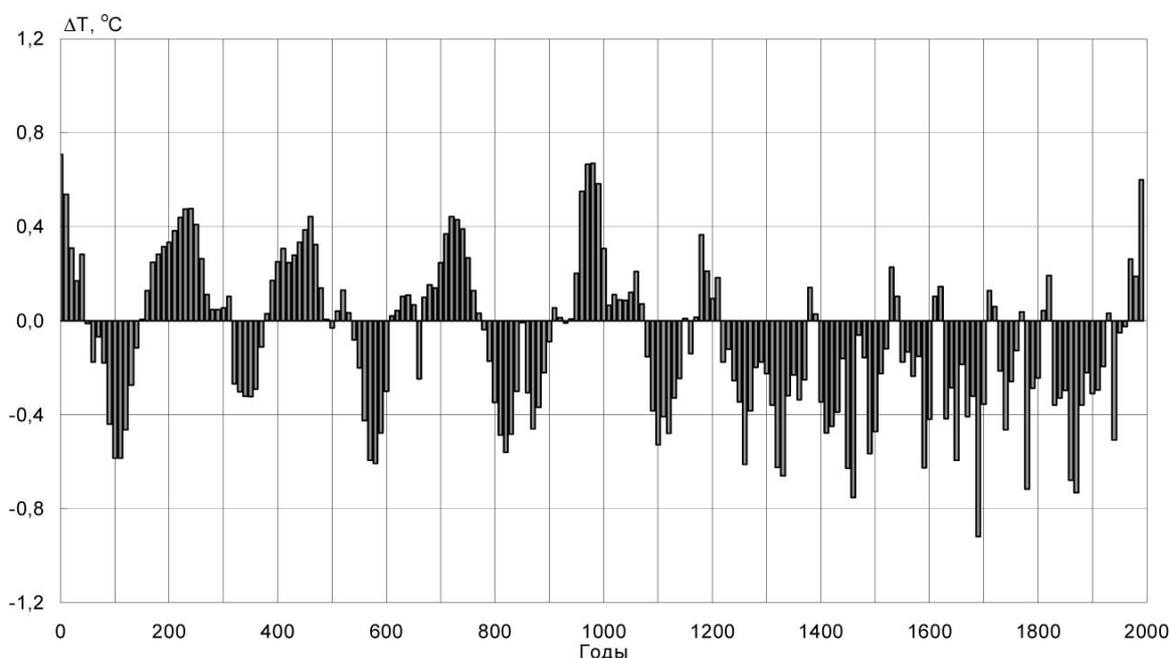


Рис. Отклонения средней годовой температуры воздуха от современных значений для территории Русской равнины (осреднение по 10-летиям) [6, с. 126]

С приведенными расчетными данными в целом согласуются данные палинологического анализа на золотоордынских поселениях в округе города Укек [4, с. 297-312], по результатам которого можно построить следующую хронологию климатических изменений, происходивших в течение 150-летней истории города.

Вторая половина XIII века. Палинологические данные свидетельствуют о преобладании степной растительности с байрачными перелесками с участием ольхи вблизи водотоков. Можно говорить о постепенном увлажнении климата с сохранением высоких весенних и летних температур.

Рубеж XIII – XIV веков. Увеличение роли широколиственных пород в древесное и разнотравья в составе степной растительности свидетельствует о еще большем увлажнении климата по сравнению с предыдущим периодом и характеризуют условия, приближенные к лесостепи.

Первая половина XIV века. Господство ольхи в составе байрачных лесов и разнотравья в степных сообществах характеризуют более теплый и влажный период с максимумом увлажненности в 50-е годы.

Конец XIV века. Появление ели и сфагнового мха свидетельствует о заметном похолодании и еще большей увлажненности климата.

Подобная динамика климатических изменений подтверждается данными палеопочвенных исследований в Волгоградской области. Они показывают, что период XIII – XVI вв. характеризуется увеличением количества осадков до 300-400 мм/год в сухостепной зоне между Волгой и Доном и до 250-350 мм/год в опустыненных степях Заволжья. Судя по свойствам палеопочв этого периода можно заключить, что среднегодовое количество атмосферных осадков превышало современную норму на 70-100 мм [1, с. 83]. За счёт увеличения атмосферной увлажненности, происходила региональная миграция природных зон к югу [там же, с. 84].

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Климатические условия в период существования города Укек соответствуют переходной фазе от средневекового климатического оптимума к «малому ледниковому периоду».

2. Климат этого времени носит неустойчивый характер с чередованием периодов похолодания и кратковременного возвращения тепла, что приводит к увеличению числа погодных аномалий.

3. На протяжении всего периода существования города сохранялась общая тенденция к гумидизации климата и понижению среднегодовых температур.

4. Климатические условия с одной стороны могли способствовать продуктивности степной растительности и, как следствие, улучшению кормовой базы для скотоводства, с другой – летние холода и дожди создавали угрозу для урожая сельскохозяйственных культур, а зимние морозы ухудшали условия жизни населения.

#### **Список литературы**

1. Демкин В.А., Борисов А.В., Демкина Т.С. и др. Волго-Донские степи в древности и средневековье (по материалам почвенно-археологических исследований). Пушкино: Ин-т физ.-хим. и биол. Проблем почвоведения РАН, 2010. 120 с.
2. Зайцев М.В. Историческая география России: Учеб. пособ. для студ. Саратов. гос. ун-та. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2006. 204 с.
3. Недашковский Л.Ф. Золотоордынский город Укек и его округа. М.: Издательская фирма «Восточная литература» РАН, 2000. 224 с.
4. Недашковский Л.Ф. Золотоордынские города Нижнего Поволжья и их округа. М.: Издательская фирма «Восточная литература» РАН, 2010. 351 с.
5. Риер Я.Г. Аграрный мир Восточной и Центральной Европы в средние века (по археологическим данным) Могилев, 2000. 115 с.
6. Слепцов А.М., Клименко В.В. Обобщение палеоклиматических данных и реконструкция климата Восточной Европы за последние 2000 лет // История и современность, 2005. №1. С. 118-135.

### **РЕГИОНАЛЬНАЯ ЭКОДИАГНОСТИКА ГЕОСИСТЕМ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РФ**

***Сидоренко А.В.***

доцент кафедры географии, экологии и охраны здоровья детей, канд. геогр. наук,  
доцент, Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Уссурийск

В статье рассматривается региональная экодиагностика, имеющая важное значение для организации устойчивого природопользования в пределах речных бассейнов, направ-

ленная на изучение состояния окружающей среды и прогнозирование экологической ситуации.

*Ключевые слова:* региональная экодиагностика, геосистемы, трансграничные территории, речные бассейны, устойчивое природопользование.

Региональная экодиагностика – сравнительно новое направление в экологических научных исследованиях, связанное с выявлением и изучением признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние окружающей среды, экосистем и ландшафтов, а также с разработкой методов и средств обнаружения, предупреждения и ликвидации негативных экологических явлений и процессов.

Проведение комплексной экодиагностики наиболее перспективно с использованием естественных территориальных уровней. В качестве одного из природоведческих подходов к выделению территориальных единиц для экологического исследования возможно использование ландшафтно-бассейновых территорий как функционально-целостных природно-хозяйственных систем. Следовательно, объектом комплексных оценок, проведения диагностического анализа и разработок программ устойчивого природопользования может являться геосистема в виде речного бассейна.

Речной бассейн включает в себя одну, либо конечное число целостных соподчиненных геосистем, так как в пределах бассейна существует естественная взаимосвязь и взаимозависимость многих природных процессов, а также – существенные экологические связи.

В природно-хозяйственной системе «речной бассейн» протекает большое количество взаимосвязанных естественных и антропогенных процессов. В пределах указанных систем проявляется результирующее влияние на природные ресурсы и природную среду сложного взаимодействия естественных и антропогенных факторов. Рассмотрение речного бассейна как природно-хозяйственной системы позволяет в наиболее полной мере исследовать географические и геохимические процессы массообмена в их взаимосвязи, реализовать системный анализ этих процессов, перейти к прогнозированию состояния природного комплекса и управлению его состоянием.

В пределах речного бассейна наиболее выражены не только межресурсные связи, но и территориальные. Это относится к влиянию различных частей бассейна друг на друга и на его целое. Особенно важен этот принцип при анализе трансграничных территорий и при разработке программ устойчивого природопользования для них.

Для большого ряда стран мира приграничные районы являются преобладающими как по площади, так в ряде случаев и по населению. Поэтому исследования трансграничного типа контактных структур приобрели особое значение при организации устойчивого природопользования в приграничных районах стран.

Спецификой приграничных районов является, во-первых, то, что в пределах одной страны зачастую отдельные целостные геосистемы, как правило, представлены не полностью. В полном виде они представлены одновременно в пределах территории или акватории двух или более соседних стран. Во-вторых, антропогенное воздействие на части геосистемы в разных странах, как правило, существенно различается, но во всех частях этих геосистем проявляется суммарное воздействие всех типов антропогенной нагрузки, имеющейся в сопредельных геосистемах.

Вследствие проявления экологических кризисов, обострения глобальных проблем, связанных с изменениями климата, нарушением атмосферного состава, загрязнением природной среды и деградацией природных экосистем, а также

вследствие истощения природно-ресурсной базы и непрерывного роста демографических и социальных проблем отчётливо проявилась необходимость смены действующей модели природопользования, перехода на устойчивый тип природопользования.

Об организации устойчивого природопользования для трансграничных территорий можно говорить только как о совместном устойчивом природопользовании, являющемся важнейшей составной частью устойчивого развития территории [1, с. 114].

Типичным примером таких структур являются трансграничные структуры на границе Дальнего Востока РФ с КНР и КНДР. На юге Дальнего Востока России к трансграничным территориям относятся бассейны рек Уссури, Раздольная, Туманная и бассейн озера Ханка.

Здесь наблюдаются значительные градиенты в нагрузках на экосистемы, что ведет к появлению трансграничных экологических проблем. Очень важными являются различия в типах природопользования. Степень контрастности в лесистости территорий и в соотношениях животного мира по разным сторонам границы достигает 3-4 раз. Заметная разница наблюдается в экономическом использовании в разных частях трансграничных структур. Все это приводит к резким ландшафтными контрастам при пересечении границы.

К сожалению, несмотря на констатацию необходимости увязки природопользования в приграничных районах с природопользованием в сопредельных районах соседних стран, реально дело движется очень медленно. Главной причиной такой ситуации является, конечно, политический фактор, а также отсутствие правовых механизмов на национальных и международных уровнях для организации устойчивого природопользования в трансграничных районах.

Опыт выполненных совместных работ по разработке программ устойчивого природопользования для отдельных бассейнов на юге Дальнего Востока России (бассейнов реки Уссури, озера Ханка) показал, что пока основным реальным направлением сотрудничества в трансграничных районах является область экологии и охраны природы. То есть руководители стран и основных субъектов (провинций, краев и областей) от признания необходимости увязки политики в области природопользования, перешли к реальным действиям в области пока одного типа природопользования – охраны природы. Примерами таких действий могут быть Договор о создании двухстороннего заповедника в бассейне озера Ханка, проведенные работы по обоснованию трехстороннего биосферного резервата в нижнем течении реки Туманной. Во всех этих случаях закладывается система ООПТ и экологических коридоров, которая позволит не только организовать охрану уникальных видов и экосистем, а со временем и восстановить биоразнообразие в данных бассейнах [2, с. 21].

Опыт разработки программ устойчивого природопользования для трансграничных районов показывает, что основными условиями устойчивого природопользования трансграничных регионов являются следующие:

- эффективное вложение в экономику стран доходов от совместного использования невозобновимых ресурсов трансграничной зоны, при этом темпы изъятия не должны превышать темпы замены альтернативными видами возобновимых ресурсов;

- устойчивое неистощительное совместное использование возобновимых ресурсов (леса, рыбные ресурсы, сельскохозяйственные земли), когда темпы изъятия не превышают темпы восстановления;

- резервирование части ресурсов (как возобновимых, так и невозобновимых), если их добыча на современном этапе ведет к экологическим или экономическим потерям на сопредельной стороне, или включение компенсационных механизмов для минимизации потерь на сопредельных трансграничных территориях;

- использование генофонда биоразнообразия отдельных видов или экосистем одной из сторон для восстановления утраченного или разрушенного биоразнообразия сопредельных территорий соседней страны на основе принципа софинансирования природоохранной деятельности и совместного сохранения природного наследия;

- создание международной системы особо охраняемых природных территорий, как основы экологического каркаса для сохранения природного генофонда региона, а не только трансграничных районов;

- организация совместной системы мониторинга окружающей среды, как основы устойчивого управления территориями.

Важнейшим элементом разработки устойчивого природопользования для трансграничных районов является правильный выбор территории и проведение комплексного географического анализа территории. В результате проводимых исследований должны определяться и обосновываться приоритетные направления экодиагностики трансграничных речных бассейнов в целях оптимизации природопользования.

#### **Список литературы**

1. Бакланов П.Я., Качур А.Н., Ганзей С.С. Опыт разработки программ устойчивого природопользования для приграничных районов // В кн: Устойчивое развитие Дальневосточных районов: эколого-географические аспекты. – Владивосток: Дальнаука, 1999. – С. 112-119.

2. Бакланов П.Я., Ганзей С.С., Качур А.Н. Устойчивое развитие бассейновых геосистем в условиях трансграничности. // В кн. Природно-ресурсные, экологические и социально-экономические проблемы окружающей среды в крупных речных бассейнах. – М.: Медиа-Пресс, 2005. – С.17-33.

### **РИСКИ ЗАТОПЛЕНИЯ г. УЛАН-УДЭ ПАВОДКАМИ РЕКИ СЕЛЕНГА**

***Ширанова С.Д.***

доцент, кандидат географических наук,

Бурятский государственный университет им. Доржо Банзарова, Россия, г. Улан-Удэ

***Норбоева Б.С.***

студентка, Бурятский государственный университет им. Доржо Банзарова,  
Россия, г. Улан-Удэ

***Цырендоржиева Т.Б.***

доцент, кандидат географических наук,

Бурятский государственный университет им. Доржо Банзарова, Россия, г. Улан-Удэ

В статье рассматривается риск затопления территории г. Улан-Удэ, приводится краткий анализ с проектной документацией «Защита г. Улан-Удэ от затопления паводковыми водами рек Селенга и Уда Республики Бурятия».

*Ключевые слова:* риск от затоплений, защитные сооружения, паводки.

В последние годы все более актуальной темой становится риск затопления прибрежных территорий г. Улан-Удэ. «Прогнозирование будущего режима развития наводнения – одна из наиболее важных, но и очень сложных задач преодоления неизбежных неопределенностей и снижения риска», как отмечает Т.А.Борисова [1].

Город Улан-Удэ – 15-й из 68 в рейтинге лучших для жизни городов Российской Федерации с населением свыше 430 тысяч человек и является административным центром субъекта Российской Федерации – Республики Бурятия, расположен в Сибирском федеральном округе Российской Федерации. Площадь города составляет 347,6 км<sup>2</sup>, плотность населения – 1241,1 человек на 1 кв. км.

На территории городского округа Улан-Удэ различные эндогенные и экзогенные процессы представляют существенную опасность для застройки и проживания. Среди гидрологических процессов, это затопление, подтопление и заболачивание, эрозионные процессы (оврагообразование и речная эрозия).

Значительная часть городской территории подвержена затоплению паводками реки Селенг. Самыми крупными были наводнения 1936, 1973, 1991, 1993, 1998 годов, уровни которых были близки к уровням воды 1-6 % обеспеченности.

Наиболее катастрофическим, за весь период наблюдений было наводнение 1936г., которое было вызвано кратковременными ливневыми дождями, выпавшими в первой декаде июня. Территория г. Улан-Удэ была затоплена почти на 50%. Продолжительность наводнения составила 38 дней.

Максимальный уровень был приблизительно 1% обеспеченности. В 1973 г. наводнение началось 1 июля и продолжалось до 13 июля. Общий подъем уровня за паводок составил 205 см, что соответствует уровню 2,5% обеспеченности.

24-25 июля 1991 г. на р. Уде прошел катастрофический паводок. Пойма реки затапливалась на 2-3 м. В зоне затопления оказался г. Улан-Удэ.

В 1993 году в результате сильных дождей на территории Монголии сформировался паводок редкой повторяемости. Очень высокий пик наблюдался на р. Селенге. Обеспеченность максимального уровня составила 6%. В результате наводнения сильно пострадали г. Улан-Удэ и его пригороды.

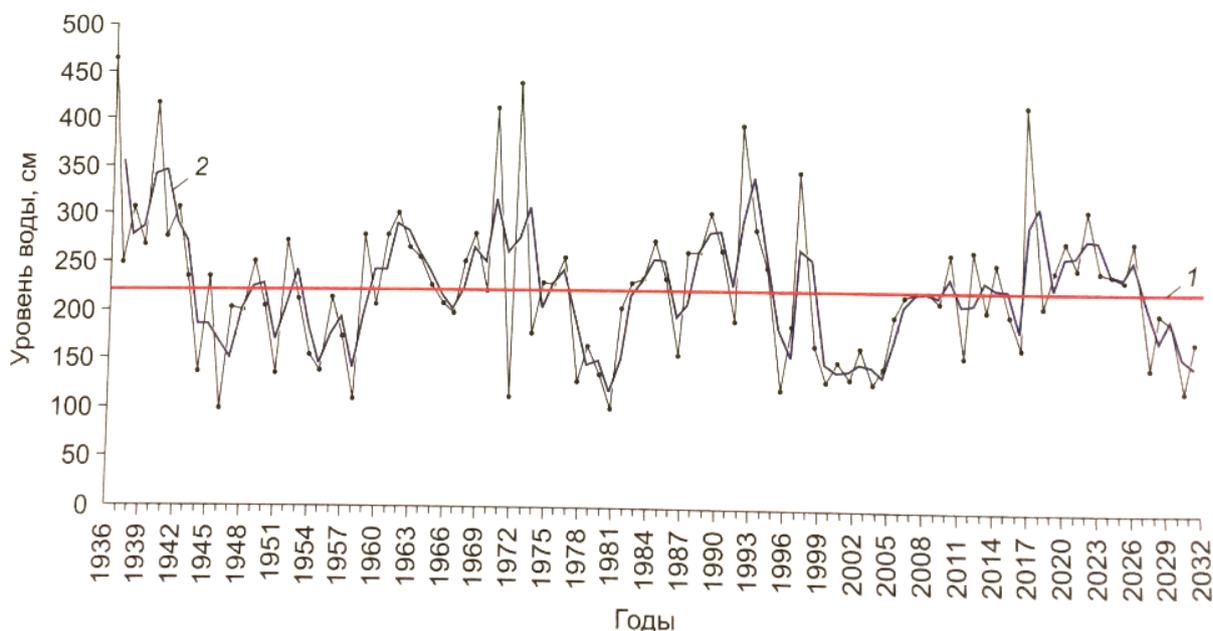
Последнее крупное наводнение произошло в г. Улан-Удэ в августе 1998 г. Глубина затопления поймы на р. Селенге достигла 1,1 м, а продолжительность стояния высоких вод на пойме 15 дней. Тогда был полностью затоплен центр города (автовокзал, улицы Свободы, Шмидта и др.).

В настоящее время для реализации задачи по картографированию поймы и выявлению зон затопления служит ГИС-технология, с помощью которой в программной среде ArcGIS определяются площади, а при совмещении слоев с современным использованием земель – площади сельскохозяйственных угодий (пашни, пастбища, сенокосы), а также выявлены населенные пункты, важные хозяйственные объекты, попавшие в зону затопления.

В исследовании Т. А. Борисовой был выбран репрезентативный гидрологический пост Селенга-Улан-Удэ. При построении диаграммы использовалась программа выполнения и документирования инженерных и научных расчетов MathCAD-14 ([www.ptc.com](http://www.ptc.com)) с основным инструментом экстраполяции (получение прогнозных значений).

На диаграмме (рисунок) отражен возможный ход изменения уровня воды в бассейне р. Селенга до 2032 г. Безусловно, выполнение на одном параметре представляет собой весьма упрощенную модель, тем не менее достоверно и наглядно подтверждает чередование мало- и многоводных периодов. Сглаженный линейный

тренд графика показывает, что периодичность основных многоводных периодов колеблется в пределах 12-20 лет, их длительность составляет 10-12 лет. Исследование свидетельствует о наступлении очередного многоводного периода с высокой вероятностью прохождения серий наводнений разной величины, в том числе 1-2 катастрофических [1].



1 – критический уровень – выход воды на пойму реки;  
2 – сглаженный линейный тренд динамики уровня воды (г. п. Улан-Удэ) [1]

Рис. Возможный ход изменения уровня воды в бассейне р. Селенга до 2032 г.

Исследованием Т.А. Борисовой (2013) установлено, что затоплению может подвергаться 3122,8 км<sup>2</sup> пойменных ландшафтов, что составляет 3,4% площади бассейна озера Байкал. Это преимущественно земли сельскохозяйственного назначения, земли населенных пунктов, промышленности (мосты, дороги, линии связи и электропередач) и незначительны земли запаса, лесного фонда. Так, при высоких наводнениях затоплению подлежат 231,6 тыс. га сельхозугодий, или 9,5% площадей всех земель данной категории. Сто шесть населенных пунктов и дачных поселков, в том числе г. Улан-Удэ, расположены в низких участках и предрасположены к частичному затоплению и подтоплению, некоторые защищены дамбами. Наиболее подвержены прибрежные территории рек Селенги и Уды, что составляет 69% площади затопления бассейна [1].

Для того чтобы попасть в федеральную целевую программу «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012 – 2020 годы» сотрудниками отдела регулирования водопользования и водного хозяйства Министерства природных ресурсов Республики Бурятия составлена бюджетная заявка на реализацию проекта по защите г. Улан-Удэ от затопления паводковыми водами рек Селенга и Уда.

В целях охраны уникальной экологической системы установлен особый режим хозяйственной и иной деятельности на Байкальской природной территории, осуществляемой в соответствии с принципами устойчивого развития и учета комплексности воздействия на уникальную систему сбалансированности решения социально-экологических задач и задач охраны озера Байкал, а также обязательностью государственной экологической экспертизы [3].

В проектной документации по оценке воздействия на окружающую среду были устранены все замечания государственной экспертизы и представлена в соответствии с законодательством РФ на общественных слушаниях. Слушания прошли 17 октября 2017 г. в Министерстве природных ресурсов РБ, а также 19 октября 2017 г. в Иволгинском районе, с. Иволгинск.

Разработчиками проектной документации были рассмотрены альтернативные варианты достижения цели намечаемой хозяйственной иной деятельности, включая «нулевой вариант» (отказ от деятельности). С целью минимизации эколого-экономических рисков намечаемой хозяйственной деятельности прорабатываются альтернативные варианты реализации проекта, и проводится сравнительный анализ их показателей.

Функциональное назначение объекта строительства: Разработка комплекса технических мероприятий по защите территории г. Улан-Удэ от вредного воздействия вод. Намечаемые мероприятия предусматривают:

- защиту от затопления паводковыми водами (строительство дамб обвалования и подпорные стены);
- защиту берегов рек от размыва и обрушений (строительство берегозащитных сооружений);
- строительство водопропускных сооружений, в том числе шандорного типа [2].

В проектной документации отмечается целевое назначение объекта: создание комплекса сооружений, обеспечивающих защиту населения и объектов экономики городского округа «Город Улан-Удэ».

Намечаемая деятельность по реконструкции и строительству защитных сооружений может привести к ущемлению прав граждан в сфере землепользования. В данном случае мы рассматриваем то, что земли состоящие в зонах затопляемости с 2016 года были занесены в кадастровый учет и с того момента на отмеченных территориях запрещено строительство капитальных сооружений.

В целом по бассейну ежегодный риск негативного воздействия вод при наводнениях существует для 3310.4 человек. Очень высокие значения в бассейнах непосредственно реки Селенги – 65% (2166.6 чел./год).

На общественных слушаниях нами была выявлена проблема, которая заключается в то, что большая часть территорий зон затопляемости имели изначально статус сельскохозяйственных земель, а с декабря 2016 г. они перешли по всем нормам законодательства в статус индивидуального жилого строительства.

Чтобы решить проблему предлагаются несколько сценарий, во-первых, после завершения строительства дамб и сдачи их в эксплуатацию. Тогда с территорий будут сняты все ограничения и выведены из статуса зон затопляемости. Во-вторых, компенсация гражданам, чьи земельные участки попадают в проектный план по размещению дамб-сооружений, размер компенсации в таком случае будет приравниваться, скорее всего, к кадастровой стоимости, которая, в свою очередь, намного ниже рыночной стоимости земельного участка. В-третьих, только по решению суда. В данном случае каждый гражданин, который считает, что его права ущемлены в сфере землепользования может направить иск, где его рассмотрят в судебном порядке.

Если данный проект затянется на многие годы, не будут вовремя возведены защитные сооружения, то принесет огромный социально-экономический ущерб. У граждан не будет права на застройку капитальных сооружений на своих земельных

участках в зоне затопляемых территорий. В прогнозном сценарии Борисовой Т.А. отмечается крупный паводок в ближайшие годы, тогда возникает вопрос, успеет ли реализоваться проект по защите г. Улан-Удэ от затопления паводками до прихода разрушительной стихии. Мы не можем быть уверены на все сто процентов в точности результатов исследования, но не можем их отвергать.

Таким образом, необходимо отметить то, что риски затопления бассейна реки Селенга мы можем лишь прогнозировать, но не утверждать точные даты наступления стихии. Между тем, реализация проекта «Защита г. Улан-Удэ от затопления паводковыми водами рек Селенга и Уда Республики Бурятия» может затянуться из-за процедурных моментов согласования во всех инстанциях. Тем не менее, предпринятые меры со Министерства природных ресурсов Республики Бурятия являются целесообразными, и мы намерены проводить мониторинг в продвижении данной намечаемой хозяйственной деятельности.

### Список литературы

1. Борисова Т.А. Природно-антропогенные риски в бассейне озера Байкал / Борисова Т.А.; отв. ред. чл.-кор. РАН А.К. Тулохонов; Рос.акад. наук, Сиб. отд-ние, Байкальский ин-т природопользования. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. – 126 с.
2. Том 7.4 5-В-ОВОС.ПЗ оценка воздействия на окружающую среду проектная документация «Защита г. Улан-Удэ от затопления паводковыми водами рек Селенга и Уда Республики Бурятия», 2016. – 203 с.
3. Федеральный закон от 01.05.1999 N 94-ФЗ (ред. от 28.06.2014) «Об охране озера Байкал»: официальный сайт компании «Консультант-Плюс. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_22964/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22964/)

## СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### **CYBER-SECURITY ARCHITECTURE FRAMEWORK FOR DEVELOPING COUNTRIES: CASE STUDY OF LAOS**

*Le Quang Minh, Nguyen Ai Viet*

Information Technology Institute, Vietnam National University, Vietnam, Hanoi

In this paper, we will review the overall architecture framework, an introduction to the ITI-GAF architecture framework, and using ITI-GAF for the creation of an assessment model for information security (CSAF). Since then, we have made assessments and recommendations on cyber security issues in Laos on Cooperation, Governance and Finance issues.

*Key words:* EA, ITI-GAF, Cyber-security architecture framework, assessment model for cyber-security.

#### **1. INTRODUCTION**

Laos People Democratic Republic (LPDR) has become member of ASEAN since July 1997, almost at the same time with the introduction of Internet. The government controls domestic Internet servers and sporadically monitors Internet usage, but by the end of 2012 it apparently did not have the ability to block access to Web sites. Authorities have developed infrastructure to route all Internet traffic through a single gateway, enabling them to monitor and restrict content. However, they apparently had not utilized this increased capability as of the end of 2012. The National Internet Committee under the Prime Minister's Office administers the Internet system. The office requires Internet service providers to submit quarterly reports and link their gateways to facilitate monitoring, but the government's enforcement capability appears limited.

The law generally protects privacy, including that of mail, telephone, and electronic correspondence, but the government reportedly continues to violate these legal protections when there is a perceived security threat. The law prohibits unlawful searches and seizures. While the law requires that police obtain search authorization from a prosecutor or a panel of judges, police do not always obtain prior approval, especially in rural areas. Security laws allow the government to monitor individuals' movements and private communications, including via cell phones and e-mail.

In 2015, the National Assembly has approved the Law on Electronic Transactions, which contain 58 articles grouped in 10 parts. Department of Information Technology, Ministry of Science and Technology (DIT), who is in charge of E-government construction, was the proposer of the Law. It is now responsible for the deployment of Electronic Signatures and Certificate Services. Secondly, DIT is in charge of editing the National ICT Master Plan, the CONNECT2SEA research team also shared the methodology of ITI-GAF for E-government deployment planning. In particular the team has presented and discussed with DIT the Cyber Security Architecture Framework (CSAF), which is a powerful and new tool to plan the cyber security deployment for developing countries' organizations. After getting feedbacks from Laotian DIT, the methodology has been updated and sketched in this report. More details, including the assessment forms, are available by requests.

## **2. MAIN ELEMENTS OF CYBER SECURITY ARCHITECTURE FRAMEWORK**

### **2.1. Overview**

The studies by different well-known and prestigious international organizations including Standish, Gartner... [1] have shown that the failure rate of ICT deployment projects is unacceptably high. The top causes of failure not the technical one, but mostly due to the poor management, administration, understanding of project objectives, wrong alignment between business and technology, wrong choice of technologies, commitment of leadership and awareness of users, ...

Motivated by these findings the US federal government have developed out the FEA based on Zachmann's EA [1], giving a blueprint to guidelines the ICT project deployment steps by steps. Today there are many Government Architecture Framework, which is the basic methodology to build the Government Enterprise Architecture to ensure the interoperability, reducing the failure. The most widely accepted TOGAF [2] has been constructed by the Open Group Consortium by collecting the practical experiences from thousands of ICT projects by more than 350 global companies. This is a very valuable glossary for practice in ICT implementation.

The cost of Enterprise Architecture projects are as high as few millions USD for each ministry. For a developing country, the cost is not only non-affordable, but also a waste, since it is still a long way for it to achieve such a sophistication level to utilize the EA. It is useful to start with a small framework and later, when the situation becomes mature, one can build the EA by the sophisticated tools on top of this framework as the initial architecture.

Starting from 2009, Nguyen Ai Viet et al has been developing ITI-GAF [3, 4], a small and simple Government Architecture Framework based on the EGIF developed previously by UNDP group and the main features of TOGAF [2].

Cyber Security Architecture Framework (CSAF) is the missing part in TOGAF and EGIF, since it is difficult to achieve consensus between the interest groups. However, it is straightforward to derive CSAF from GAF in general. ITI-GAF has the advantage to being simple. Thus it is easier to implement, to promote awareness and to achieve consensus with the CSAF based on it.

### **2.2. ITI-GAF**

ITI-GAF was proposed by us, ITI's overall architecture team (ITI – Information Technology Institute).

ITI-GAF has the following elements:

1. A generic Enterprise Model;
2. An Evaluation Model of the enterprise maturity;
3. The standards of the Enterprise Development and a roadmap to implement those;
4. Recommendations of actions and key projects;
5. Governance Model;
6. Financial mechanism.

ITI-GAF has been applied successfully in few consulting projects of ITI on E-Parliament, 3-level E-Agency Model of Hanoi City and ICT system for the National Pharmaceutical and Cosmetics Administration. Here we present briefly the first element

#### **The Enterprise Model**

In the practical system design, an analysis of the enterprise components and activities is important. In TOGAF, there are several complicated steps in Architecture Del-

opment Method (ADM) from Visions to the Business, Information System, Application, Data and Technology Architecture. These methods are designed for the advanced ICT and enterprise environment. Some concepts in this part are really difficult to find counter parts, which make sense in the less advanced environments.

ITI-GAF's Enterprise Model simplifies the above sophisticated phases, while examining the enterprise from three different views: Institutions, Resources and Operations.

By definition, Enterprise is an organization to serve some objectives by providing Operations, utilizing Resources and Institutions.

a. **The view of "Operations"**: The generic enterprise can have three different types of operations, which might be in forms of services in advanced enterprises. This replaces the business model of an enterprise by a generic view, which is easier to analyze.

- External operations: Business related operations, services in interaction with customers and business partners.

- Internal operations: It helps to keep the cooperation and normal action within the enterprise and mainly between the enterprise employees like recruitment, promotion, reward and discipline. Strategic planning belongs to this category.

- Capacity building operations: The operations and services to improve the quality of the existing resources.

b. **The view of Institutions**: Institutions are key elements of an enterprise. Sometimes it is over focused, but not in balanced with Operations and Resources. It consists of:

- *Mechanism*: Mechanism consists actions on the routine basis including actions based on information processing on practical guide basis. Sometimes is not defined clearly in regulations, since the procedures of actions change regularly. But sometimes a mechanism must become a regulation if it becomes stable and should not be violated.

- *Organization*: Includes role definitions and objectives of all the positions and units in the enterprise and the relations between them must be defined and engineered in this part. The poorly defined role with vague objectives must be strengthened by different measures or cut off completely by regular evaluation with quantitative indices.

- *Regulations*: All the rules must be defined in writing in different forms: by laws, policy, decision, guidelines,...

c. **The view of "Resources"**: The resources of an enterprise must be balanced between the following components

- *Business process*: This is a strength of an enterprise and must be adapted to the fast change of the business environment by continuous reengineering, but sometimes not supported by other resources, since there are no mechanism to get rid of incompetent persons as well as out-of-dated regulations.

- *Human capital*: This is most important and most difficult to deal with. Although people talked so much about it, but often to be forgotten in ICT projects. As results, new advanced equipment or business process cannot be operated by the current human resources.

- *Infrastructure*: The most frequent mistake is to think of it as depending on available financial resources. In fact it is determined by business and human capital.

As results of the analysis based on the above views, the enterprise elements can be arranged into 27 blocks of a Rubic-like model. Since all the blocks are inter-correlated, a small change in one block will affect the others. This dependency reflects the interoperability, which is kept by the standards.

### 3. A SCHEMA FOR CSAF

In advanced countries, the ICT infrastructures are well developed. So the Cyber Security activities can address its objectives independently. In the developing countries, similar elements do not exist, the Cyber Security must be implemented with ICT development. This situation might simplify the activities and also bring small new challenges.

So, CSAF must be design in a close relation with the GAF. So we have proposed the following generic CSAF to DIT:

1. An Enterprise Cyber Security Model based on the current GAF: This can help the analysis of Cyber Security in the Enterprise.
2. A Cyber Security Maturity Evaluation Model: Based on this model one can monitor and evaluate the strength and weakness of the enterprise cyber security.
3. The cyber security standards: Based on the international standards mainly ISO with additional reference to other standards as well.
4. The actions and key projects: International cooperation will be a strong focus in developing countries, in particular the R&D and policy development to save time and money. The recommendations in Chapter 7 of this report might be important.
5. Governance: The most important is to have a governance organization structure to avoid overlaps and empty holes between ministries like Defense, Police, MIC and MOST. The commitment from Prime Minister must also be shown in this structure.
6. Finance mechanism: The usual practice in developing countries to cut out the cyber security items must be stopped by a Government level decision for instance, in all ICT projects, there must be a chapter of Cyber Security.

### 4. CYBER SECURITY ARCHITECTURE MODEL

#### 4.1. The Enterprise Cyber Security Identification Model

In the Cyber Security Analysis of the Enterprise ICT infrastructure one must address the frequent question: where are the weak points of our system to the cyber security threats? A detail model can help to discover the overlooked points by the dependencies between them. ITI-GAF is of a good guidelines. In principles, one can go steps by steps into all the 27 blocks and loop though it for many times until the interoperability is achieved. However, this can be difficult and cumbersome for small projects. Instead we can consider two simplified schemas for different sized organizations

**a. The simple model:** It is recommended for small enterprises. Within this model one must ask the following three question groups

1. The cyber security caused by the enterprise Operations
2. The cyber security caused the enterprise Institutions
3. The cyber security caused the enterprise Resources

**b. The intermediate model:** It is recommended for larger enterprises. Within this model one must ask the following nine question groups

1. The cyber security caused by the enterprise External Operations
2. The cyber security caused by the enterprise Internal Operations
3. The cyber security caused by the enterprise Capability Operations
4. The cyber security caused the enterprise Business Process
5. The cyber security caused the enterprise Human Capital
6. The cyber security caused the enterprise Infrastructure
7. The cyber security caused the enterprise Mechanism
8. The cyber security caused by the enterprise Organization
9. The cyber security caused by the enterprise Regulations

In each question groups you might refer to detailed in the above 27 blocks when you cannot have an overall pictures. Don't worry about replications.

#### **4.2. The Enterprise Cyber Security objectives**

The above question groups can be detailed with the following four objectives

1. Confidentiality
2. Availability
3. Integrity
4. Non-repudiation

#### **4.3. The enterprise Cyber Security Level of Capability**

For each issue, one must grade according to the following actions, which the enterprise is able to act to the given cyber security threat:

1. Identify: 1
2. Protect: 2
3. Detect: 3
4. Response: 4
5. Recover: 5

### **5. STANDARDS AND EVALUATION MODEL**

At present there are many different standards. It is safest to start with the ISO: 27001 and ISO: 27002. In principles, one may use all the standards to evaluate the cyber security maturity of the company. In practice, however, it is not easy for the technical people, users and managers to fill all the details related to around 170 standards. So, we can follow the simplifying methods

One can arrange all standards into the above two identification models, depending on which one we have decided to choose as the model of our enterprise. As the result of this procedure, in each group we have a large number of standards. We can group related standards into a comprehensive question, which can be easily rated. Take into the account also the dependency, for example network and cabling imply each other. In certain cases, we also have to go into more details for different view of organization.

After having all these questions one can map them into 9 categories: External Operation, Internal Operation, Capacity building Operation, Mechanism, Organization, Regulation, Business Process, Human Capital, Infrastructure to see where the strength of Cyber Security in each area. We can also use a weight system to calculate the Structural Security grade.

We can have another grade call Security Objective Grade by mapping the grades of answers into: Confidentiality, Availability, Integrity and Non-Repudiation. By choosing a weighting system between these four criteria, we can choose the Security Objective grade.

Currently, the Evaluation Model is ready for evaluation, assessment and improvement. It is available to requests.

The Standards in CSAF must be categorized, so it can be comprehensive for the users and top management. Technical experts can refer to the list of standard in the appendix.

## **6. COOPERATION, GOVERNANCE AND FINANCE ISSUES**

### **6.1. Cooperation**

In Cyber Security, cooperation is important as the most cost effective measure to handle the practical issues. A develop country does not have to develop everything from beginning to be secure. A weak solution can also lead to serious vulnerabilities.

A developing country must pay attention to the following cooperation forms

1. Regional and inter regional cooperation in R&D, implementation experience sharing and policy.
2. Joining Policy and Standardization platforms
3. Bilateral cooperation with other countries with similar situations to share the results of the national projects.

## **6.2. Governance**

1. Steering committee: The developing nations must have an ICT steering committee chaired by Prime Minister or a Deputy Prime Minister to give instructions for the Cabinet. In the steering committee there must be a group which is responsible for cyber security.

2. Based on the CSAF, one can carry out surveys and carry out a current status assessment for a short and long term planning, depending on the vision of ICT master plan. Strong focus must be on the improvement of the weak points.

3. Assessment must be done regularly and the results must be reported in quarterly, semi-annually or annually.

4. The units who lagged behind should not receive funding for advanced systems and will be monitored until the weak points are improved.

## **6.3. Finance**

In order to avoid the cut of budget planned for cyber security, it should be a regulation regulate that all ICT projects should have a paragraph on cyber security and the measures to reduce the risks. If the risk is high, there must be a solution within the project to overcome it.

## **7. CONCLUSIONS**

In this paper, we present an overview of general architectural frameworks, detailing the ITI-GAF architecture framework with 27 components. The paper recommends using ITI-GAF with the ISO 2700x family of information security standards to create a assessment model for information security (CSAF). Using this evaluation model, the article provides recommendations for the case of information security assessment in Lao PDR. The results show the suitability and validity of the evaluation model.

***Acknowledgements.** We would like to express our thankful to the support of «LAN secure» project 09/2015/CNC-HDKHCN of Information Technology Institute – Vietnam National University, Hanoi.*

## **References**

1. Zachman J. A. A Framework for Information Systems Architecture. In: IBM Systems Journal, vol 26, no 3. IBM Publication G321-5298.
2. The Open Group Architectural Framework, TOGAF 9.1 Online Documents (2012), URL: <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/>
3. Nguyen Ai Viet, Le Quang Minh, Doan Huu Hau, Ngo Doan Lap and Do Thi Thanh Thuy (2014), “E-organisation assessment based on ITI-GAF”, Proceeding of FAIR 2014
4. Nguyen Ai Viet and EA team of ITI (2013), “Vietnam E-parliament”, Project Report.

## СИСТЕМА Al-Si: ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ

*Агibalова А.И., Шакитько Т.Ю., Соколенко А.Ю., Шановалова А.А.*  
магистранты кафедры «Физическое и прикладное материаловедение»,  
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье представлены результаты компьютерного построения диаграммы фазовых равновесий системы Al-Si. Построение выполнено в программной оболочке MathCAD на основе оригинальной методики и базы данных термодинамических параметров компонентов системы. Отмечается универсальность разработанной методики по отношению к любым системам эвтектического типа, а также эффективность применения термодинамических подходов в различных областях материаловедения.

*Ключевые слова:* термодинамический расчет, фазовые диаграммы, эвтектические системы, компьютерное моделирование.

Работа представляет собой продолжение и развитие термодинамического анализа системы Al-Si, результаты которого освещались в статье [1, с. 3-7]. А также она продолжает академическую традицию материаловедческой научной школы ДГТУ (Ростов-на-Дону), в трудах которой термодинамические подходы равновесной и неравновесной термодинамики реализованы при решении широкого спектра научных задач в таких областях, как создание материалов с уникальными свойствами (структура «белого слоя» в железоуглеродистых сплавах) [7, с. 33-40], металлофизика неравновесных фазовых переходов [6, с. 3-10; 8, с. 29-90], формирование защитных покрытий многофункционального назначения [4, с. 29-35; 9, с. 94-96], проблемы эрозийной [3, с. 45-50; 2, с. 89-99] и коррозионной [7, с. 33-40] стойкости материалов и покрытий.

Основная задача работы – создание методики компьютерного термодинамического расчета, с помощью которой можно было бы моделировать диаграммы фазовых равновесий любых двухкомпонентных систем. К настоящему времени задача решена применительно к системам эвтектического типа с компонентами, несмешивающимися в твердом состоянии. Далее представлен пример реализации разработанной компьютерной методики для системы Al-Si.

Сплавы на основе алюминия с кремнием широко применяются в промышленности в качестве литейных сплавов – силуминов, которые как раз расположены в эвтектической части фазовой диаграммы системы Al-Si. Это намечает возможности прикладного использования созданной программной методики для, например, моделирования термодинамических аспектов процесса модифицирования силуминов.

Для разработки и реализации компьютерной модели диаграммы состояния нами использована база термодинамических данных индивидуальных компонентов, имеющаяся в источниках [10, с. 229; 11, с. 309-329]. В качестве исходных данных взяты значения энтальпии  $H_0$  при 0К, температурные зависимости приведенного термодинамического потенциала  $\Phi_T^0$  для кристаллического  $\Phi_{TS}^0$  и жидкого  $\Phi_{TL}^0$  состояний элемента. Программная часть модели реализована в оболочке MathCAD путем последовательного выполнения следующих процедур вычисления:

1) значений термодинамического потенциала или энергии Гиббса  $G$  чистых компонентов в условиях постоянного давления по выражениям:

$G_S(T) = H_0 - \Phi_{TS}^0 \cdot T$  и  $G_L(T) = H_0 - \Phi_{TL}^0 \cdot T$  – для кристаллического и жидкого состояний соответственно;

2) энергии Гиббса системы при фиксированной температуре:

$G_{0S}(x) = (1-x) \cdot G_S^{Al} + x \cdot G_S^{Si}$  – для кристаллического состояния при несмешивающихся компонентах, где в качестве переменной  $x$  принята концентрация Si ( $x=0$  при 0% Si и  $x=1$  при 100% Si).

$G_{0L}(x) = (1-x) \cdot G_L^{Al} + x \cdot G_L^{Si} + \Delta G(x)$  – для жидкого раствора компонентов, где  $\Delta G(x) = (1-x) \cdot E_D^{Al} + x \cdot E_D^{Si} - T \cdot \Delta S$  – свободная энергия смешивания, которая складывается из энергии активации диффузии атомов  $E_D$  и энтропии смешивания  $\Delta S$ :  $\Delta S(x) = k \cdot A \cdot \ln(A) \cdot [1 - (1-x) \cdot (1 + \ln(1-x)) - x \cdot (1 + \ln(x))]$ ,  $E_D(T) = Z \cdot T_K \cdot [\exp(T_K / T) - \exp(T / T_K)]$ , где  $Z=89$  Дж/(моль·К) – координационная константа системы Al–Si,  $k$  и  $A$  – постоянная Больцмана и число Авогадро;

3) общих касательных к кривым  $G_{0S}(x)$  и  $G_{0L}(x)$ , то есть линий химического потенциала компонентов системы при фиксированной температуре:

$$\frac{dG}{dx}$$

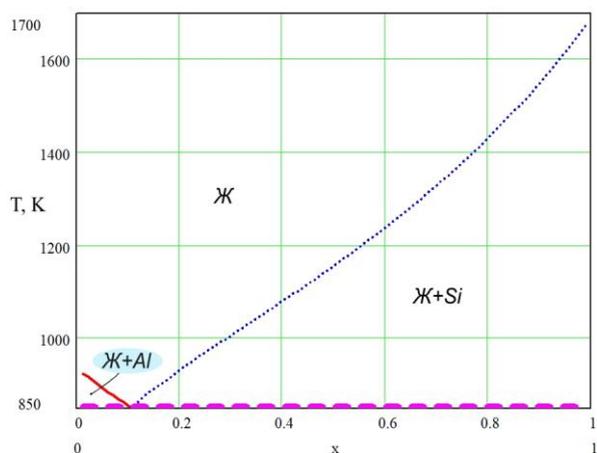
4) координат точек касания, то есть границ фазовых областей диаграммы состояния; для постоянной температуры вычисляются как нули функции  $y$ :

$$\text{root}[y(x)] = \text{root}[G_{0L}(x) - \mu(x)];$$

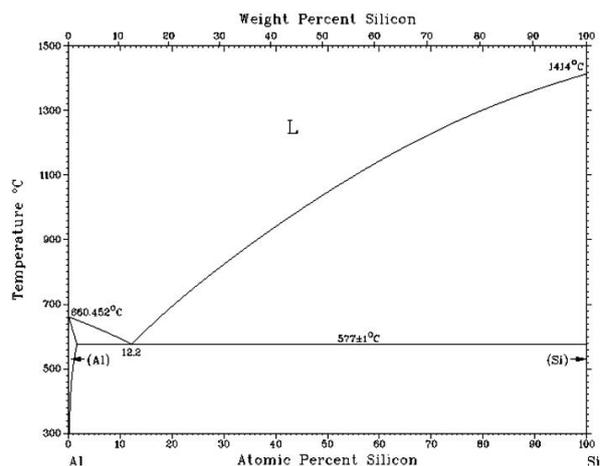
5) положения полученных точек касания на координатной плоскости диаграммы во всём диапазоне температур  $T$  и концентраций  $x$ , другими словами, выполнено графическое построение фазовой диаграммы системы.

В разработанной методике выражение для расчета  $E_D(T)$  и значение координационной константы  $Z$  системы Al–Si являются новыми научными результатами, которые в научной литературе не встречаются.

На рисунке для сравнения показаны расчетная и экспериментальная диаграммы состояния исследуемой системы. Об адекватности использованной расчетной методики можно судить по точности совпадения результатов с экспериментально построенными диаграммами состояний. В частности, оценки соответствия термодинамического расчета и эксперимента можно делать, сравнивая значения координат эвтектической точки: по расчету они составляют  $x=0,1055$  и  $T=850,358$  К, по экспериментальным данным  $x=0,122$  и  $T=850$  К. Полученное совпадение представляется вполне удовлетворительным, поэтому разработанная методика компьютерного термодинамического расчета диаграмм фазовых равновесий двухкомпонентных систем может быть рекомендована для практического использования. Она может найти применение в научной сфере, например, при создании новых функциональных материалов, прогнозировании их фазового состава, микроструктуры и свойств, а также в образовательном процессе при подготовке специалистов в области физической химии, теоретического и прикладного материаловедения.



а.



б.

Рис. Фазовые диаграммы системы Al-Si:

а – расчетная (градусы Кельвина; часть диаграммы, расположенная ниже эвтектической температуры, не показана); б – экспериментальная (градусы Цельсия, источник [5, с. 212])

### Список литературы

1. Агибалова, А.И. Использование расчетного аппарата термодинамики в физическом и прикладном материаловедении [Текст] / А.И. Агибалова // *Материалы и технологии XXI века: Сб. трудов XV Междунар. науч.-техн. конф.* – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2017.
2. Варавка, В.Н. Закономерности износа стали при воздействии дискретного водно-капельного потока. Часть 1: Начальная стадия каплеударной эрозии [Текст] / В.Н. Варавка, О.В. Кудряков // *Трение и износ*, 2015, том 36, №1.
3. Варавка, В.Н. Особенности разрушения металлических сплавов в условиях устойчивой каплеударной эрозии [Текст] / В.Н. Варавка, О.В. Кудряков // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки*, 2012, №3.
4. Варавка, В.Н. Применение нанокпозиционных покрытий для защиты энергетического оборудования от каплеударной эрозии [Текст] / В.Н. Варавка, О.В. Кудряков, А.В. Рыженков, Г.В. Качалин, О.С. Зилова // *Теплоэнергетика*, 2014, №11.
5. *Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник в 3-х томах. Т.1* / Под ред. Лякишева Н.П. – М: Машиностроение, 2001.
6. Кудряков, О.В. Дислокационные квазидиполи и их роль в мартенситном превращении стали [Текст] // *Физика металлов и металловедение*. 2002. Т.94. №5.
7. Кудряков, О.В. Структурный критерий коррозионной стойкости "белых слоев" [Текст] / О.В. Кудряков, В.Н. Пустовойт // *Материаловедение*. 1998. №7.
8. Кудряков, О.В. Феноменология мартенситного превращения и структуры стали [Текст] / О.В. Кудряков, В.Н. Варавка – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2004. – 200 с.
9. Сапунов, С.Ю. Строение и свойства никель-цинкового покрытия на стали [Текст] / С.Ю. Сапунов, О.В. Кудряков, Н.И. Фартушный // *Сталь*, 2003. №11.
10. *Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочное издание в 4-х томах. Том II. Кн.2.* – М: Наука, 1979.
11. *Физические величины: Справочник.* / Под ред. И. С. Григорьева и Е. З. Мейлихова. М: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ ДАТЧИКОВ В СОСТАВЕ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ СИМУЛЯТОРОВ

*Алайцев И.К.*

аспирант кафедры «Системотехника»,  
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина,  
Россия, г. Саратов

*Данилова Т.В.*

доцент кафедры «Информационная безопасность автоматизированных систем»,  
к.ф.-м.н., доцент, Саратовский государственный технический университет  
им. Ю.А. Гагарина, Россия, г. Саратов

*Мантуров А.О.*

доцент кафедры «Информационная безопасность автоматизированных систем»,  
к.ф.-м.н., доцент, Саратовский государственный технический университет  
им. Ю.А. Гагарина, Россия, г. Саратов

*Мареев Г.О.*

доцент кафедры оториноларингологии, д.м.н., доцент,  
Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского,  
Россия, г. Саратов

Разработка хирургических симуляторов требует разработки специализированных устройств управления. Создание устройств с 6 степенями свободы ввода требует определения ориентации рукоятки устройства управления в пространстве. В статье представлен подход, основанный на применении микромеханических комплексных датчиков для решения данной задачи. Главным преимуществом микромеханических датчиков является отсутствие подвижных частей, что положительно сказывается на надёжности и подвижности результирующего устройства.

*Ключевые слова:* системы управления, тактильная обратная связь, устройства управления, виртуальная реальность, симуляция.

## **Введение**

Разработка систем виртуальной реальности, предназначенных для применения в обучении студентов хирургических специальностей, является одним из актуальных направлений научно-исследовательских и конструкторских работ по причине их высокой востребованности [1]. Создание симуляции высокой степени реалистичности требует применения специализированных устройств ввода, позволяющий с высокой степенью реалистичности воссоздавать взаимодействия пользователя при проведении реальной операции [2].

Симуляция работы с использованием большинства инструментов требует информации не только о положении инструмента в пространстве, но и о его ориентации. При этом крайне важной является возможность имитации тактильной обратной связи, поскольку именно уровень развития моторных навыков определяет профессионализм хирурга.

Известны устройства ввода-вывода с тактильной обратной связью, обладающие необходимым числом степеней свободы ввода, такие как Geomagic® Touch™ [3] и Force Dimension omega.6 [4].

Устройства Geomagic® Touch™ построены по принципу последовательного манипулятора и состоят из системы рычагов, приводимых в движение посредством тросовых передач. К достоинствам данного устройства можно отнести его компактность, большую рабочую область, низкие инертность и трение в сочленениях. Недостатком Geomagic® Touch™ является его недостаточная надёжность и жёсткость. В случае приложения значительного усилия вся конструкция упруго деформируется и может быть повреждена

Устройства Force Dimension omega.6 в значительной степени лишены проблем Geomagic® Touch™. Причиной этого является построение устройства по принципу параллельного манипулятора и применение металла в конструкции. Конструкция устройств позволяет создавать большее усилие, за счёт чего увеличивается реализм имитации взаимодействий с твёрдыми объектами. Ключевым ограничивающим фактором применения данных устройств в составе систем хирургической симуляции является их крайне высокая стоимость.

Известны гаптик-устройства Novint Falcon с тремя степенями свободы ввода [5]. Данное устройство создано по лицензии Force Dimension и построено по тому же принципу, что и Force Dimension omega.6 с тем отличием, что отсутствуют степени свободы ввода, позволяющие отслеживать ориентацию рукояти устройства.

Устройства Novint Falcon намного дешевле, чем Geomagic® Touch™ и Force Dimension omega.6, при этом превосходят первые по надёжности и жёсткости и на порядок дешевле последних. Однако, применение их в качестве устройств управления в составе систем хирургической симуляции возможно только в случае расширения числа свобод ввода дополнительными степенями свободы.

### **Предлагаемое решение**

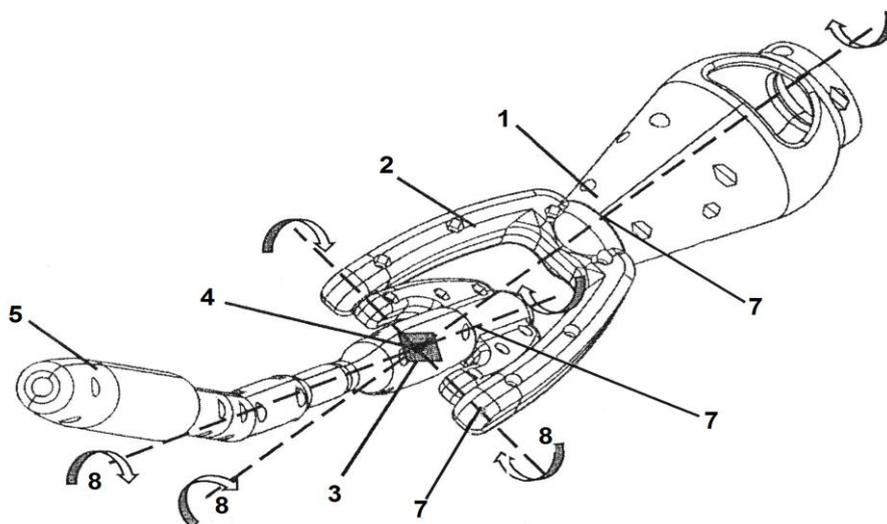
Ранее авторами была предложена конструкция устройства, позволяющего расширить возможности ввода Novint Falcon дополнительными степенями свободы [6] (рисунок). Определение ориентации карданного механизма при этом производится с использованием микроэлектромеханического (МЭМС) гироскопа-акселерометра. Применение МЭМС комплексных датчиков требует разработки специальных подходов к обработке данных, учитывающих особенности их функционирования.

МЭМС гироскопы-акселерометры требуют учёта двух видов погрешности измерений: статической и динамической. Статическая погрешность обусловлена тем, что сама устройство чувствительно к тому, как оно установлено на плате: датчик чувствителен к напряжённости, возникающей вследствие различий в коэффициенте линейного термического расширения платы, на которой закрепляется микросхема, и самой микросхемы. Динамическая погрешность обусловлена неизбежным несовершенством конструкции.

Компенсация статической погрешность достигается за счёт экспериментального определения отклонения датчиков в состоянии покоя. В процессе работы определённые значения отклонений вычитаются из получаемых с устройства значений для получения точного результата.

МЭМС гироскопы-акселерометры при каждом запуске заново определяют свою ориентацию в пространстве. По причине несовершенства их конструкции, получаемая ориентация не всегда соответствует фактической ориентации устрой-

ства в пространстве. Решением данной проблемы является применение калибровки. Разработанная авторами процедура калибровки заключается в фиксации устройства в известной ориентации и сохранение получаемых с него в этом положении данных. Сохранённые значения углов поворота вычитаются из получаемых с датчика значений. Таким образом, удаётся получить истинную ориентацию устройства в пространстве.



1 – рычаг крепления к площадке дельта механизма; 2 – карданный механизм; 3 – микро-электромеханический гироскоп-акселерометр; 4 – центр вращения карданного механизма; 5 – рукоятка управления; 6 – кабель; 7 – шарнирное соединение карданного механизма; 8 – ось вращения карданного механизма

Рис. Увеличенное изображение насадки для дельта-механизма с дополнительными степенями свободы

## Результаты

Представленный подход был реализован в рамках системы виртуальной хирургии «Asclepia» [7]. В ходе эксплуатации симулятора была отмечена высокая точность определения ориентации инструмента, свобода движения. По причине отсутствия компенсации динамической погрешности требуется периодическая перекалибровка устройства, однако это не сказывается на реалистичности проводимых виртуальных операций, т.к. накопление достаточной ошибки требует значительно большего времени, чем проведение одной операции.

## Вывод

Представлен подход к применению МЭМС комплексных датчиков в составе устройств управления хирургических симуляций. Применение данного подхода позволяет создать высокоподвижные устройства за счёт отсутствия механических ограничений диапазона вращения со стороны устройства фиксации ориентации. В будущем планируется повысить точность определения ориентации рабочей части за счёт реализации учёта динамического дрейфа применяемых датчиков.

## Список литературы

1. Мареев Г.О. и др. Обзор систем виртуальной реальности для обучения хирургическим навыкам в области лица и шеи // Мир науки, культуры, образования. 2015. № 6 (55). С. 92–96.
2. Coles T.R., Meglan D., John N.W. The Role of Haptics in Medical Training Simulators: A Survey of the State of the Art // IEEE Trans. Haptics. 2011. Т. 4. № 1. С. 51–66.

3. Massie T.H., Salisbury J.K. The PHANTOM haptic interface: A device for probing virtual objects // Proceedings of the ASME Dynamic Systems and Control Division. 1994. С. 295–301.

4. Dimension F. DELTA haptic device: 6-DOF force feedback interface // Force Dimens. Lausanne. 2004. Т. 33. № 3. С. 2006–2187.

5. Martin S., Hillier N. Characterisation of the Novint Falcon haptic device for application as a robot manipulator // Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA). 2009. С. 291–292.

6. Алайцев И.К. и др. Устройство ввода с тактильной обратной связью с дополнительными степенями свободы // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6 (36). С. 102–105.

7. Алайцев И.К. Разработка хирургического симулятора с тактильной обратной связью // Наноматериалы и нанотехнологии проблемы и перспективы сб. материалов V Междунар. науч. конф. для молодых ученых, студентов и школьников. 2016. С. 61–62.

## ДИАГНОСТИКА ПОДВЕСНЫХ СТЕКЛЯННЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

*Альберто П.М.*

соискатель, Казанский государственный энергетический университет,  
Ангола, г. Луанда

*Лопухова Т.В.*

профессор, к.т.н., Казанский государственный энергетический университет,  
Россия, г. Казань

В работе рассматривается контактная диагностика внешней изоляции воздушных линий электропередачи и электрических подстанций с напряжением 220 и 400 кВ.

*Ключевые слова:* диагностика, изоляция ЛЭП и ПС.

### Введение

В процессе эксплуатации воздушных линий электропередачи и электрических подстанций, необходимо провести диагностику всего электрического оборудования в ВЛ и РУ. Объект диагностики – РУ (ОРУ, ЗРУ) и ВЛ: выключатели, силовые и измерительные трансформаторы, разрядники, разъединители, кабели, сборные и соединительные шины, токоограничивающие сухие реакторы, батареи силовых конденсаторов, ограничители перенапряжений, высокочастотные заградители, аппараты РУ, вторичные цепи и электропроводка, ввода трансформаторов и МВ, силовые тиристоры, диоды и т.д.

Изолятор – это электротехническое устройство, предназначенное для электрической изоляции и механического крепления электроустановок или их отдельных частей, находящихся под разными электрическими потенциалами (ГОСТ 27744 – 88).

Арматура изолятора – часть изолятора, предназначенная для механического крепления к электроустановкам или объектам (ГОСТ 27744 – 88).

Подвесной изолятор – это линейный изолятор, предназначенный для подвижного крепления токоведущих элементов к несущим конструкциям или объектам (ГОСТ 27744 – 88).

Опорный изолятор – это изолятор, используемый в качестве жёсткой опоры для электротехнического устройства или отдельных его частей (ГОСТ 27744 – 88).

Стержневой опорный изолятор – это опорный изолятор со сплошным телом в форме цилиндра или усечённого конуса, неподвижно соединённым с арматурой (ГОСТ 27744 – 88).

Стержневой подвесной изолятор – это подвесной изолятор с телом в форме цилиндра, жёстко соединённый с арматурой, расположенной на концах (ГОСТ 27744 – 88).

На подстанции и ВЛ применяются подвесные и опорные изоляторы. В последние два десятилетия в электроэнергетике осуществляется постепенный переход на полимерную изоляцию, что привело к расширению применению полимерных изоляторов в электроустановках ВН.

**Высоковольтные изоляторы, применяемые на ЛЭП, в аппаратах и оборудовании ОРУ, должны без старения выдерживать:**

- многократные температурные колебания в сочетании со знакопеременными механическими нагрузками;
- длительное ультрафиолетовое облучение солнечной радиации, воздействие электрической дуги без образования электропроводных следов;
- действие токов утечки по поверхности в увлажнённом и загрязнённом состоянии (эрозийная стойкость);
- воздействие неблагоприятных условий окружающей среды;
- воздействие сильно неравномерного электрического поля;
- действия и ошибки персонала при монтаже и эксплуатации.

#### **Составные части изолятора**

Изолятор состоит из изолирующей части, изготовленной из электротехнического фарфора или щелочного стекла, и металлической арматуры, служащей для крепления изолятора к заземлённой металлической или железобетонной конструкции и для крепления к изолятору токопроводящих частей. Изолирующие части соединяются с арматурой с помощью цементно-песчаных связей из портландцемента.

#### **Степен загрязнения**

Это показатель, учитывающий влияние загрязнённости атмосферы на снижение электрической прочности изоляции электроустановок.

ГОСТ 9920 – 89 различает следующие степени загрязнения:

I – лёгкая при длине пути утечки 1,6 см/кВ;

II – средняя при длине пути утечки 2,0 см/кВ;

III – сильная при длине пути утечки 2,5 см/кВ;

IV – очень сильная при длине пути утечки 3,1 см/кВ;

Длина пути утечки  $L$  (см) изоляторов из стекла и фарфора должна определяться по формуле:

$$L = \lambda_3 UK,$$

$\lambda_3$  – удельная эффективная длина пути утечки, см/кВ определяется по таблице;

$U$  – наибольшее рабочее между фазовое напряжение, кВ (по ГОСТ 721);

$K$  – коэффициент использования длины пути утечки (по таблицам ПУЭ).

Таблица 1

Степень загрязнения	$\lambda_3$ см/кВ (не менее), при номинальном напряжении, кВ	
	до 35 кВ включительно	110 – 750
1	1,90	1,60
2	2,35	2,00
3	3,00	2,50
4	3,50	3,10

## Измерение сопротивления (переходное сопротивление контактов и сопротивление изоляции постоянному току)

Сопротивление изоляции обычно измеряют переносными приборами – мегомметрами (рисунок). Источником постоянного напряжения в мегомметре служит генератор с постоянными магнитами  $\Gamma$ , имеющий ручной или моторный привод. Прибор для измерения сопротивления изоляции – логометр  $\mathcal{L}$  имеет две расположенные под углом рамки  $1$  и  $2$ . Последовательно с рамками включены ограничительные резисторы  $R_1$  и  $R_2$ . Ток  $i_1$  в рамке  $1$  имеет постоянное значение и пропорционален напряжению, приложенному к изоляции. Ток  $i_x$  в рамке  $2$  определяется сопротивлением  $R_x$  изоляции. Отклонение стрелки прибора пропорционально отношению  $i_x/i_1$ , поэтому он измеряет  $R_x$ , а результат измерения не зависит от напряжения генератора. Важное значение имеет стабильность напряжения генератора. В случае большой емкости  $C_x$  и при случайных колебаниях этого напряжения в рамке  $2$  протекает ток перезаряда, меняющийся во времени. Это вызывает колебания стрелки логометра и затрудняет измерения.

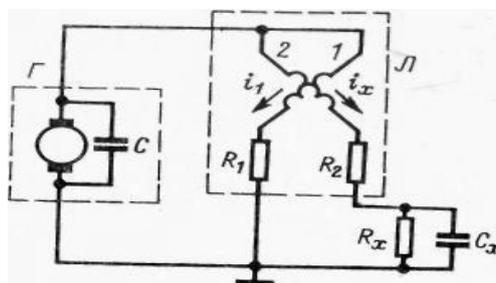


Рис. Упрощенная схема мегомметра

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Измерение сопротивления подвесной изоляции

Все эти измерения были сделаны в национальной компании по транспортировке электроэнергии в Анголе, мы измерили сопротивление на 400, 220, 150, 110, 60, 30 и 15 кВ. Хотя наша цель это 400 и 220 кВ.

Мы использовали мегомметр для произведения всех измерений, так как в этой компании не было другого оборудования.

Мы сделали эти тесты 21.04.2017.

Таблица 2

Число	Типа изолятор по напряжения, кВ	Количество	Время, с	Температура, с	Результат, М ом
1	400	23	60	35	50.000
2	220	16	60	35	28.000
3	150	15	60	35	23.000
4	110	12	60	35	50.000
5	60	6	60	35	42.000
6	30/15	3	60	23	11.000

### Заключение (выводы)

Способы выявления дефектов в электрооборудовании, не снимая их с работы. Если мы будем использовать способы диагностики и мониторинга при помощи тепловизора, мы сможем обеспечить бесперебойное питание электроснабжения и продлить срок службы электроустановки.

## Список литературы

1. Обложин В. А. Тулэнерго. Контроль подвесной изоляции тепловизором // «Электрические станции», 1999, №11.
2. Алеев Р.М., Зарипов Д.К., Лопухова Т.В. Возможности методов дистанционной диагностики состояния подвесной изоляции. Российский национальный симпозиум по энергетике, 10-14 сентября 2001: Материалы докладов. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2001 – т. 2. С. 123.
3. Алеев Р. М., Зарипов Д.К., Лопухова Т.В. Комплексный подход к дистанционной диагностике состояния подвесной изоляции // Известия ВУЗов, "Проблемы энергетики", 2004, № 3-4. С. 78-86.
4. Ларионов В. П. Основы молниезащиты. М.: «Знак», 1999.
5. Михеев Г. М. Диагностика и контроль электрооборудования. М.: «Додэка-XXI», 2010.
6. Крупенин Н.В., Голубев А.В., Завидей В.И., Вихров М.А. Опыт применения электронно-оптических приборов при контроле технического состояния энергетического оборудования : сборник научных трудов ВЭИ ; под общей редакцией д.т.н. В.Д. Ковалёва, М., 2008.
7. Герасимова В. Г., Дьякова А. Ф., Ильинского Н. Ф., Лабунцова В. А., Морозкина В. П., Орлова И. Н. (главный редактор), Попова А. И., Строева В. А. 10-е издание, стереотипное Электротехнический Справочник том 2, Издательский Дом МЭИ, 2007.
8. Красник В.В. Эксплуатация Электрических Подстанций и Распределительных Устройств. М.: ЭНАС, 2011.

## МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ИМИТАЦИИ ОТЖИГА НА ОСНОВЕ RBF СЕТИ

*Бабаев А.М.*

магистрант второго курса факультета «Техника и технологии»,  
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты,  
Россия, г. Шахты

*Берёза А.Н.*

доцент кафедры «Информационные системы и радиотехника», канд. техн. наук,  
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты,  
Россия, г. Шахты

В работе описаны нейросетевые методы и рассмотрено их применение для поиска решений в оптимизационных задачах. Данные методы обладают рядом преимуществ. Главными достоинствами нейросетевых структур являются высокая скорость расчета точных результатов и универсальность при решении различных видов оптимизационных задач. В статье предложено использовать для решения задач модифицированный алгоритм имитации отжига на основе RBF сети. Применение этого метода, позволит ускорить поиск оптимальных решений в различных видах задачах.

*Ключевые слова:* оптимальное решение, целевая функция, нейросетевые методы, динамическая система, задачи комбинаторики, гибридные нейронные сети, RBF сеть, имитация отжига.

### 1. Введение

В инженерной практике часто возникает проблема выбора наилучшего минимального или максимального варианта решения задачи. Одним из примеров воз-

никновения таких задач на практике является тестирование технического оборудования на производстве. Такие задачи являются оптимизационными, так как направлены на нахождение экстремума целевой функции на допустимом множестве. Выбор способа нахождения экстремума определяется классом задачи [4, с. 20].

Важным критерием поиска решения задач оптимизации является не только вычисление точного результата, но и скорость его получения. Для достижения высокой скорости поиска решения задач используются как технологии, так и методы оптимизации, реализующие параллельные вычисления.

В настоящее время существует множество технологий для реализации параллельных вычислений. К наиболее известным относится продукт от NVIDIA под названием CUDA. Она позволяет увеличивать вычислительную производительность благодаря использованию GPU (графических процессоров). Платформа CUDA обеспечивает набор решений для языков C и C++, позволяющих выражать как параллелизм данных, так и параллелизм задач на уровне мелких и крупных структурных единиц. Также к технологиям, которые обеспечивают данные возможности, относятся OpenGL, OpenCL и OpenMP.

Среди методов решения оптимизационных задач, которые способны выполнять параллельные вычисления, выделяются нейросетевые. Они созданы на основе нейросетевых структур, являющихся математической моделью человеческого мозга. Эти методы используются не только для поиска приближенного решения, но и для вычисления точных результатов, что обусловлено уже различной степенью трудно разрешимости задач.

## 2. Анализ современных технологий параллельных вычислений

Параллельные вычисления – это способ организации вычислений, при котором взаимодействующие между собой вычислительные процессы работают параллельно. Технологии, реализующие параллельные вычисления, основаны на различных архитектурах вычислительных систем (рис. 1). Она была предложена Майклом Флинном. В качестве классификационных признаков используются: характеристики системы команд компьютера (количество команд, структура адресной части команд), разрядность машинных слов, организация обработки данных и команд процессором.

	Один поток инструкций	Несколько потоков инструкций
Один поток данных	SISD	MISD
Несколько потоков данных	SIMD	MIMD

Рис. 1. Классификация Флинна

В большей степени распространена технология CUDA (Compute Unified Devise Architecture), предложенная для заметного облегчения написания GPGPU – приложений. CUDA строится на концепции, что GPU (device) выполняет роль массивно – параллельного сопроцессора к CPU (host). Написанная на CUDA программа задействует как CPU, так и GPU. При этом выполнение последовательного кода производится на CPU, а для массивно – параллельных вычислений соответствующего кода применяется GPU как набор одновременно выполняющихся нитей (threads) [3, с. 17].

Технология OpenCL предлагалась как кроссплатформенный аналог технологии DirectCompute и как кроссаппаратный аналог CUDA. Архитектура её вычислений сходна с внутренней архитектурой видеокарт. OpenCL не поддерживает рас-

пределенных вычислений. Данная проблема решается путем замены библиотек OpenCL (рис. 2).



Рис. 2. Архитектура распределенного OpenCL

Технология OpenGL является одной из самых популярных прикладных программных интерфейсов (API), предназначенных для разработки приложений в области двумерной и трехмерной графики. Она также является прослойкой между аппаратурой и пользовательским уровнем.

С точки зрения архитектуры графическая система OpenGL является конвейером, состоящим из нескольких последовательных этапов обработки графических данных (рис. 3).



Рис. 3. Функционирование конвейера OpenGL

OpenMP – механизм написания параллельных программ для систем с общей памятью. Данный интерфейс прикладного программирования для создания многопоточных приложений позволяет создавать их на алгоритмических языках Fortran и C/C++ [5, с. 16].

Также используются наборы библиотек для реализации параллельных вычислений в различных средах программирования. Наиболее известным является Cudafy.NET. Компонентами данной библиотеки являются:

- Cudafy Translator (Convert .NET code to CUDA C);
- Cudafy Library (CUDA support for .NET);

Cudafy Host (Host device wrapper);  
 Cudafy Math (FFT, BLAS, RAND, SPARSE).

Применение описанных технологий помогает разрешить проблему увеличения скорости поиска решений задач оптимизации. Эффективность технологий параллельных вычислений повышается в случае использования методов решения оптимизационных задач, основанных на параллельном выполнении расчётов. Для выбора конкретного метода при поиске решения необходимо руководствоваться информацией о месте задачи оптимизации в общей классификации.

### 3. Классификация задач оптимизации и методов их решения

Для описания классификации задач оптимизации необходимо рассмотреть их определение с математической точки зрения. Они представляют собой задачу минимизации или максимизации целевой функции  $f_0(x)$ ,  $x \in R^n$ , где  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ , на допустимом множестве  $P \subset R^n$  и записывается следующим образом:

$$f_0(x) \rightarrow \max(\min), x \in P.$$

В случае если допустимое множество  $P$  совпадает с  $R^n$ , то на изменение параметров оптимизации (координат точки в  $R^n$ ) нет никаких ограничений. В этом случае задача оптимизации называется задачей безусловной оптимизации. В противном случае, когда  $P \neq R^n$  – задача условной оптимизации [2, с. 20]. Более подробная классификация представлена на рисунке 4.

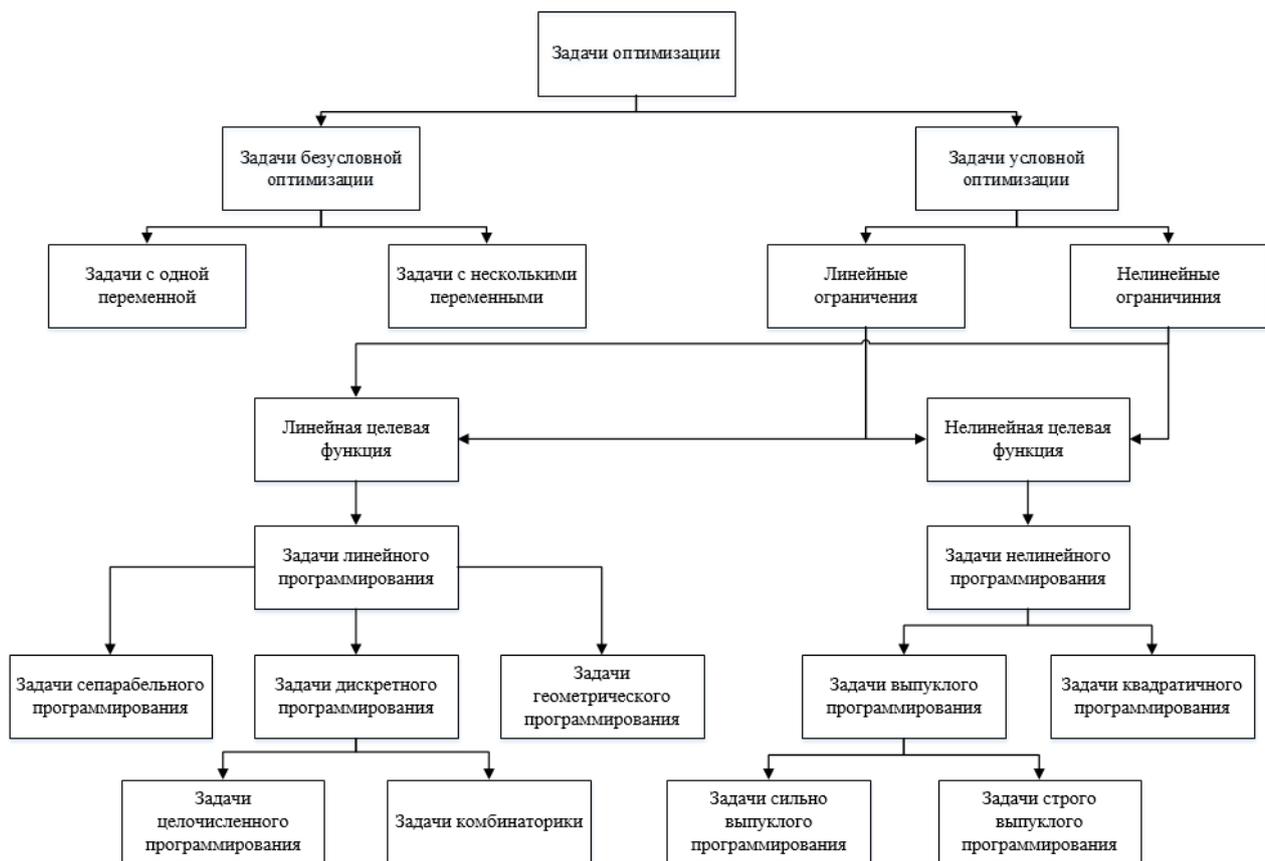


Рис. 4. Классификация задач оптимизации

Существует множество классификации стратегий поиска оптимального решения. Во многих из них стратегии поиска делятся на три группы: статистические методы, градиентный и одномерный поиск (рис. 5).

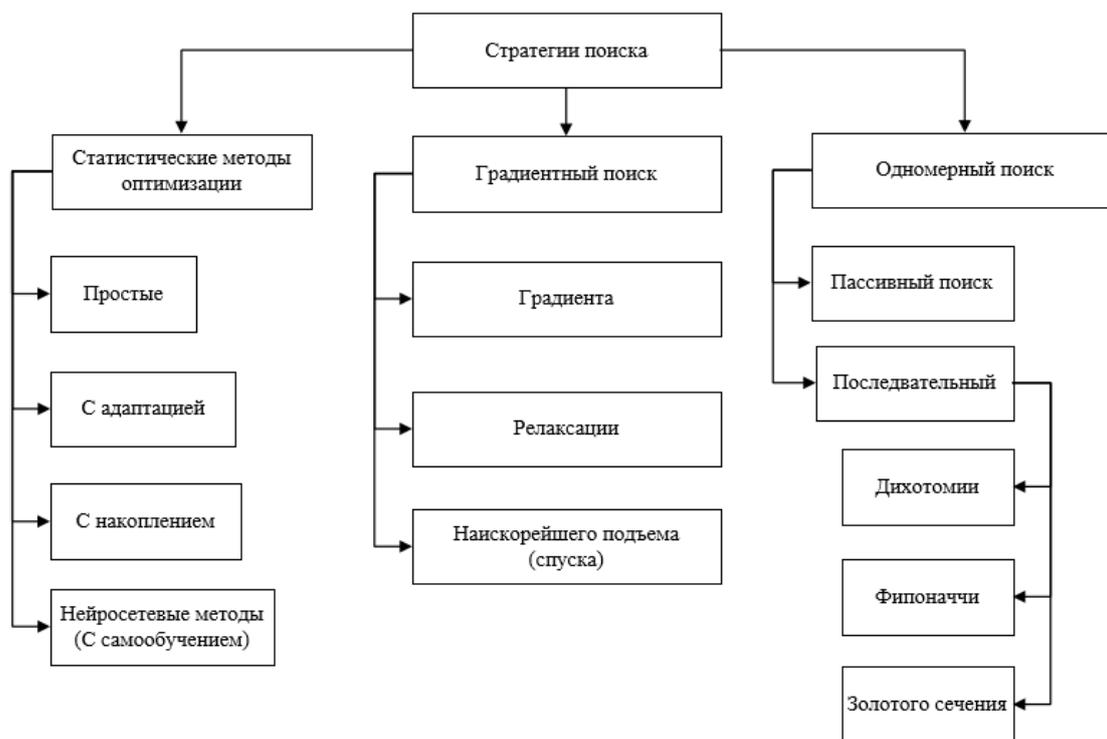


Рис. 5. Классификация методов оптимизации

Среди методов, приведенных в классификации на рисунке 5, именно нейросетевые выделяются своей высокой скоростью выполнения вычислений и гибкостью использования. Архитектура данных методов строится на основе математической модели нейронных сетей.

#### 4. Анализ нейросетевых методов оптимизации

Особое внимание к применению нейронных сетей для решения оптимизационных задач обусловлено следующими причинами:

- распараллеливание вычислительного процесса;
- высокая скорость получения результата при эмуляции на ЭВМ и аппаратной реализации.

С помощью нейронных сетей возможен поиск решений для задач комбинаторной и дискретной оптимизации с заданным качеством, применительно к техническим системам. Сети гарантируют нахождение строго оптимального решения, но существуют случаи, когда они вычисляют приближенное решение. Это происходит вследствие высокой степени сложности разрешимости самой задачи. Различают несколько видов трудно разрешимых задач, но к «самым сложным» относят NP-класс.

Все нейронные сети можно разделить на следующие типы: статические, динамические, нетрадиционные сети и нейронные сети, построенные на нечеткой логике.

Наибольший интерес для задач оптимизации представляют динамические и нетрадиционные нейронные сети. Наиболее подходящими в динамических сетях являются сеть Хопфилда и сеть Кохонена. Сеть Хопфилда является полностью связной нейронной сетью с обратными связями. Их относят к динамическим устойчивым системам. Динамика таких сетей достигается сходимостью к одному из положений равновесия в процессе работы, когда следующее состояние сети в точности равно предыдущему. В нетрадиционных сетях выделяются метод эластичной сети и растущие нейронные сети. Из векторных сетей подходящей для решения задач опти-

мизации является сеть Поттса. Главным отличием, которой является более сложный тип нейронов – Поттсоновские нейроны.

При решении оптимизационных задач применяются также модифицированные и комбинированные методы на основе существующих нейронных сетей. Предлагается для поиска глобального оптимума функции и качественного анализа исследуемой области значений использовать метод имитации отжига на основе RBF сети.

### 5. Постановка задачи

Пусть имеется  $n$  значений заданных генератором случайных чисел. Они образуют вектор входных значений  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  для RBF сети и ММ (математической модели)  $F(x)$ .

ММ  $F(x)$  осуществляет расчет целевых значений (обучающей выборки) для сети RBF. Сеть выполняет аппроксимирование функции с помощью функций Гаусса. Выход сети вычисляется следующим образом:

$$Y(x) = f_{lin}(\sum_{i=1}^m f_{rbf}(x_i * w_i)),$$

где  $x_i$  –  $i$ -ое значение входного вектора сети  $X$ ;  $w_i$  –  $i$ -ое значение вектора весов;  $f_{rbf}$  – радиальная функция;  $f_{lin}$  – линейная функция. Инициализация вектора весов  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_k\}$  выполняется случайно при условии  $0 \leq w_i \leq 1$ .

Выбор глобального оптимума аппроксимированной функции выполняется с помощью алгоритма имитации отжига. Поиск оптимального решения в алгоритме подчиняется вероятности в соответствии с распределением Гиббса, которое в общем виде представлено следующим образом:

$$f(\varepsilon) = e^{-\frac{\varepsilon}{kT}},$$

где  $\varepsilon$  – полная энергия элементов системы;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – абсолютная температура. Условием прекращения работы алгоритма является достижение ранее заданного значения  $T > 0$ .

### 6. Описание модифицированного алгоритма имитации отжига на основе RBF сети

Сеть RBF используется для выполнения поиск субоптимального решения в пространстве меньшей размерности, которое аппроксимирует достаточно точное решение. Аппроксимирующее решение при ограничении  $C$  базисными функциями представляется в следующем виде:

$$F(x) = \sum_{i=1}^C w_i \varphi(\|x - c_i\|).$$

В это выражении  $C < p$ , а  $c_i (i = 1, 2, \dots, C)$  – это множество центров, которые необходимо определить.

Обучение сети выполняется путем подбора параметров радиальных функций и весов сети сводится к минимизации целевой функции, которая имеет следующую форму:

$$E = \sum_{i=1}^p [\sum_{j=1}^C w_j \varphi(\|x_i - c_j\|) - d_i]^2,$$

где  $C$  – количество радиальных нейронов, а  $p$  – количество обучающих пар  $(x_i, d_i)$ , в свою очередь  $x_i$  – входной вектор,  $d_i$  – соответствующая ему величина.

В качестве радиальной функции используется чаще всего функция Гаусса, которая имеет сокращенный вид при размещении ее центра в точке  $c_i$ :

$$\varphi(x) = \varphi(\|x_i - c_i\|) = \exp\left(-\frac{\|x - c_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right).$$

В данном выражении  $\sigma_i$  – это параметр, от которого зависит ширина радиальной функции [6, с. 134]. Линейная функция имеет следующий вид [8, с. 122]:  $Y = k * \varphi(x)$ , где  $k$  – угол наклона прямой.

Вектор выхода RBF сети  $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$  используется в качестве вектора входных значений алгоритма имитации отжига. Выбор значения  $y^*$  на каждой итерации алгоритма выполняется аналогично применяемому в методах градиентного спуска:

$$y^* = y_n + \Theta * v_i,$$

где  $y_n$  – текущее значение;  $y^*$  – выбранное для сравнения значение;  $\Theta_j$  – случайно сгенерированный вектор, такой что  $\|\Theta\| = 1$ ;  $v_i$  – значение вектора  $V$ , который задается относительно случайно. Значение  $y_n$  вычисляется с вероятностью  $P(y_n, y^*)$  в соответствии с распределением Гиббса:

$$P(y_n, y^*) = \begin{cases} 1, & y^* - y_n < 0 \\ e^{-\frac{y^* - y_n}{Q_i}}, & y^* - y_n \geq 0 \end{cases},$$

где  $Q_i > 0$  – элементы убывающей, сходящейся к нулю положительной последовательности. Алгоритм останавливается по достижении определенного ранее значения  $Q_i$ . Блок-схема предложенного алгоритма представлена на рисунке 6.

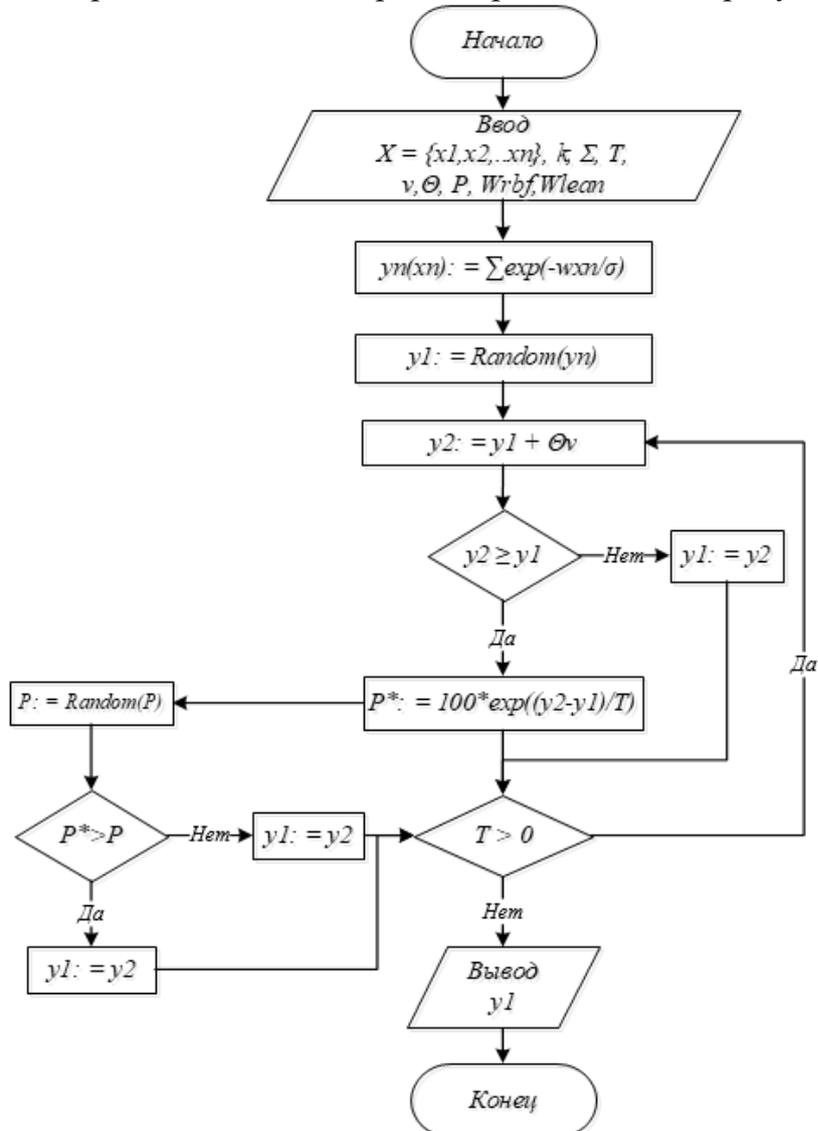


Рис. 6. Блок-схема алгоритма имитации отжига на основе RBF сети

## 7. Заключение

Предложенный модифицированный метод требует меньшего времени выполнения вычислений, так как в процессе его работы выполняется распараллеливание вычислительного процесса. Это позволяет решить проблему ускорения поиска решений при реализации метода на параллельных вычислительных платформах. Выбор качественного метода обучения и обучающей выборки нейронной сети обеспечивает достаточную гибкость при решении различных видов оптимизационных задач.

Дальнейшая работа будет направлена на выбор среды реализации предложенного метода и выполнение экспериментальных исследований качества вычислений.

### Список литературы

1. Villarrubia G., De Paz J. F., Chamoso P., De la Prieta F. Artificial neural networks used in optimization problems // *Neurocomputing*. – 2017. – №248. – P. 726-737.
2. Аттетков А. В. Введение в методы оптимизации. Учебное пособие. М.: Финансы и статистика; ИНФРА – М, 2008. 272 с.
3. Боресков А. В., Харламов А. А. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 232 с.
4. Котлярова В. В., Бабаев А. М. Применение генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач // Сборник статей Международной научно-практической конференции "Современные технологии в научном пространстве". – Пермь: НИЦ АЭТЕРНА, 2017. – С. 20-24.
5. Левин М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP: учебное пособие. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 118 с.
6. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И. Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.
7. Сандерс Дж., Кэндрон Э. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / Пер. с англ. Слинкина А. А., науч. ред. Боресков А. В. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 233 с.
8. Филатова Т. В. Применение нейронных сетей для аппроксимации данных // Вестник Томского государственного университета. – 2004. – №4. – С. 121-125.

## ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ПРИЕМНИКА ШИРОКОПОЛОСНЫХ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ СТРУКТУРНОЙ ПОМЕХИ

*Галев А.В.*

доцент кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства», канд. техн. наук, доцент,  
Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана,  
Россия, г. Москва

*Юдачев С.С.*

доцент кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства»,  
декан Радиотехнического факультета, канд. техн. наук, доцент,  
Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана,  
Россия, г. Москва

В статье проведены исследования помехоустойчивости корреляционного приемника широкополосных шумоподобных сигналов с компенсацией структурной помехи на входе приемника. Рассматривалось воздействие модулированных и немодулированных

структурных помех различной мощности и степени корреляции с используемыми сигналами при наличии шума. Результаты работы могут быть использованы для расчета помехоустойчивости систем связи и навигации с широкополосными шумоподобными сигналами в сложной помеховой обстановке.

*Ключевые слова:* помехоустойчивость, шумоподобный сигнал, корреляционный приемник, структурная помеха, компенсация.

В современных системах радиосвязи и навигации находят применение широкополосные системы с шумоподобными сигналами (ШПС) [1-3]. При работе таких систем наряду с шумовыми, импульсными, узкополосными и другими могут действовать и так называемые структурные помехи, представляющие собой ШПС такого же типа, как и используемые в системе [4]. Структурная помеха возникает в случае, если передатчик мешающего абонента расположен существенно ближе передатчика полезного абонента, имеет достаточно большую мощность и его сигнал сильно коррелирован с принимаемым сигналом. Можно говорить также и о преднамеренной помехе, назначение которой нарушить работу системы. Структурная помеха по своим статистическим свойствам далека от гауссовского случайного процесса. Анализ ее воздействия на помехоустойчивость системы необходимо проводить с использованием структурных свойств полезного сигнала и помехи и с учетом распределения их энергии. В работе [4] приведены способы исследования влияния структурной помехи и предложена оценка помехоустойчивости полезной информации. Повышение помехоустойчивости приема сигналов в таких системах является актуальной задачей.

В [5] исследована помехоустойчивость корреляционного приемника с автокомпенсатором для подавления мощной структурной помехи применительно к шумоподобным сигналам с минимальной частотной манипуляцией. Автокомпенсатор используется на входе корреляционного приемника, оценивает параметры структурной помехи, формирует на этой основе сигнал и вычитает его из смеси полезного сигнала и помехи. Такой подход требует достаточно больших аппаратных затрат и высокой точности. В [6] приведены результаты исследования корреляционного приемника с автокомпенсатором для подавления мощной структурной помехи также на входе корреляционного приемника с формированием копии помехи и использованием бланкирования для управления временным селектором. Реализация такой системы представляется также достаточно сложной.

В связи с этим представляет интерес повышение помехоустойчивости при когерентном приеме сигналов на выходе корреляционного приемника при наличии на входе полезного сигнала, структурной помехи и шума. Это явилось результатом проведенных исследований и составило их научную новизну.

Рассмотрим возможность построения приёмного устройств широкополосной системы с компенсацией структурной помехи на его выходе. Немодулированной структурной помехой будем называть такую, для формирования которой используется одна и та же повторяющаяся кодовая последовательность. Модулированной структурной помехой будем называть такую структурную помеху, для формирования которой используются разные кодовые последовательности.

Проанализируем влияние структурных помех на устройство оптимальной обработки в случае когерентного приёма с ортогональными сигналами. Как пока-

зал анализ [7], вероятность ошибки  $p$  в этом случае есть функция не только  $h_c$ , но и  $P_{II}$ ,  $r_1$  и  $r_2$ , то есть

$$p = f\left(h_c, \frac{P_{II}}{P_C}, r_1, r_2\right).$$

Здесь  $h_c^2$  – отношение энергии сигнала к спектральной плотности белого шума;  $P_{II}/P_C$  – отношение мощности структурной помехи к мощности сигнала;  $r_1$  и  $r_2$  – коэффициенты взаимной корреляции между используемыми сигналами и структурной помехой.

Объясняется это тем, что поскольку оптимальный приёмник вычисляет функцию взаимной корреляции между опорным и принятым сигналами, то на его выходе в момент отсчёта появляется отклик, характеризующий эту функцию. Поэтому в выражения, характеризующие напряжения на выходах корреляторов, входят члены, пропорциональные мощности структурной помехи и коэффициенту взаимной корреляции её с каждым из опорных сигналов. Поскольку решающая схема осуществляет операции вычитания напряжений с двух корреляторов и сравнения этой разности с нулевым порогом (в случае равенства энергий информационных сигналов и равновероятности их появления), то на пороговой схеме появится напряжение  $\Delta u$ , пропорциональное разности напряжений от структурной помехи в каждом из корреляторов (рис. 1), где  $W(u_1)$  и  $W(u_2)$  – плотности вероятности напряжений  $u_1$  и  $u_2$ .

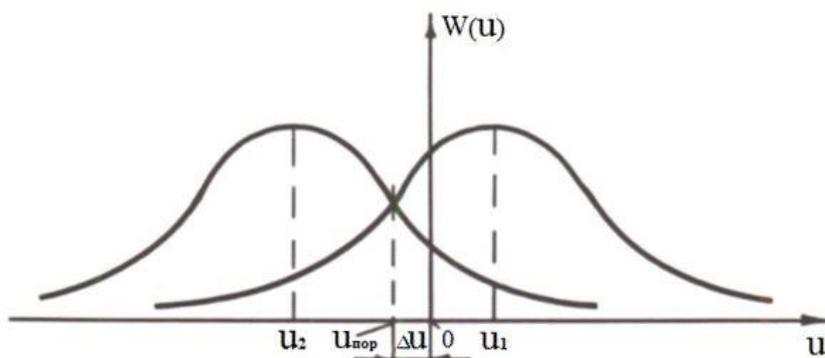


Рис. 1.

В результате этого порог будет уже не нулевым, что влечёт за собой увеличение вероятности ошибки  $p$ . Причём, чем больше будет  $\Delta u$ , тем больше будет смещение порога от нуля, и, таким образом, больше  $p$ .

Чтобы сделать вероятность ошибки независимой от структурной помехи, нужно выделить напряжение  $\Delta u$  и, подав его с противоположным знаком на пороговую схему, скомпенсировать.

Кроме структурной помехи на входе приёмного устройства действует нормальный белый шум и полезные сигналы – переносчики информации. Рассмотрим возможность выделения напряжения  $\Delta u$  из того напряжения, которое действует на входе решающей схемы. Для этого обратимся к особенностям статистических характеристик нормального белого шума, информационных сигналов и структурной помехи. Известно, что в результате прохождения нормального белого шума через коррелятор на его выходе появится напряжение, которое характеризуется нормаль-

ным нестационарным случайным процессом с возрастающей дисперсией и нулевым математическим ожиданием. Известно также, что в любой рационально построенной системе передачи дискретной информации символы кодовых последовательностей приблизительно равновероятны. И, наконец, если структурная помеха является немодулированной, то напряжение на выходе коррелятора от неё будет постоянным.

Перечисленные статистические характеристики информационных символов и структурной помехи позволяют синтезировать приёмное устройство с компенсацией на его выходе структурной помехи (рис. 2).

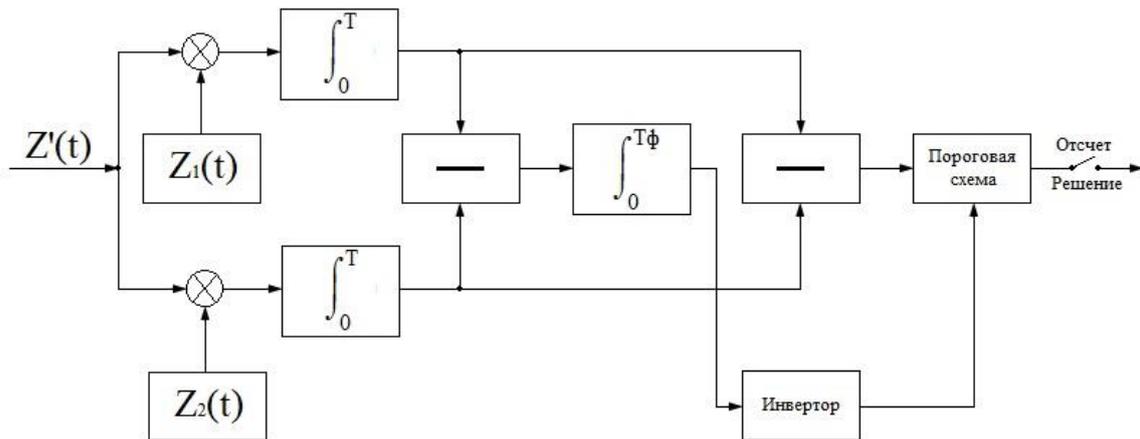


Рис. 2.

Рассмотрим работу этого устройства. Оно отличается от обычного устройства оптимальной обработки тем, что в него входит ещё одна схема вычитания, интегратор с временем интегрирования  $T_\phi$  и инвертор. Напряжения с выходов каждого из интеграторов поступает на схему вычитания, затем разность этих напряжений интегрируется за время  $T_\phi$  ( $T_\phi \gg T$ ), инвертируется и поступает на пороговую схему. Поскольку напряжение на выходе коррелятора от нормального белого шума имеет нулевое математическое ожидание, то разность двух таких напряжений будет иметь также нулевое математическое ожидание и на выходе интегратора с временем интегрирования  $T_\phi$  даст ноль. С учётом того, что информационные символы равновероятны и  $T_\phi \gg T$ , напряжение от них на выходе интегратора также будет равно нулю. А так как напряжения от структурной помехи на выходе каждого коррелятора будут постоянны от периода к периоду, то схема вычитания выявит их разность и на выходе интегратора получится напряжение  $\Delta u$ . Далее оно с противоположным знаком поступит на пороговую схему, где скомпенсирует напряжение  $\Delta u$  в решающей схеме, и, таким образом, восстановит оптимальный нулевой порог.

Хотя здесь рассматривалась работа приёмного устройства в случае действия одной структурной помехи, всё указанное выше справедливо и для случая действия  $k$  структурных помех. В самом деле, в случае действия нескольких структурных помех на выходе каждого коррелятора появится напряжение, пропорциональное мощностям и коэффициентам взаимной корреляции этих помех с опорными сигналами [7]. В результате порог будет смещен на напряжение  $\Delta u$ , равное разности

напряжений после каждого коррелятора, и  $p$  будет расти. Предложенная же схема выделит  $\Delta i$  и скомпенсирует его, восстановив оптимальный нулевой порог. Вычитающее устройство, интегратор с временем интегрирования  $T_\phi$  и инвертор представляют собой вариант компенсатора структурной помехи на выходе приёмного устройства.

Рассмотрим теперь некоторые особенности работы синтезированного приёмного устройства с компенсатором в случае изменений параметров структурной помехи. Можно рассмотреть следующие виды структурных помех:

1. Помеха не модулирована и действует непрерывно.
2. Помеха не модулирована и действует прерывисто.
3. Помеха модулирована и действует непрерывно.
4. Помеха модулирована и действует прерывисто.

Если структурная помеха будет такой, что разность функций взаимной корреляции (ФВК) её с каждым из используемых в системе опорных сигналов в течение всего времени действия структурной помехи остается неизменной, то структурная помеха будет компенсироваться полностью. Это может быть в том случае, когда структурная помеха является немодулированной, действует непрерывно и несущие частоты сигнала и помехи совпадают, либо структурная помеха является модулированной (несущие частоты так же совпадают), действует непрерывно, но разность ФВК между каждой кодовой последовательностью структурной помехи и опорными сигналами остается постоянной. Если же структурная помеха такова, что разность ФВК её с каждым из опорных сигналов меняется, то интегратор будет лишь частично отслеживать структурную помеху, и компенсация её в пороговой схеме будет неполной. Это будет в случае, когда структурная помеха будет модулированной, когда она действует прерывисто или непрерывно, то есть когда разность ФВК кодовых её последовательностей с опорными сигналами меняется. Структурная помеха может быть и немодулированной, действовать прерывисто или непрерывно, но её несущая частота отличается от несущей частоты информационных сигналов. Очевидно, что чем быстрее будет меняться разность ФВК между структурной помехой и опорными сигналами, тем слабее будет компенсация структурной помехи.

Основным элементом компенсатора является интегратор на время интегрирования  $T_\phi$ . Это объясняется тем, что этот интегратор выполняет одновременно три функции:

- 1) «снимает» информационные символы путём их усреднения за определенное время;
- 2) усредняет напряжение от действия нормального белого шума;
- 3) выделяет напряжение, обусловленное действием структурных помех.

Остановимся на выборе времени интегрирования  $T_\phi$ , поскольку оно определяет работу компенсатора. Нижний предел  $T_\phi$  определяется тем количеством информационных сигналов, интегрируя которые получим нулевое среднее значение. Поскольку в рационально построенной системе символы исходных последовательностей приблизительно равновероятны, то пределы времени интегрирования можно выбрать такими:

$$10T \leq T_\phi \leq 100T .$$

Верхний предел времени интегрирования определяется характером структурной помехи. Если структурная помеха такова, что при её действии разность ФВК между ней и опорными сигналами меняется, то желательно  $T_\phi$  выбирать как можно меньше, чтобы структурная помеха отслеживалась лучше. Чем меньше скорость изменения разности ФВК, тем больше можно брать  $T_\phi$ , и наоборот, чем больше скорость изменения разности ФВК, тем меньше нужно брать  $T_\phi$ . Поскольку интегратор с малым  $T_\phi$  всегда отслеживает как быстрые, так и медленные изменения на входе, а с большим  $T_\phi$  – только медленные, то целесообразнее выбрать  $T_\phi$  возможно меньше. Однако нижний предел  $T_\phi$  ограничен величиной  $(10 \div 100)T$ .

Если считать компенсатор идеальным, то можно построить теоретические зависимости выигрыша по помехоустойчивости при разных параметрах структурных помех и информационных сигналов. Для когерентного приёма противоположных сигналов такие зависимости, построенные по формуле 22 [7] приведены на рис. 3 ( $p$  – вероятность ошибки при приёме информационного символа без компенсации;  $p_k$  – вероятность ошибки при приёме информационного символа с компенсацией структурной помехи).

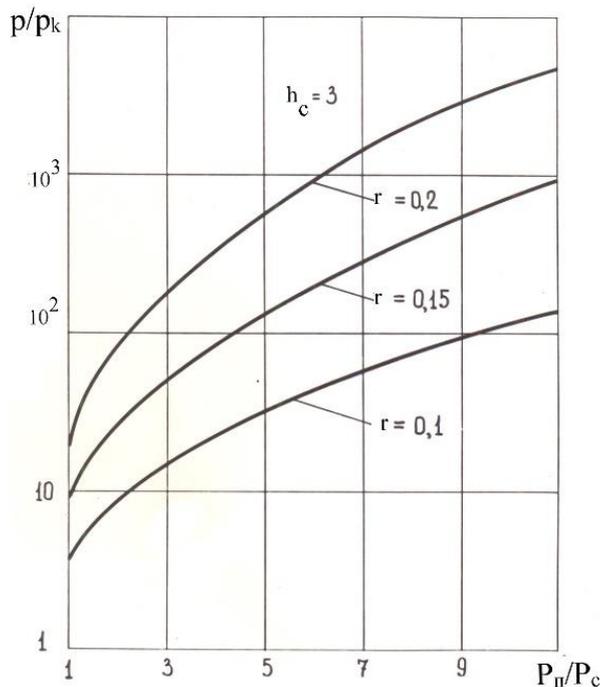


Рис. 3.

Для проверки работоспособности и эффективности предложенного варианта компенсатора были проведены исследования на экспериментальном стенде, в состав которого входила широкополосная система с шумоподобными сигналами (на основе  $M$  – последовательностей) с приёмным устройством, содержащим такой компенсатор в виде приставки. Структурная схема стенда приведена на рис. 4.



Рис. 4.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных на стенде для различных видов структурных помех, оформлены в виде графиков и представлены на рис. 5-6. На рис. 5 показаны зависимости выигрыша по помехоустойчивости от величины коэффициента корреляции  $r$  между немодулированной когерентной структурной помехой и опорными сигналами при различных отношениях  $P_{II}/P_C$ ,  $h_c = 3,1$  и  $p = 10^{-4}$ . Эти зависимости показывают, что при отношении  $P_{II}/P_C$ , составляющем несколько раз, и  $r = 0,3$  выигрыш в достоверности приёма достигает величины  $10^3$ .

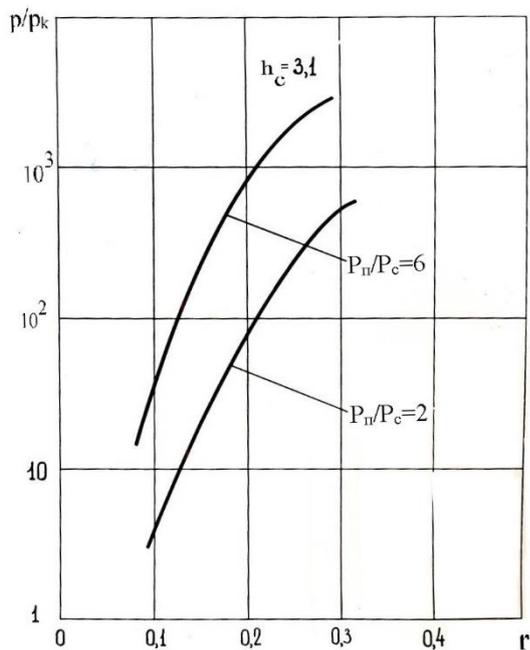


Рис. 5.

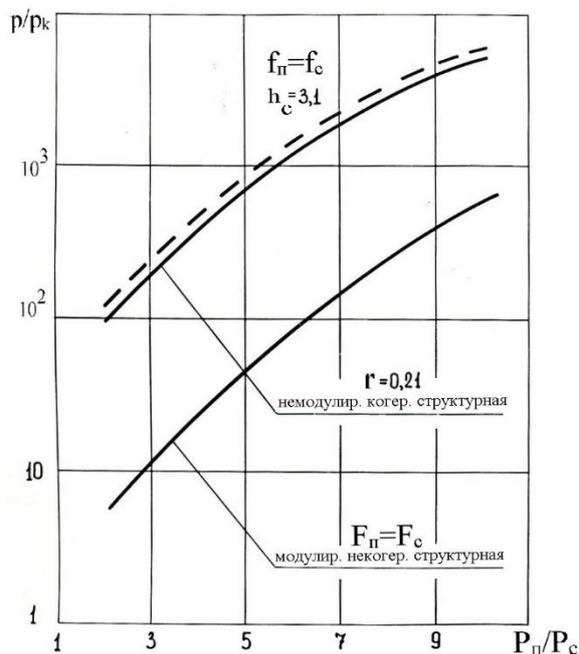


Рис. 6.

Зависимости выигрыша в достоверности приёма от отношения  $P_{II}/P_C$  для немодулированной когерентной с  $r = 0,21$  и модулированной некогерентной с  $F_{II} = F_C$  ( $F_C$  – частота следования информационных символов) структурных помех при  $h_c = 3,1$  и  $f_{II} = f_C$  показаны на рис. 6. Они показывают, что при  $P_{II}/P_C = 10$  вы-

игрыш в достоверности приёма для модулированной некогерентной структурной помехи достигает  $\sim 7 \cdot 10^2$ . Представляет интерес сравнение теоретических зависимостей выигрыша и достоверности приёма с экспериментальными. На рис. 6 для  $h_c = 3,1$ ,  $r = 0,21$  приведены экспериментальная зависимость (сплошная линия) и теоретическая (штриховая линия). Расхождение между теоретической кривой и экспериментальной не превосходит 15% отклонения от теоретической кривой.

#### Список литературы

1. Системы сотовой и спутниковой связи / В.В. Калмыков, И.Б. Федоров, С.С. Юдачев. Изд-во «Рудомино», 2010. 280 с.
2. Скляр, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 1104 с.
3. Proakis J.G., Digital Communications, 4-th ed. New York: McGraw – Hill, 2000.
4. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
5. Бондаренко В.Н., Краснов Т.В. Помехоустойчивость корреляционного приемника шумоподобного сигнала с автокомпенсатором структурной помехи. Известия вузов России. Серия “Радиоэлектроника”, 2012, вып.1. С. 58.
6. Бондаренко В.Н., Гарифуллин В.Ф., Краснов Т.В., Галеев Р.Г. Эффективность подавления структурной помехи корреляционным приемником шумоподобного сигнала с автокомпенсатором. Известия вузов России. Серия “Радиоэлектроника”, 2013, вып.5, с.18.
7. Галев А.В., Косолапов А.С. Исследование влияния структурных помех на помехоустойчивость систем с широкополосными шумоподобными сигналами при когерентном приеме. Наука и образование: электронное научно-техническое издание. Эл. № ФС 77-30569/400050.04,2012. <http://technomag.edu.ru/doc/400050.html>

### МОДЕЛЬ ТРАВМОБЕЗОПАСНОЙ ЗАЩИТНОЙ РЕШЁТКИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ

*Генералова А.А.*

доцент кафедры «Транспортные машины», канд. техн. наук, доцент,  
Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза

*Хабибуллин Р.Р.*

студент факультета машиностроения и транспорта,  
Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза

В работе предложена модель защитной решётки (кенгурина) автомобиля для уменьшения степени травмирования пешеходов. Рассмотрены прикладные аспекты решения задачи анализа статической прочности и жесткости несущих (силовых) элементов конструкции предложенной конструкции. В роли метода анализа применяется метод конечных элементов, а в роли среды моделирования – SolidWorks (Simulation). 3D модели реализованы в виде деталей и сборок, максимально адаптированных к последующему конечноэлементному анализу. Результаты, которые были получены, позволяют оценить проектное решение, получая выводы о его эффективности с точки зрения рациональности выбранной конструктивной схемы.

*Ключевые слова:* автомобиль, кенгурин, травмирование пешехода, синтетическая резина.

Сейчас использование кенгуринов является распространённым явлением. Благодаря кенгуринам транспортное средство приобретает иной эстетический вид, становясь более хищным, массивным, брутальным. Однако в некоторых государствах активен вопрос о полном запрете применения этих приспособлений. Данные инициативы отталкиваются от того, что основная конструкция кенгурина на капотной части автомобиля становится серьёзной угрозой для пешеходов при столкновении [1, с 56].

Кенгурины относятся к приспособлениям, которые напрямую влияют на аэродинамику и управление автомобилем [2. с. 120]. Их применение защищает облицовку радиатора, фары капота от соприкосновения кустов, столкновения с всяческими предметами при езде по пересечённой местности.

Кенгурины на достаточном уровне защищают автомобиль в процессе езды по сугробам, а для водителей, у которых малый опыт вождения станут находкой во время «попадания» в проём гаража, а также возможно случайного столкновения автомобиля с металлическими гаражными дверьми.

Так как конструктивные элементы защитной решётки обязаны выдерживать определенные нагрузки при столкновении с препятствиями, то к их изготовлению предъявляют строгие требования.

Существует несколько видов кенгуринов:

1. Расширенные защитные решётки (рис. 1). Конструкция такого кенгурина может защитить не только автомобильный бампер, но также крылья и фары автомобиля.



Рис. 1. Модель расширенного кенгурина

2. Подковы (рис. 2). По своей конструкции такой вид защитных решёток способен защитить автомобиль от возможных повреждений в области бампера и радиаторной решетки, которые, к примеру, могут произойти при наезде на высокий бордюр.



Рис. 2. Модель кенгурина-подковы

Вопрос уровня защиты транспортного средства от возможных повреждений в процессе аварии или столкновений с использованием защитной решётки всё ещё не закрыт. Этот факт зависит от множества причин – от степени столкновения (сложности аварии) до использования в качестве защитного устройства. В связи с чем ожидать положительный эффект в момент сильного удара не приходится. Однако наличие защитного устройства в значительной степени изменяет угол столкновения в момент удара автомобиля и салона с пассажирами, что существенно повышает вероятность выживания. Использование кенгурина защитит автомобиль от незначительного столкновения с другими транспортными средствами (что особенно актуально в больших городах в час пик во время пробок), предотвратит разрушение капота, передние фары, радиаторную решётку и оперенье кузова. Плоская конструкция защитного средства также уменьшит степень разрушения заднего бампера впереди идущего автомобиля.

В связи с этим необходимо провести прочностной расчет конструктивных элементов защитной решётки, с целью выявления ошибок проектирования, а также напряжений, деформаций, перемещений и запаса прочности [3, с. 84].

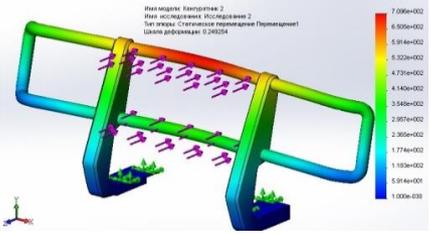
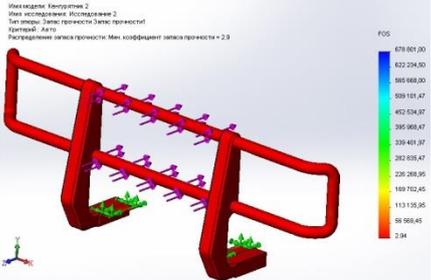
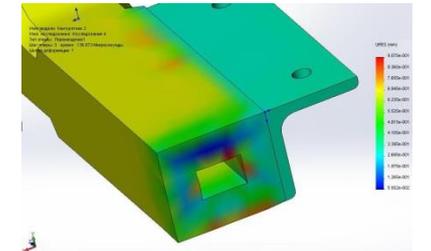
С целью уменьшения степени травмирования пешехода в данной работе предлагается изготавливать защитную решётку автомобиля из синтетической резины. Наиболее адекватное представление о НДС конструкции даёт эпюра напряжений, построенная на деформированной конечноэлементной модели конструкции. Оценка НДС резиновых элементов кенгурина производилась от действия избыточного давления.

Для расчета взаимодействия воспользуемся программным приложением Solid Works Simulation, которое позволит получить необходимые расчеты и провести их анализ (таблица). К конструктивным элементам прикладывалась сила 1000 Н.

Таблица

Результаты НДС

1	2
Эпюра нагружений	
Эпюра деформаций	

1	2
Эпюра перемещений	
Эпюра коэффициента запаса прочности	
Эпюра перемещений в местах крепления кенгурина	
Эпюра деформаций кенгурина в местах крепления	

На основе расчетов были получены эпюры напряженно деформированного состояния кенгурина, представленные в таблице. Представлены внутренние напряжения в каждом из узлов элементов. Результаты отображаются с помощью цветовой палитры: синий цвет указывает на минимальное значение напряжений, а красный – на максимальные. Анализ эпюр показывает, что критические напряжения, которые могут привести к разрушению, находятся в зоне крепления кенгурина к кузову автомобиля.

Проведенный прочностной анализ деталей показал максимальные и минимальные деформации, перемещения и напряжения. Оценка полученных результатов показывает работоспособность конструкции и соответствие заданным техническим требованиям.

#### Список литературы

1. Орлов, Л.Н. Пассивная безопасность и прочность кузовов, кабин автотранспортных средств: учеб-методическое пособие для вузов / Л.Н. Орлов, А.В. – Н. Новгород: НГТУ, 2013. – 122 с.
2. Евграфов, А.Н. Аэродинамика автомобиля: учебное пособие / А.Н. Евграфов. – М.: МГИУ, 2010. – 356 с.
3. Орлов, Л.Н. Основы разработки конечно-элементных моделей кузовных конструкций автотранспортных средств Расчеты на безопасность и прочность: учеб. пособие / Л.Н. Орлов, А.В. Тумасов, Е.В. Кочанов [и др.]. – Н. Новгород: НГТУ, 2014. – 144 с.

## РАССМОТРЕНИЕ ПРОЦЕССОВ УДАЛЕНИЯ АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

*Дзейгов Б.И.*

магистрант, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, г. Нижний Новгород

*Бервинова А.В., Леонтьева Н.Н.*

студентки, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, г. Нижний Новгород

В статье рассматриваются методы удаления азота из сточных вод. Улучшение качества воды – очень важная задача. Качество воды сильно влияет на экологическую среду. Важными задачами являются очистка воды от вредных примесей и патогенных инфекций, а также интенсификация существующих методов и разработка более эффективных методов.

*Ключевые слова:* очистка сточных вод от соединений азота, рассмотрение методов удаления азота из сточных вод.

Главной задачей очистки сточных вод является удаление вредных примесей и минимизация затрат на очистку загрязненных вод. Современные требования к качеству воды ставят более жесткие задачи к технологическим схемам очистки воды и утилизации осадков. К одной из важных задач относят и очистку сточных вод от элементов азота и фосфора, которые относятся к биогенным соединениям (присутствующим в составе живых микроорганизмов).

Существуют следующие методы очистки сточных вод от биогенных элементов.

1. Биологический метод удаления азота основан на процессе нитрификации и денитрификации. Процесс нитрификации представляет собой совокупность реакции биологического окисления аммонийного азота до нитритов и далее до нитратов. В процессе денитрификации происходит окисление органических веществ при восстановлении азота нитратов до свободного азота.

Характерной особенностью денитрифицирующих бактерий является возможность использовать источники энергии в присутствии кислорода или без него с восстановлением нитратов и образованием азота. Биологический метод удаления аммонийного азота из сточных вод является наиболее приемлемым в современных условиях [1, с. 450].

Глубокую биологическую очистку сточных вод от соединений азота можно осуществить двумя способами:

- с использованием прикрепленной активной биомассы;
- с использованием биомассы (активного ила), находящейся во взвешенном состоянии.

В обоих способах могут быть использованы комбинированные и отдельные системы очистки. В комбинированных системах предусматривается проведение в одном сооружении нитрификации и денитрификации, а в отдельных – только один из процессов – нитрификация или денитрификация. В отдельных системах с использованием взвешенной культуры процессы очистки сточных вод от органических веществ, нитрификация и денитрификация осуществляются специфическими илами, после каждой ступени очистки имеется свой вторичный отстойник. Последовательность отдельных стадий процесса очистки может быть самая разнообразная.

Достоинством таких методов очистки является высокая скорость, легкость управления и устойчивость на каждой стадии. Недостатком отдельных систем является наличие дополнительных вторичных отстойников, требующих дополнительных затрат на обслуживание насосных станций для перекачивания циркулирующего ила из-за перепадов высот. В целях экономии энергозатрат в технологии нитр-денитрификации применяется система с круговым движением воды.

Одним из методов очистки сточных вод от азота является очистка в биологических прудах с значительным развитием водорослей. В результате жизнедеятельности зеленых водорослей в прудах осуществляется непосредственное потребление соединений азота из сточных вод, а также значительное снижение концентрации других остаточных загрязнений. В данном случае технологическая схема доочистки сточных вод предусматривает трехсекционный аэрируемый биопруд, в котором в первых двух секциях происходит доочистка сточных вод за счет развивающихся водорослей. А в третьей – возможно наращивание зоопланктонных организмов, утилизирующих водорослей.

Задействование в биологических прудах искусственной аэрации позволяет повысить производительность сооружений очистки сточных вод, но и обеспечить стабильность качества очищенных вод и практически исключить влияние климатических условий на процесс очистки сточных вод в течение всего года.

## 2. Физико-химические методы удаления азота.

- Одним из методов удаления азота является хлорирование активным хлором. Добавление активного хлора к воде образует соляную и хлорноватистую кислоту, после чего аммиак реагирует с хлорноватистой кислотой, образуя хлорамины. Прибавление активного хлора превращает хлорамины в закись азота (нерастворимый газ). Недостаток метода хлорирования состоит в том, что почти весь вводимый хлор восстанавливается в ионы хлорида, что приводит к повышению концентрации растворенных солей в очищенной сточной воде.

- Метод обратного осмоса заключается в применении полупроницаемых мембран, фильтрующих взвешенные вещества с большой степенью очистки до 98,5%. Но процесс, основанный на свободном пропуске молекул растворителя при фильтровании сквозь мембрану и задержку молекул или ионов растворенных веществ, требует тщательной предварительной очистки и умягчения воды.

- Метод окисления озоном заключается в окислении аммиака в нитрат, в результате устраняется расход кислорода на окисление азота в отходах. В сточных водах протекает реакция первого порядка относительно концентрации аммиака и скорость протекания реакции повышается с увеличением щелочности выше диапазона 7-9 и с ростом парциального давления озона. Эффективность удаления аммиака можно достичь только при поддержании щелочной среды [2, с. 180].

- Метод отдувки аммиаком заключается в удалении азотного аммиака на отдувке из раствора воздухом при щелочности равной 11. Сточная вода после обработки известью насосами перекачивается в верхнюю часть охладительной башни и распределяется по загрузке колонны. Нагнетаемый воздух пропускают через загрузку для извлечения аммиака из капель воды. Таким образом с помощью воздушной отдувки можно добиться 95% удаления азота.

- Метод ионного обмена заключается в процессе отгонки аммиака, который остается в фильтрующей загрузке и после подвергается отдувке воздухом с выделением аммиака в атмосферу. Эффективность процесса ионообмена не зависит от температуры сточных вод, поступающих на очистку. Эффективность удаления ам-

миака при ионообмене значительно выше, благодаря очень низкой концентрации азота после очистки.

• Электрохимический метод основан на электролизе морской воды, в результате которого выделяется гидроокись магния, вступающего в реакцию с ионами фосфора и аммиаком с образованием нерастворимой комплексной соли. Установлено, что наиболее эффективная и стабильная очистка с удалением аммонийного азота до 85%. В большинстве случаев параллельно с очисткой сточных вод от соединения аммонийного азота происходит снижение концентрации соединений фосфора [1, с. 450].

#### Список литературы

1. Водоотведение и очистка сточных вод/Учебное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 760 с.
2. Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. и др. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы, аппараты и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Дорофеева Т.А.*

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина,  
Россия, г. Орёл

*Научный руководитель – старший преподаватель Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина Титков А.А.*

В статье раскрыта необходимость развития рынка жилой недвижимости на основе внедрения инноваций. Автором произведен инноваций рынок жилищного строительства, показаны основные Инвестиционные решения к развитию этого рынка.

*Ключевые слова:* инновации, новации, инновационная деятельность, рынок жилой недвижимости, инновационные решения.

Термин «инновации» означает любые новые идеи, которые воплощены в товарах и услугах, а также в различных видах деятельности. Термин и понятие «инновация» как экономической категории ввел в научный оборот австрийский экономист Йозеф Алоиз Шумпетер. В своей работе «Теория экономического развития», под инновацией он подразумевает изменение с целью внедрения и использования новых видов потребительских товаров, новых производственных и транспортных средств, рынков и форм организации в промышленности.

В настоящее время инновации являются чрезвычайно сложным и многоаспектным феноменом человеческой жизнедеятельности, поэтому существует множество вариантов их понимания и определения. Помимо этого, сейчас используется ряд терминов, которые не сильно отличающихся от термина "инновация". Среди них такие как "новшество", "нововведение", "новация" и прочее [2].

Инновация – конечный результат деятельности по проведению нововведений, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного процесса, используемого в организационной деятельности, нового подхода к социальным проблемам.

Структурно, составные компоненты инновации как экономической категории, можно представить в виде рисунка:

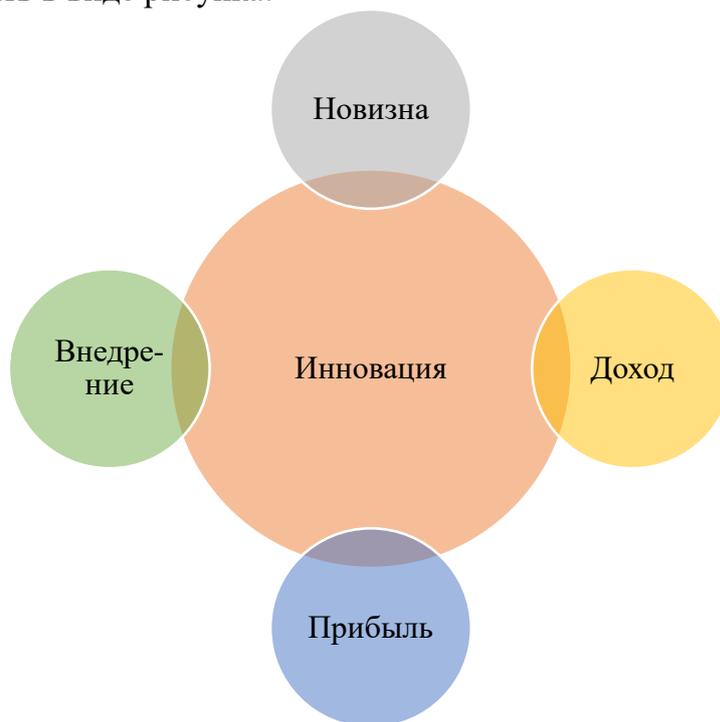


Рис. Составные компоненты инновации как экономической категории

Международные стандарты трактуют термин «инновация» как конечный результат творческой деятельности, который получил воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, либо в новом подходе к социальным услугам [4, с. 8].

Новация – проработанная инвенция, воплощенная в технический или экономический проект, модель, опытный образец. Таким образом, это новшество, которого не было ранее.

Иновационная деятельность в строительстве – взаимодействие участников строительства в процессе использования научно-технических разработок (предложений) или заимствованных новшеств (трансфертные инновации) для совершенствования процесса производства, улучшения потребительского уровня качества продукции в целях обеспечения её коммерциализации и достижения конкурентоспособности продукции и предприятий [5, с. 32].

Классификация строительных инноваций дает точное позиционирование строительных инноваций, прогнозируя их поведение и облегчает процесс формирования целесообразных для внедрения Иновационных проектов и выбор критериев их конкурентоспособности.

В строительной отрасли можно классифицировать следующие виды инноваций:

- внедрение новых решений в вопросах планировки и архитектурного облика строящегося объекта;
- внедрение эффективных иновационных технологий;
- использование современных машин и оборудования;
- применение новых и высококачественных строительно-отделочных материалов;

- применение новых организационных форм выполнения [7, с. 79].

При интенсификации жилищного строительства, население должно быть обеспечено доступным и качественным жильём. Для этого требуются новые инновационные подходы, которые позволили бы улучшить качество строительства и продукции, снизить себестоимость работ по возведению зданий, сократить затраты на эксплуатацию жилых домов и решить социальные проблемы по обеспечению комфортным жильем населения. Инновационный подход в строительстве предполагает разработку и научное обоснование социальных, экономических, инженерных идей и проектов, а также их массовую реализацию в процессе производства и эксплуатации объектов, ориентацию проектов на высокий потребительский уровень качества с учётом возрастающего спроса на продукцию в условиях конкуренции [3, с. 97].

Инновации в жилищном строительстве направлены на увеличение потребительской стоимости для продукции, которая имеет специфику, определяемую особенностями её создания, реализации и назначения. К инновационной продукции в строительстве следует отнести проектно-сметную документацию, новые материалы, оборудование, готовую строительную продукцию или завершённые конструктивные элементы объектов с нововведениями.

Таким образом, для развития рынка жилищного строительства необходимо выделить следующие перспективные инновационные решения:

- создание новой нормативно-правовой базы и всех необходимых управленческих решений в области строительства, которые бы обеспечивали поддержку разработчиков-инноваторов;

- законодательная практика мотивации внедрения новых архитектурно-планировочных решений, а также улучшение форм организации строительных работ и повсеместного внедрения инновационных элементов в современных условиях развития строительной отрасли;

- меры активизации развития рынка энергоэффективных и низкоэнергозатратных технологий;

- внедрение результатов научно-технического прогресса при проектировании нового строительного оборудования;

- совершенствование институциональных связей внутри отрасли, оперативная интеграция новых элементов и процессов управления на основе новых отечественных и зарубежных достижений в указанной области;

- разработка законодательных актов, экономических, организационных и управленческих механизмов по мотивации перехода на массовое строительство автономного и доходного жилья с использованием возобновляемых источников энергии и «зеленых технологий» [8, с. 26-27].

В Орловской области инновационная деятельность жилищного строительства регулируется законом «Об инновационной деятельности и государственной инновационной политики в Орловской области», который определяет цели, принципы и механизмы реализации государственной инновационной политики в Орловской области.

Основными целями государственной инновационной политики строительства жилищных объектов Орловской области являются:

- развитие и эффективное использование инновационного и научно-технического потенциала Орловской области, то есть материальных и финансовых ресурсов в сфере жилищного строительства;

- освоение производства новых для области продуктов и технологий, а также экологически чистых продуктов в этой сфере;
- развитие рынка инновационных проектов, выпуск конкурентоспособной продукции.

Цель направления государственной инновационной политики строительства жилищных объектов Орловской области является повышение уровня инновационной культуры за счет максимально эффективного использования кадрового потенциала [6].

Генерация новых идей, их воплощение, профессиональное решение поставленных задач – определяющий фактор реализации проектов инновационной политики Орловской области в сфере развития жилищного строительства. Для этого следует:

- организовать целевую подготовку и переподготовку кадров высших и профессиональных учебных заведений Орловской области;
- вовлечение в процесс строительства молодых специалистов;
- организация региональных и общероссийских конкурсов для развития инновационной сферы жилищного строительства.

Одним из приоритетных направлений инновационных решений в отрасли жилищного строительства в регионе являются улучшение качества жилищных условий граждан на основе использования эколого-гуманистических новаций. В рамках эколого-гуманистических новаций в жилищной отрасли, одним из приоритетных направлений, по нашему мнению, является развитие института арендного жилья и возможность создания индивидуальных проектов отдельных встроенных помещений в структуре многоквартирных домов, предполагающая строительство объектов «под ключ» на основании запросов будущего собственника.

Рассмотренные варианты инновационного развития жилищного строительства являются наиболее применимыми на территории Орловской области и направлены на решение основной проблемы – обеспечение населения жильем. Предусмотренные варианты инновационной деятельности направлены на различные классы потребителей, что позволяет охватить широкий спектр потенциальных покупателей/нанимателей жилья, что с положительной стороны отразится как на уровне жизни населения в регионе, так и на инвестиционной привлекательности сферы жилищного строительства в целом.

#### **Список литературы**

1. Закон Орловской области от 04.10.2001 N 215-ОЗ "О поддержке инновационной деятельности в Орловской области" (принят ООСНД 20.09.2001) [Электронный ресурс] – URL: <http://lawru.info/dok/2001/10/04/n998513.htm> (дата обращения: 26.10.2017).
2. Дорофеев В.Д. Инновационный менеджмент: Учебное пособие/ Дорофеев В.Д., Дресвянников В.А. [Электронный ресурс] – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. 189 с., 36 ил., 5 табл., библиогр. 13 назв.
3. Ефименко И. Б. Экономическая оценка инновационных проектных решений в строительстве: учебное пособие / Ефименко И. Б. [Электронный ресурс]- Саратов: Вузовское образование, 2014.
4. Короткова Т.Л. Маркетинг инноваций: учебник для академического бакалавриата/ Т.Л. Короткова – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт.2017. – 272 с. – (Бакалавр, Академический курс) – ISBN 978-5-534-00018-4
5. Яголковский С.Р. Психология инноваций: подходы, модели, процессы//Научная монография – М.: Физматлит., 2010. Т.3. 263 с.

6. Инновации и предпринимательство [Электронный ресурс] – URL: [http://innovbusiness.ru/content/document\\_r\\_F10F3DE6-DF2D-441D-9B6A-3AC1CC968D94.html](http://innovbusiness.ru/content/document_r_F10F3DE6-DF2D-441D-9B6A-3AC1CC968D94.html) (дата обращения: 26.10.2017)

7. ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/privolzhskiy-nauchnyy-vestnik> (дата обращения: 26.10.2017)

8. Разработка экономического механизма повышения инвестиционной привлекательности инноваций на территориальных рынках малоэтажного жилищного строительства [Электронный ресурс] – URL: [https://docviewer.yandex.ru/view/0/?\\*=Pq%2FwZXPCwCh8os%2BgW2srlCNlyWt7InVybcI6Imh0dHA6Ly9tZ3N1LnJlL3NjaWVuY2UvRGlzc292ZXRpL1phc2hpdGFfZGlzc2VydC9Lb3JuaWxvdi1QYXZlbc1QYXZsb3ZpY2gvRGlzc2VydGFjaXlhLUtvcml5bG92LVBQLnBkZiIsInRpdGxlljoiRGlzc2VydGFjaXlhLUtvcml5bG92LVBQLnBkZiIsInVpZC16IjAiLCJ5dSI6IjM4NjA1OTYwNjE1MDg2OTM4NjYiLCJub2lmcmFtZSI6dHJ1ZSwidHMiojE1MDkxODY4MjM4ODd9&lang=ru](https://docviewer.yandex.ru/view/0/?*=Pq%2FwZXPCwCh8os%2BgW2srlCNlyWt7InVybcI6Imh0dHA6Ly9tZ3N1LnJlL3NjaWVuY2UvRGlzc292ZXRpL1phc2hpdGFfZGlzc2VydC9Lb3JuaWxvdi1QYXZlbc1QYXZsb3ZpY2gvRGlzc2VydGFjaXlhLUtvcml5bG92LVBQLnBkZiIsInRpdGxlljoiRGlzc2VydGFjaXlhLUtvcml5bG92LVBQLnBkZiIsInVpZC16IjAiLCJ5dSI6IjM4NjA1OTYwNjE1MDg2OTM4NjYiLCJub2lmcmFtZSI6dHJ1ZSwidHMiojE1MDkxODY4MjM4ODd9&lang=ru) (дата обращения: 26.10.2017)

9. Разница между новацией и инновацией [Электронный ресурс] – URL: <https://thedifference.ru/chem-otlichaetsya-novaciya-ot-innovacii/> (дата обращения: 26.10.2017)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОТОКОЛА MQTT

*Жарлыкасова А.Н.*

магистрант, Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова,  
Казахстан, г. Костанай

*Муслимова А.З.*

кандидат педагогических наук, доцент,  
Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова,  
Казахстан, г. Костанай

В данной статье идет речь о двух взаимодополняющих протоколов, нашедших применение в интернете вещей IoT. Первый протокол – это Modbus. Позволяющий организовать связь между устройствами, расположенными вблизи друг друга. Второй протокол – MQTT, предоставляет широкий спектр возможностей, с его помощью можно организовать обмен данными между IoT в глобальных масштабах.

*Ключевые слова:* Modbus, MQTT, IoT, интернет вещей, издатель-подписчик, брокер.

Modbus – это последовательный протокол обмена данными. Данный протокол впервые был применен в 1979 году и стал стандартом де-факто для организации связи между промышленными устройствами. MQTT моложе протокола Modbus на 20 лет, но несмотря на разницу в возрасте, коллективное применение этих протоколов дает все возможности устройствам с узкой специализацией.

За время своего существования протокол передачи данных Modbus развил широкий набор протоколов, применяющих различные способы физической связи устройств. Основой этих протоколов является – последовательный протокол, реализованный по модели «ведущий-ведомый» (рис. 1). Механизм функционирования довольно прост: ведущий аппарат отправляет запрос ведомому, а ведомый отвечает на запрос. Стандартная сеть Modbus состоит из 1 ведущего узла и около 247 ведомых.

Применение пакета RS-485 позволяет устанавливать связь между ведущим и ведомым с помощью пакетов, содержащих код функции и данные. Данный код обозначает действие, необходимое для выполнения.

Вышеупомянутые характеристики протокола Modbus свидетельствуют о его простоте реализации, открытость которого позволила ему стать стандартом де-факто для промышленных и SCADA-СИСТЕМ [1, с. 32].

В настоящее время протокол реализуется с помощью следующих технических средств:

- TCP/IP через устройства стандарта Ethernet;
- Асинхронные линии передачи данных, использующие различные стандарты (проводные: EIA/TIA-232-E, EIA-422, EIA/TIA-485-A; беспроводные и др.).

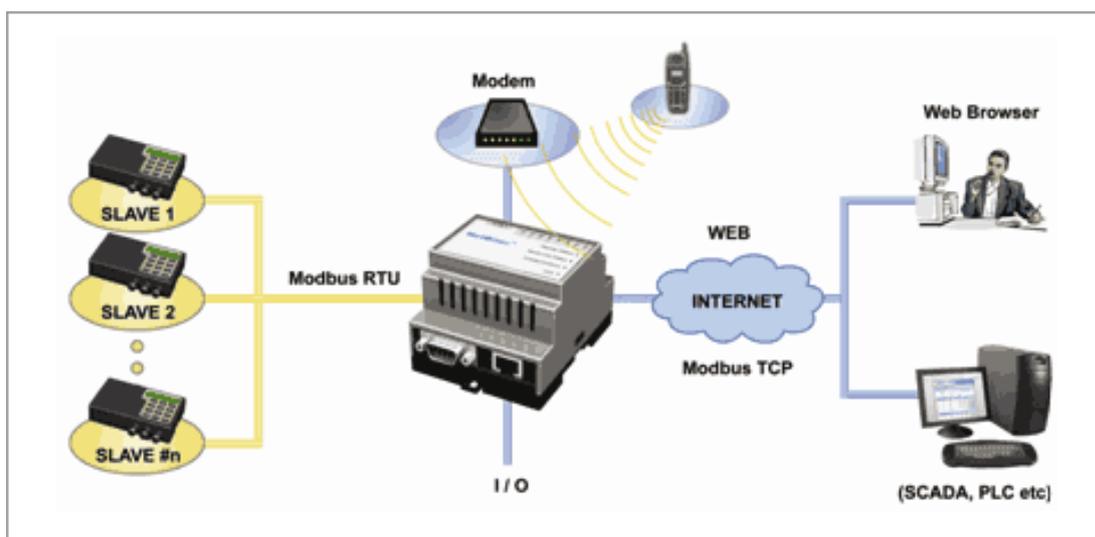


Рис. 1. Стек связи Modbus

Протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – представляет собой открытый протокол, разработанный специально для интернета вещей, используемый для обмена данными между устройствами. MQTT является легким сетевым протоколом, функционирующим поверх TCP/IP.

Первая версия протокола была разработана доктором Энди Станфорд-Кларком (IBM) и Арлен Ниппер (Arcom) в 1999. Версия MQTT 3.1.1 была стандартизирована консорциумом OASIS в 2014 году [2, с. 2].

Структура MQTT-сети представлена MQTT-брокером, являющимся посредником во взаимодействии MQTT-агентов – издателей (Publisher) и подписчиков (Subscriber) (рис. 2). Отличительная особенность принципа «издатель – подписчик» заключается в разделении, издателей, посылающих сообщения и подписчиков, принимающих сообщения. В частности, издатель и подписчик напрямую не связаны и не догадываются о существовании друг друга. Издатели публикуют информацию, предназначенную для подписчиков. Согласовывает и управляет обменом сообщений между MQTT-агентами брокер (Broker). Брокер — это программа, выполняющая функции TCP сервера с динамической базой данных. Протокол MQTT требует обязательного наличия брокера данных. Это центральная идея технологии. Распараллеливание брокером операций является следующей особенностью принципа «издатель – подписчик».

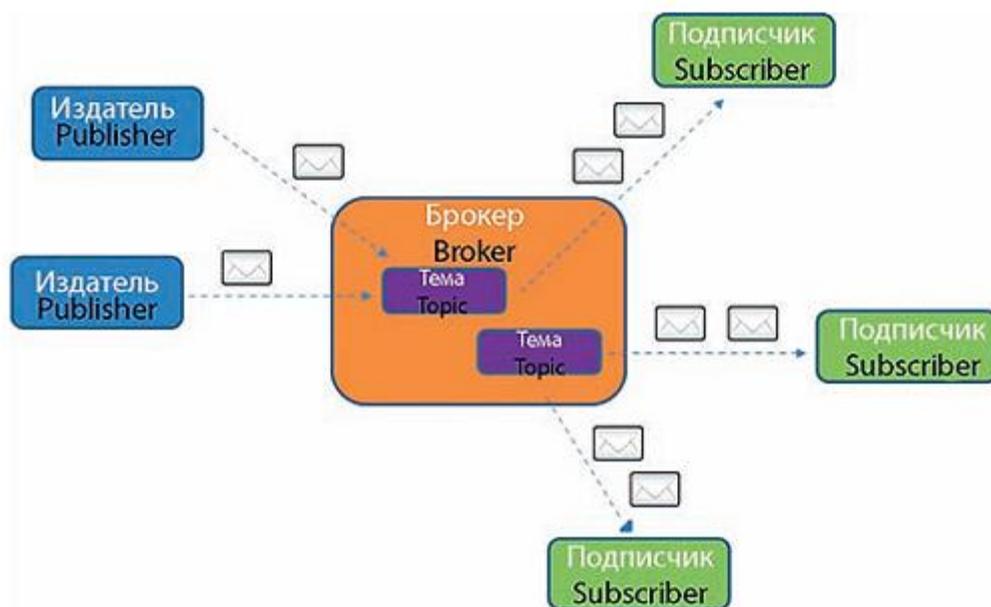


Рис. 2. Принцип «Избиратель – подписчик»

Основным требованием к данным в каждом пакете – они должны сопровождаться идентификатором информационного канала. Этот идентификатор в спецификации называется Topic Name или просто топик. Данные передаются пакетам поверх протокола TCP. Количество данных в пакете может быть от одного байта до 268 435 455 байт [3, с. 2].

Популярность протокола передачи данных MQTT возросла с тех пор, как MQTT стал важным элементом построения IoT-проектов. В связи с возросшей популярностью было разработано немало реализаций MQTT, доступ к исходному коду которого открыт для всех пользователей. После разработки реализаций MQTT доступный исходный код стал применяться во множестве различных аппаратных разработок.

Шлюзы Intel для интернета вещей IoT – это одно из продвинутых решений промышленного уровня, которое поддерживает MQTT. Данное семейство продуктов дает возможность наладить безопасные подключения между датчиками, IoT-устройствами и облачными службами. Данные шлюзы досконально протестированы и готовы к установке на них программного обеспечения, необходимого для функционирования конкретного объекта. Данные шлюзы привлекают своей отличной управляемостью, высоким уровнем безопасности и широким спектром способов для реализации связи с внешним миром. Среди этих способов, помимо традиционного проводного Ethernet и беспроводного Wi-Fi, можно найти и ZigBee, и поддержку сотовых сетей, и USB, и, конечно, MQTT и Modbus.

Очень важное преимущество шлюзов Intel для интернета вещей заключается в поддержке технологий безопасности McAfee Embedded Control. В частности, благодаря этим технологиям становится возможным отслеживать изменение состояния устройства, основываясь на политике безопасности. Подобное наблюдение за состоянием устройства, отслеживание всех событий, происходящих с ним, позволяет организовать полностью прозрачную, непрерывно действующую систему аудита, отчётам которой можно доверять.

В соответствии с вышесказанным можно выделить следующие преимущества протокола передачи данных MQTT:

- данный протокол легок в использования. Выступает в виде программно-го блока без лишней функциональности и может быть легко встроен в любую сложную систему;
- принцип реализации издатель-подписчик подходит для большинства решений с датчиками. Предоставляет возможность устройствам выходить на связь и публиковать сообщения, которые не были бы заранее известны или predetermined;
- прост в администрировании;
- снижена нагрузка на канал связи. Сообщения, насколько это возможно, несут в себе только полезную нагрузку;
- осуществляет функционирование в условиях постоянной потери связи или других проблем на линии.

Резюмируя, можно сделать вывод, что MQTT и Modbus – представляют собой очень разные технологии, но в совокупности помогают реализовывать надежные IoT-решения. Протокол Modbus применяется в качестве локального интерфейса для взаимодействия с устройствами, роль протокола MQTT – создание глобальных связей между компонентами системы. Оба протокола играют важную роль. При этом шлюзы Intel для IoT-решений поддерживают оба этих протокола, помимо других средств связи и технологий, обеспечивающих устойчивость и безопасность работы проектов. Использование таких шлюзов позволит быстро создавать надёжные современные IoT-решения, которые останутся актуальными и в будущем.

#### **Список литературы**

1. Гойхман В., Савельева А. Аналитический обзор протоколов Интернета вещей // Технологии и средства связи. – 2016. – № 4. С. 32–37.
2. Протокол MQTT. 2015. URL: <http://i-o-t.ru/protokol-mqtt/> (дата обращения: 21.10.2017).
3. Протокол MQTT и открытый проект клиента MQTT на Delphi. 2015. URL: <https://geektimes.ru/post/268018/> (дата обращения: 09.10.2017).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРИСТЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

***Жмурина Н.Д.***

доцент кафедры технологии, организации и гигиены питания, к.т.н.,  
Орловский государственный университет экономики и торговли, Россия, г. Орел

***Илларионов Е.Ф.***

магистрант 2 курса,  
Орловский государственный университет экономики и торговли, Россия, г. Орел

***Кобзева С.Ю.***

доцент кафедры технологии, организации и гигиены питания, к.т.н.,  
Орловский государственный университет экономики и торговли, Россия, г. Орел

***Сапегин Г.М.***

магистрант 3 курса,  
Орловский государственный университет экономики и торговли, Россия, г. Орел

В настоящее время рынок функциональных добавок постоянно растет, соразмерно с ним растет и рынок продуктов питания, в рецептуре которых присутствуют данные ин-

гредиенты. Состав сахаристых кондитерских изделий в соответствии со спросом потребителей постоянно модифицируют. В статье приведена характеристика функциональных добавок используемых при производстве сахаристых кондитерских изделий, с целью витаминизации, обогащения минеральными веществами и повышения биологической ценности.

*Ключевые слова:* сахаристые кондитерские изделия, функциональные добавки, биологически активные добавки, витаминные добавки, минеральные добавки.

В настоящее время проблема здорового питания актуальна не только для отдельно взятых индивидов, но и в масштабах государства. В соответствии с Указом президента РФ от 1 декабря 2016 г. №642 «О Стратегии научно-технологического развития РФ» в ближайшие 10-15 лет в приоритетах и перспективах научно-технологического развития РФ следует считать создание безопасной и качественной продукции, в том числе функциональных продуктов питания. Наличие функциональных добавок в продуктах питания способствует их обогащению витаминами, минеральными веществами, что способствует улучшению органолептических и качественных показателей пищи.

Для обогащения сахаристых кондитерских изделий витаминами и минеральными веществами, чаще всего используют перетертые ягоды, фрукты, овощи, соки и пюре продуктов растительного происхождения, экстракты.

Так, для обогащения сахаристых кондитерских изделий аскорбиновой кислотой и флавоноидами, которые благоприятно сказываются на активности ферментов и широко используются в качестве лекарственных и профилактических средств, в рецептуру вводят порошок шиповника. Порошок вносят в кондитерскую массу, предварительно охлажденную до температуры 55-65°C. Для получения порошка, плоды шиповника измельчают, водой проводят экстракцию и сушат экстракт, полученная нерастворимая светло-коричневая или темно-коричневая фракция имеет влажность 4-4,5% и содержит аскорбиновой кислоты 2,0-3,5%, флавоноидов 0,15-0,2% и кислот органических 4-6% [1].

Пюре фруктов и ягод не является инновационным ингредиентом при производстве кондитерских изделий, однако включение в рецептуру более богатых витаминами и минералами продуктов растительного происхождения может существенно повысить пищевую и биологическую ценность конечной продукции. Так при производстве мармелада и жележных конфетных масс используют протертые ягоды брусники, клюквы и черноплодной рябины, при следующем количественном содержании компонентов готового продукта (масс. %): брусника 2,0-3,0, клюква 2,0-3,0, черноплодная рябина 10,0-12,0. Сахаристые кондитерские изделия данной рецептуры содержат значительное количество витаминов С, В, калия, железа, марганца, меди [2].

При производстве сахаристых кондитерских изделий могут использоваться сахарозаменители, которые, во-первых, уменьшают калорийность продукта, при сохранении вкусовых качеств, во-вторых, понижают содержание сахара и могут быть употреблены лицами, страдающими сахарных диабетом.

Известен способ приготовления изделий желеобразной структуры, в качестве основных ингредиентов которых, используют пектин, фруктозу, патоку и цитрат натрия. Для чего в котел наливают раствор фруктозы и воды, подогревают ее до температуры 85-95°C и при постоянном перемешивании засыпают пектино-фруктозо-цитратную смесь. При этом в этой емкости происходит уваривание полу-

ченной смеси при температуре 105-110°C при постоянном перемешивании. В конце уваривания в смесь вносят патоку. По достижении содержания сухих веществ в смеси 77-83% в нее вносят вкусовые и ароматические добавки. Полученные таким способом изделия могут быть использованы для диетического и диабетического питания [3].

При производстве карамели в качестве сахарозаменителя может быть использован лактит или изомальт. Способ предполагает получение карамельной массы под давлением пара 0,6 Мпа и введением в состав ацесульфам калия, для улучшения вкусовых качеств изделия. Применение данных сахарозаменителей позволяет сократить содержание сахара, удлинить срок хранения и повысить конкурентоспособность продукта [6].

Для приготовления сахаристых кондитерских изделий на жировой основе, а именно шоколада, кондитерских плиток, конфет из масс пралине или типа пралине, обогащенных антиоксидантами используется дигидрокверцетин в количестве не менее 0,05% от массовой доли жира по рецептуре и как биологически активная добавка в количестве не более 0,5% от массовой доли жира по рецептуре. Дигидрокверцетин является антиоксидантом природного происхождения, обладает лечебно-профилактическими свойствами, повышает проницаемость капилляров и восстанавливает недостаток антиоксидантов в организме человека. Дигидрокверцетин получают путем экстрагирования и кристаллизации настоя, полученного из вымоченных в воде опилок лиственницы. Полученный экстракт вводят в состав на стадии смешивания рецептурных компонентов [4].

Йод является важным элементом для нормального развития и роста как взрослым, так и детей. Йод регулирует обменные процессы организма, поддерживает оптимальную работоспособность центральной нервной системы, а также влияет на эмоциональный тонус человека. Недостаток йода приводит к задержке роста и умственного развития ребенка, нарушение зрения и даже рак. Поэтому многие производители в качестве функционального компонента состава вводят в рецептуру йод. В качестве примера можно привести йодированную леденцовую карамель. Йодированная карамель содержит комплексное соединение йода с неклеистеризованным крахмалом в соотношении от 1:30 до 1:60 [5].

Бета-каротин является витамином, который оказывает существенное влияние на организм. При попадании в организм путем сложных реакций он синтезируется в витамин А. Бета-каротин является мощным антиоксидантом, оказывает профилактическое действие от развития рака, снижает риск развития атеросклероза и ишемической болезни сердца, а также защищает кожу от вредного воздействия ультрафиолета. Благоприятное воздействие на организм объясняет целесообразность его использования при производстве продуктов питания.  $\beta$ -каротин применяется при производстве карамельной массы для леденцовой карамели с целью витаминизации и придания окраски карамели. Из расчета на 100 г в состав включается каротин микробиологический (провитамин А) в масле 0,9-0,93 г [7].

Перспективным направлением при производстве сахаристых кондитерских изделий является повышение содержания белка в изделиях. Пищевая ценность сахаристых кондитерских изделий объясняется значительным содержанием углеводов и меньшим, но преобладающим жиров по сравнению с белками. Белков в данных изделиях практически нет, либо их содержание незначительно. Один из способов приготовления помадных конфет предполагает замену части сгущенного с сахаром цельножирного молока на белково-жировую эмульсию. Эмульсию готовят

на основе белоксодержащего сырья растительного происхождения, раствора гидрокарбоната натрия и масла растительного дезодорированного рафинированного. В результате применения белково-жировой эмульсии у помадных конфет значительно повышается содержание белка [8].

В качестве биологически активной добавки в производстве сахаристых кондитерских изделий используется порошок топинамбура, представляющий собой измельченные клубни растений. Топинамбур обладает лечебно-профилактическим действием: нормализует работу желудочно-кишечного тракта, защищает организм от инфекций, способствует выведению токсинов, повышает содержание гемоглобина в крови. Порошок топинамбура вводят в состав при температуре не выше 80° С, а его содержание по отношению к массе компонентов может колебаться от 1 до 10%, а в случае изготовления начинки для изделия массовая доля может составлять до 95% [9].

Несмотря на то, что жевательная резинка обладает низкой биологической и энергетической ценностью, а также небольшой массой, обогащение ее витаминами и минералами является актуальным вопросом. На сегодняшний день разработана рецептура жевательной резинки антиканцерогенной направленности. При приготовлении жевательной резинки, в состав вводят смесь витаминов Е и С провитамина А, взятых в количестве: витамина Е 30-80 мг, провитамина А 15-40 мг, витамина С до 200 мг смеси [10].

Производство функциональных продуктов питания является новым и быстро развивающимся направлением промышленности. Помимо прямого целевого назначения продукции, покупатели также, как и производители стремятся придать новые несвойственные определенным продуктам питания качества. Сахаристые кондитерские изделия употребляются ежедневно и с удовольствием. Использование в рецептуре функциональных добавок может не только расширить ассортимент, но и увеличить объем спроса, так за счет новых покупателей, так и за счет увеличения количества потребляемых сахаристых кондитерских изделий на душу населения. Функциональные добавки улучшают не только вкусовые качества, но могут также являться лечебно-профилактическим средством.

#### **Список литературы**

1. Пат. 2160011 Российской Федерации А 23 G 3/00 Способ производства сахаристых кондитерских изделий / Скобельская З.Г.; Драгилев А.И.; Самылина И.А.; Сергунова Е.В.; заявитель и патентообладатель: Московский государственный университет пищевых производств – № 2000108272/13 заявл.: 06.04.2000, Оpubл.: 10.12.2000.
2. Пат. 2424724 Российской Федерации А 23 G 3 Способ производства мармелада и жележных конфетных масс / Децина А.Н., Цыбикова Г.Ц., Ванданимаева Т.Б.; заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Восточно-Сибирский государственный технологический университет» – № 2012177164/13 заявл.:24.06.11, Оpubл.: 27.01.12.
3. Пат. 2144295 Российской Федерации А 23 G 3/00 Способ производства мармелада / Кондакова И.А.; Смирнова Н.И.; Антоненко Н.В.; Иванникова Г.И.; Силаев О.Г.; заявитель и патентообладатель: Открытое акционерное общество Московская кондитерская фабрика «Красный Октябрь» – № 99104183/13 заявл.: 11.03.1999, Оpubл.: 20.01.2000
4. Пат. 2097977 Российской Федерации А 23 G 3/00 Способ производства массы для сахаристых кондитерских изделий на жировой основе / Болдина Г.Н.; Кондакова И.А.; Смирнова Н.И.; Тюкавкина Н.А.; Колесник Ю.А.; Руленко И.А.; заявитель и патентообладатель: Акционерное общество Московская кондитерская фабрика «Красный Октябрь» – № 96121903/13 заявл.: 19.11.1996, Оpubл.: 10.12.1997.

5. Пат. 2168906 Российской Федерации А 23 G 3/00 Леденцы йодированные / Талановский В.Ф.; Собко М.Г.; Иванов О.А.; Ежова И.Н.; заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Научно- производственное предприятие «Вулкан» – № 99124997/13 заявл.: 25.11.1999, Опубл: 20.06.2001.

6. Пат. 2161414 Российской Федерации А 23 G 3/00 Способ производства карамели / Крылова Э.Н.; Савенкова Т.В.; Благодатских В.Е.; заявитель и патентообладатель: Научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – № 98122852/13 заявл.: 16.12.1998, Опубл: 10.01.2001.

7. Пат. 2066538 Российской Федерации А 23 G 3/00 Состав смеси для приготовления карамельной массы для леденцовой карамели / Порядин В.И.; Корепанова Г.Д.; Котенко М.В.; Гулина Н.И.; заявитель и патентообладатель: Акционерное общество закрытого типа «Фирма Конфи» – № 94045663/13 заявл.: 29.12.1994, Опубл: 20.09.1996.

8. Пат. 2115326 Российской Федерации А 23 G 3/00 Помадные конфеты и способ производства помадных конфет / Агеева Е.В.; Благодатских В.Е.; Овчинникова А.С.; заявитель и патентообладатель: Научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – № 96104911/13 заявл.: 18.03.1996, Опубл: 20.07.1998.

9. Пат. 2130273 Российской Федерации А 23 G 3/00 Способ производства кондитерских изделий с лечебно- профилактическими свойствами с использованием топинамбура / Зеленков В.Н.; заявитель и патентообладатель: Зеленков Валерий Николаевич – № 96122320/13 заявл.: 20.11.1996, Опубл: 20.05.1999.

10. Пат. 2088101 Российской Федерации А 23 G 3/30 Способ производства жевательной резинки / Исламов С.Р.; заявитель и патентообладатель: Исламов С.Р. – № 96102651/13 заявл.: 09.02.1996, Опубл: 27.08.1997.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЧЕЛОВЕКА НА МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ**

***Камалетдинова Г.Р.***

старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории  
«Проектирование и моделирование сложных технических систем»,  
канд. техн. наук, Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, г. Тамбов

***Оневский М.П.***

аспирант кафедры «Информационные процессы и управление»,  
Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

***Скворцов С.А.***

доцент кафедры «Информационные процессы и управление»,  
канд. техн. наук, доцент, Тамбовский государственный технический университет,  
Россия, г. Тамбов

Исследование факторов, влияющих на состояние здоровья человека и его работоспособность является актуальным вопросом, так как позволяет выработать оптимальную стратегию поведения в чрезвычайных ситуациях. Наиболее полные результаты могут быть получены при проведении изоляционных экспериментов. Такие исследования имеют дополнительные преимущества: позволяют сформировать базу данных для базы знаний автоматизированной системы управления установкой «Искусственные легкие», а также благодаря полученным результатам позволяют проводить имитационные исследования по определению характеристик регенеративных элементов.

*Ключевые слова:* искусственная экосистема, системы жизнеобеспечения, безопасность, чрезвычайные ситуации.

Изоляционные эксперименты представляют собой эксперименты с участием человека, когда он находится в ограниченном (изолированном) пространстве. Это позволяет строго описать процессы, протекающие в объеме и смоделировать искусственную экосистему для обитания человека, что позволяет варьировать параметры и имитировать чрезвычайные ситуации различной природы. Таким образом, данное исследование основывается на результатах анализа взаимодействия в сложной функциональной системе «человек – техническая система – среда обитания», которая характеризуется сочетанием свойств, характеристик и параметров, необходимых для создания определенной среды обитания [4, 9].

Введение понятия функциональной системы позволяет учитывать взаимосвязь человека как с окружающей его средой, так и техническими средствами; в исследовании реализована технология построения таких систем, рассмотрены ограничения на их создание, а также допущения при их формировании [1].

Совместимость человека, комплекса технических систем и среды обитания заключается в том, чтобы достичь разумного компромисса между физиологическим состоянием и работоспособностью, с одной стороны, и различными факторами среды обитания с учетом объема и качества получаемой информации, выполняемых задач и продолжительности работы [4, 9]. Так, уровень стресса в чрезвычайных ситуациях негативно сказывается как на деятельности человека (падает работоспособность), так и на его физиологическом состоянии (сбивается ритмичность дыхания его качество, изменяется частота сердечных сокращений и т.п.).

Создание полноразмерного макета для моделирования чрезвычайных ситуаций является технически и материально сложной задачей. Более современным подходом является разработка имитационных моделей, приспособленных под разные задачи, для которых человек выступает в виде нагрузочного звена, взаимодействуя с ними. Для получения необходимых данных о человеке в данной среде, необходимо проводить дополнительный медицинский мониторинг, допускающий получение телеметрических данных для анализа (удаленно в случае изоляционных экспериментов), а также использовать модель человека для отработки самих моделей или аппаратной составляющей среды.

Комплекс систем, полученный в результате разработки, можно назвать «комплексом систем жизнеобеспечения», который может быть определен как адаптивная, временная, топологически определенная иерархическая структура, находящаяся в состоянии упреждающей целевой готовности и предназначенная для создания условий, гарантирующих человеку физическую и психосоциальную устойчивость с заданной степенью надежности [4, 9].

Эксперименты с участием человека для данных исследований проводились под медицинским контролем, что позволило оценить влияние негативных факторов на работоспособность человека. В данном случае человек выступал как «оператор» сложной технической системы, и его работоспособность оценивалась по критериям, используемым при подготовке летного состава [6]. Так, были применены оценки вероятности выполнения программы эксперимента (т.е. операций, которые были запланированы для выполнения – программы полета), а также обеспечение безопасности. При этом выполнялись следующие требования:

$$P_{\text{прогр}} > 0,95 \text{ и } P_{\text{безоп}} > 0,995. \quad (1)$$

Кроме того, использовались медицинские датчики. В качестве медицинских аппаратов использовались компактные датчики давления, ЧСС, вариабельность сердечного ритма, пульсометры (рис. 1) [2].

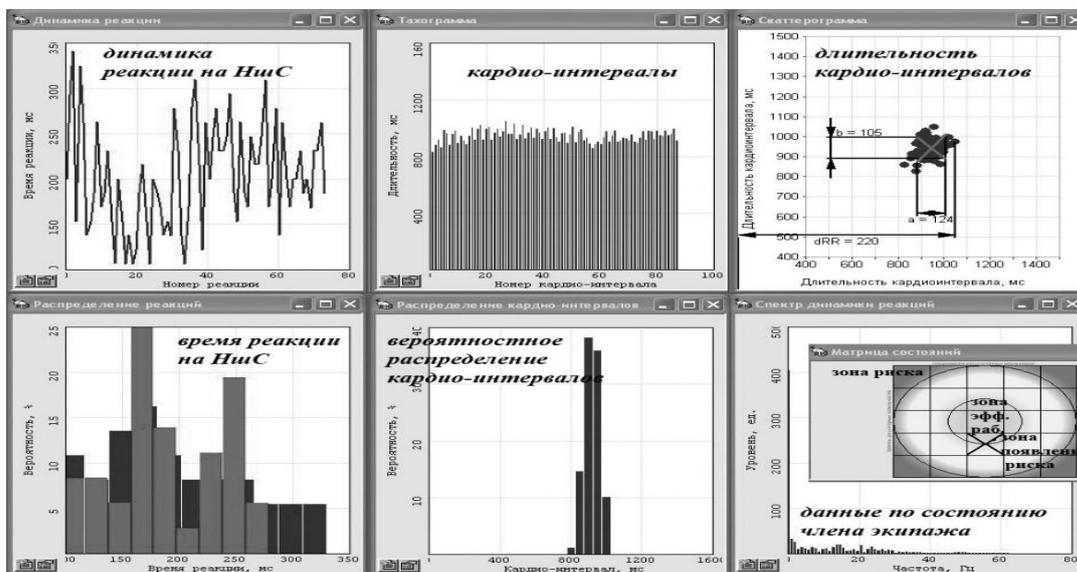


Рис. 1. Типовые показания датчиков

Проводимые опросы по состоянию испытуемых позволили оценивать их психосоциальное и эмоциональное состояния. Скорость реакции на ситуацию, внимательность при выполнении рутинных операций, которые оценивались инструкторами, позволили получить дополнительные оценки работоспособности человека в различных стрессовых или чрезвычайных ситуациях. На рисунке 2 представлена диаграмма изменения работоспособности (в процентах) испытуемых под воздействием двух стрессовых ситуаций. Полученные результаты позволили сформировать базу данных для базы знаний автоматизированной системы управления установкой «Искусственные Легкие» [8].

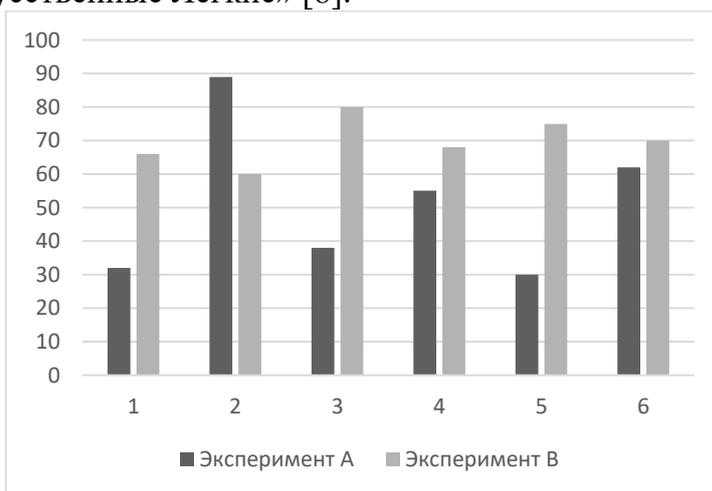


Рис. 2. Показатели работоспособности

Проведенное моделирование наработки систем на отказ, включающее работу регенеративных элементов, позволило уточнить существующие имитационные модели, определить базовые режимы имитации и набор данных для имитационных испытаний. Имитационное моделирование было выбрано для данной работы, так как обеспечило исследование мощным инструментарием для исследования систем, являющихся сложными и имеющими необходимость принятия решения в условиях

неопределенности, что позволило рассмотреть большее количество альтернатив и точнее прогнозировать результаты [7]. Анализ экспериментов по имитации функционирования различных систем показал необходимость проведения исследования в реальном режиме времени с определенной степенью детализации. В качестве прототипа использовались бортовые системы космического корабля, так как эта система обладает наибольшей замкнутостью. При совместном функционировании отдельных систем в составе комплекса их взаимодействие определяется действующими интерфейсами, характеризующими связи между системами и с внешней окружающей средой при их функционировании, а также штатными алгоритмами автоматического управления.

При использовании данного подхода используется преобразование сигнала, где входные, выходные и управляющие параметры состояния должны соответствовать контролируемым параметрам моделируемых систем (рис.3) [4, 5, 9].



Рис. 3. Формирование потоков данных искусственной газовой атмосферы

При формировании модели человека используется стандартный подход – международная модель «условного человека». Это позволяет имитировать функционирование систем под влиянием человека без проведения экспериментов с его участием [3]. Данные имитационные исследования позволили провести ресурсные испытания аппаратных средств, подсоединенных к комплексу, что возможно при использовании программных и аппаратных средств среды Lab View, используемой для работы.

Таким образом, разработанный комплекс позволил:

- описать функционирование систем по схемам максимально приближенным к работе натуральных систем в реальном режиме времени;
- провести моделирование ситуаций, требующих технического обслуживания, а также имитирующих ситуации стресса;
- провести изоляционные эксперименты с участием человека;
- оценить работу человека под контролем медицинского оборудования;
- провести ресурсные испытания регенеративных элементов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (Соглашение № 15-19-10028).*

#### Список литературы

1. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. С. 106 -127.

3. Камалетдинова Г.Р., Оневский М.П., Скворцов С.А. Структурная идентификация математического описания хемосорбционных процессов в регенеративном патроне // Системы управления и информационные технологии. № 4-62. 2015. С. 78-81.
4. Курмазенко Э.А. Функциональный анализ систем жизнеобеспечения. Учебное пособие. М.: НИИхиммаш, 1997. 60 с.
5. Путин С.Б. Математическое моделирование и управление процессом регенерации воздуха. М.: Машиностроение, 2008. 176 с.
6. Сохин И.Г. Адаптивно-компетентностный подход к решению проблемы управления качеством подготовки космонавтов в интересах гарантированного обеспечения заданного уровня безопасности и надежности космических полетов // Пилотируемые полеты в космос. №4. 2012. С. 36-48.
7. Хемди А. Введение в исследование операций. Глава 18. Имитационное моделирование. 7-е изд. М.: Вильямс, 2007. С. 697-737.
8. Kamaletdinova G.R., Onevsky M.P., Skvortsov S.A. Innovative approaches to human respiratory system protection. Proceedings of the 67th International Astronautical Congress (IAC), Guadalajara, Mexico, 2016.
9. Kurmazenko E.A., Khabarovskiy N.N., Kamaletdinova G.R., Demin E.P., Morukov B.V. Life Support System Virtual Simulators for Mars-500 Ground-Based Experiment, ed. D.N. Ghista, Biomedical Science, Engineering and Technology. Croatia: InTech, 2011, pp. 535-558.

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ**

*Киселева А.Д., Сапова А.А.*

студентки 2 курса, Сибирский институт управления – филиал РАНХиГС,  
Россия, г. Новосибирск

В современном мире люди все чаще начали прибегать к использованию электронных типов хранения, перевода и обмена денежных средств. Пользуясь банковскими платежными картами, интернет-кошельками, международными системами перевода и т.п., пользователь чувствует себя более свободным в обращении с деньгами, более мобильным. Но за простотой в использовании скрывается также некий риск, который заключается в изъяне как самих электронных систем хранения, так и в ошибочных действиях их пользователей. В статье проводится анализ использования и безопасности денежных средств пользователей в электронном виде.

*Ключевые слова:* денежные средства, деньги, безналичные денежные средства, электронные денежные средства, безопасность денежных средств.

Анализ развития интернет-банкинга в банковской сфере России позволяет отметить высокие темпы распространения интернет-технологии. В целом эту тенденцию можно оценить, как позитивную: применение интернет-банкинга ориентировано на снижение затрат банков по оказанию услуг и расширению их клиентской базы. Вместе с тем международный и отечественный опыт свидетельствует и о росте рисков, связанных с применением интернет-технологий. К ним, в частности, относятся сбои в работе информационных систем, усиливаются операционный и правовой риски. В связи с этим новые банковские технологии привлекают внимание органов банковского надзора во всем мире, в том числе и в России [1].

Сама терминология “электронные деньги” существует не так давно. До сих пор, с развитием интернет-технологий данный термин эволюционирует и проходит сквозь призму новшеств и инноваций.

В настоящий момент понятие термину можно дать неоднозначное, так, оно существует и в широком и в узком смысле, но охватывая электронную платежную систему как механизм международной практики, можно дать ему следующий термин. В международной практике электронные деньги – это предоплаченные или хранящие стоимость финансовые продукты, в которых информация о фондах или стоимости хранится на электронном устройстве [2].

Актуальность анализа использования и безопасности денежных средств вполне оправдана. Деньги – один из важных атрибутов рыночной экономики, стабильность которого контролирует экономическое развитие страны. В связи с эволюцией денежных форм и способов обращения с ними наблюдается стремительное появление новых платежных средств, одними из которых являются электронные деньги, тенденция которых только возрастает. Иными словами, вполне реальна ситуация, когда все сделки, вплоть до мельчайших покупок, будут осуществляться посредством электронных переводов [3, с. 492-493].

Электронные деньги, как один из механизмов обмена платежными средствами, имеет также свои недостатки и плюсы (таблица).

Таблица

#### Плюсы и недостатки электронных денег

Плюсы	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сохранность денег более надежная и даже при взломе возможен возврат денег;</li> <li>- За обслуживание вашего электронного кошелька не нужно платить никаких денег;</li> <li>- Электронные кошельки предоставляют полную анонимность своих пользователей;</li> <li>- Многообразный выбор пополнения счета (терминалы, платежные карты, отделения банка и т.д.);</li> <li>- Мобильность и портативность;</li> <li>- Упрощенные функции по работе с денежными средствами;</li> <li>- Не требуются хранилища для хранения денежных средств, не требуется инкассация;</li> <li>- История операций сохраняется постоянно.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Проблема с восстановлением своего кошелька в случае утраты пароля;</li> <li>- Доступ к электронным кошелькам имеется только при наличии подключения к интернету;</li> <li>- Кошелек может быть взломан злоумышленниками;</li> <li>- Большинство банков не желают развивать тенденцию электронных денег и проекты по данной системе;</li> <li>- Недостаток в пополнении, переводах, связанный часто с высоким процентом комиссии;</li> <li>- Непопулярность электронных денег. На сегодняшний день основная аудитория – молодежь и жители крупных городов.</li> <li>- Не все услуги можно оплатить при помощи электронных денег.</li> </ul>

Хоть и электронные деньги и появились недавно, их преимущество были широко оценены большим количеством пользователей. В основном, на сегодняшний день, благодаря электронным деньгам можно проводить мелкие сделки, в которых заключаются небольшие суммы для перевода. Оплата интернета, покупка в интернет-магазинах, оплата места в кинотеатре, а также оплата государственных штрафов – весь этот список, анализируя популярность электронных денег и их стремительное развитие, уже в скором времени может значительно расшириться, сместив собою наличные деньги и чеки.

Но несмотря на все плюсы электронных денег у них имеется и свой крупный недостаток простоты взлома и махинаций с электронными кошельками. Наблюдается немалое количество случаев, когда или же по своей неосторожности, или по

доверчивости, пользователи электронных кошельков становились жертвами мошенников и взломщиков, в последствии утратив немалую сумму денег.

Большинство банков пытаются бороться с неприятными случаями утраты денежных средств пользователей. Так, например, банк России обращает внимание кредитных организаций на необходимость распространения предупреждающей информации для своих клиентов, в том числе с использованием представительств в сети Интернет (web-сайтов), о возможных случаях неправомерного получения персональной информации пользователей систем ДБО.

В состав такой информации целесообразно включать описание официально используемых способов и средств информационного взаимодействия с клиентами, а также описания приемов неправомерного получения кодов персональной идентификации клиентов, информации о банковских картах и мер предосторожности, которые необходимо соблюдать клиентам, пользующимся системами ДБО [1].

После принятия Федерального закона “О национальной платежной системе” от 27.06.2011 N 161-ФЗ стало возможным регулирование порядка проведения платежей с использованием электронных денег, что дает надежду на полное регулирование и узаконивание электронных денег государством. Благодаря такому подходу безопасность переводов и банковских транзакций будет значительно выше и надежней [4].

С другой стороны, готовы ли сами банки взять под контроль проектирование новых возможностей для электронных денег? В связи с большим финансированием в такие проекты, а также страхом банков перед неконтролируемой эмиссией, банки не желают вкладывать в это свои силы и насторожено относятся к такому явлению как электронные деньги. Но даже здесь шансы не столь высоки, ведь процент использования наличных денег в розничной торговле около 90%, что демонстрирует малый процент использования безналичного расчета при розничной торговле (рисунок) [5].

Некоторые показатели наличного денежного обращения в Швеции (2011–2015 гг.)

Показатели НДО	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Сумма банкнот в обращении, млрд шведских крон	94	89	83	75	71
Сумма монеты в обращении, млрд шведских крон	5	5	5	5	5
Количество банкнот в обращении, млн экз.	343	336	334	325	317
Количество монеты в обращении, млн экз.	1989	1889	1911	1918	1917
Количество поддельных банкнот, шт.	562	533	1048	246	295

Рис.

Таким образом, электронные деньги становятся лишь гибким инструментом, который лишь упрощает взаимодействие с наличными. Благодаря электронным деньгам пользователи могут в любой момент без личного участия одной из сторон в свободной форме перевести определенную сумму, оплатить некие услуги, при этом не раскрывая свои личные данные. Развитие электронных платежей и интернет-технологий долго, но верно может привести к созданию единой международной валюты, с ее единым центром и безопасным контролем за взаимодействиями внутри “электронных банков”.

При отсутствии законодательного регулирования электронных денег, при отсутствии инновационных проектов в этой сфере – электронные платежи так и будут оставаться лишь средством мгновенного перевода некрупных сумм денег и неплохим средством для криминала. Но благодаря развитию телекоммуникацион-

ных услуг, развитию законодательства и создания единого представления о будущем электронных денег, могут формироваться новые функции, превосходящие стабильность, надежность и безопасность электронных денег.

Таким образом, в будущем мы можем увидеть новшество в функционировании электронных денег. Но каким оно будет, пока представить невозможно.

#### Список литературы

1. <https://www.cbr.ru/publ/MoneyAndCredit/pospelov.pdf>
2. <http://www.grandars.ru/student/finansy/elektronnye-dengi.html>
3. Мамедов О.Ю. Лекционный курс. Современная экономика. Ростов н/Д., 2003.
4. <http://www.consultant.ru/>
5. [http://xn--80ablwmcepr1b.xn--p1ai/publ/moneyandcredit/ionov\\_10\\_16.pdf](http://xn--80ablwmcepr1b.xn--p1ai/publ/moneyandcredit/ionov_10_16.pdf)

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ, МЕХАНИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ НА БАЗЕ РЕДУКЦИОННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА

*Кисляков С.В.*

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза

Автором была создана имитационная модель ИИС для измерения механических моментов на базе ЭМД с электромагнитной редукцией. Следующим этапом исследования явилось испытание ИИС для измерения механических моментов с реальным редукционным ЭМД. В ходе экспериментальных исследований были получены метрологические характеристики ИИС с редукционным ЭМД.

*Ключевые слова:* электромагнитная редукция, механический момент, модель, испытание, измерение.

#### **ИИС для измерения механических моментов на основе редукционного ЭМД**

Целью проведения экспериментального исследования ИИС для измерения механических моментов на базе редукционного ЭМД с продольным магнитным полем является:

- получение метрологических характеристик ИИС на базе редукционного ЭМД;
- сравнение метрологических характеристик ИИС на базе реального ЭМД с результатами компьютерного моделирования для определения степени соответствия разработанной имитационной модели ИИС реальной ИИС;
- определение возможных областей применения ИИС для измерения механических моментов на основе редукционного ЭМД.

Основными элементами ИИС для измерения механических моментов является генератор однофазного напряжения, фазовращатель опорного напряжения, два ЭМД с электромагнитной редукцией, преобразующий механический момент одного датчика относительно другого в изменение начальной фазы выходного напряжения и измеритель фазового сдвига – фазометр.

Разработка дополнительных индивидуальных блоков ИИС с хорошими эксплуатационными характеристиками является сложной задачей. Перед автором не

ставилась цель создания автономной ИИС. Однако было задано условие доступности использования ИИС с высокой разрешающей способностью.

После анализа свойств существующих ИИС (рис. 1) для измерения механических моментов автор пришел к необходимости использования компьютерной технологии при разработке ИИС.

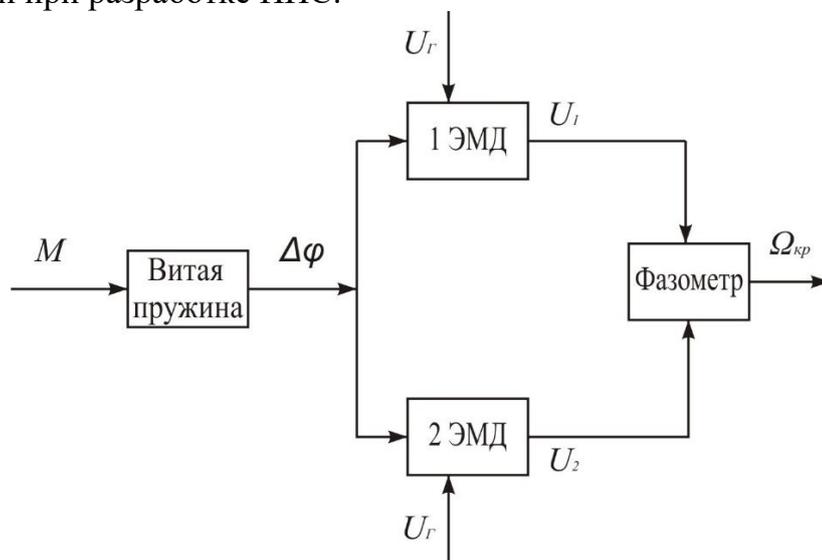


Рис. 1. Блок-схема измерительной системы с датчиком

Блок-схема состоит из следующих элементов:

- блока принятия механического воздействия крутящего момента в муфте агрегата;
- электромагнитного редуционного фазовращателя;
- двух блоков усиления сигналов поступающих с ЭМД;
- блока суммирования выходных сигналов двух датчиков;
- блока определения результата величины крутящего момента.

Практически для реализации ИИС используется опытный образец редуционного ЭМФ с продольным магнитным полем, на который подается напряжение питания 5 мВ частотой 5кГц.

#### Конструкция редуционного электромагнитного фазовращателя

Основным элементом исследуемой ИИС для измерения механических моментов является редуционный ЭМД с продольным магнитным полем. Редуционный ЭМД (рис. 2) состоит из статора, ротора, равномерно-распределенной, синусной и косинусной обмоткой ЭМД.



Рис. 2. Редуционный ЭМД

### Основные принципы усиления напряжения двух выходных сигналов с ЭМД

Выходной сигнал редуционного ЭМД является непрерывной функцией времени, который необходимо усиливать с помощью операционных усилителей (рис. 3). Т.к. слабый сигнал можно потерять на фоне шумов в схеме будет реализован дифференциальный усилитель, принцип работы которого хорошо раскрыт в литературе [2, с. 107].

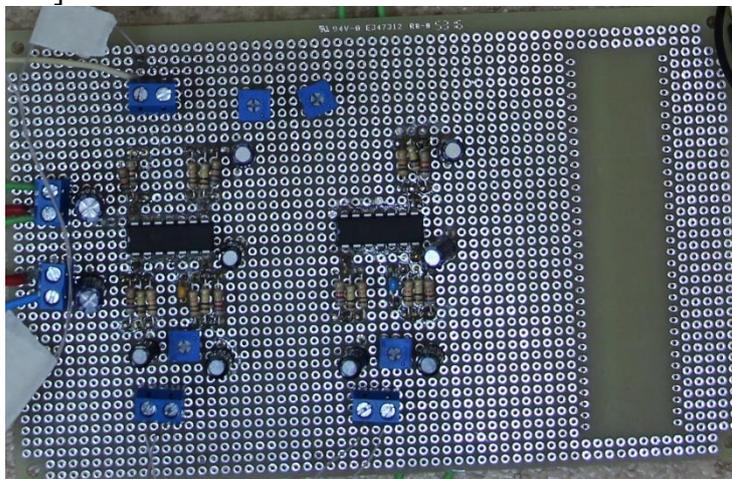


Рис. 3. Схема операционных усилителей

На вход первого канала поступает сигнал напряжением 5 мВ частотой 5кГц. После первого каскада усиления на выходе получаем напряжение равное 50 мВ той же частоты. Во втором каскаде усиления (фазовращателе) сигнал приобретает смещение по фазе на  $+45^{\circ}$  и величина становится равной 500 мВ этот сигнал называется *косинусным*. Из третьего каскада усиления сигнал выходит величиной равной 5 В и поступает на сумматор схемы, где складывается с аналогичным сигналом по величине напряжения. Но смещенного на  $-45^{\circ}$  в фазовращателе второго канала и такой сигнал называется *синусным*. Из сумматора величина выходного сигнала становится равной 10 В.

В разработанной схеме реализована возможность регулирования выходного сигнала по амплитуде и по периоду подстроенными резисторами в зависимости от качества выходного сигнала. Но величина подстройки ограничивается характеристиками насыщения дифференциального усилителя.

Таким образом, в общем случае коэффициент усиления данной схемы равен 1000 для каждого канала. Питание схемы осуществляется  $\pm 12$  В от лабораторных автотрансформаторов. Усиление сигнала происходит операционным усилителем типа LM324N для одного редуционного ЭМД и операционным усилителем типа LM258 для второго датчика. Дифференциальный усилитель на приёмном конце восстанавливает первоначальный сигнал.

При обработке сигнала в каналах схемы высшие гармоники шумов гасятся дополнительными конденсаторами номиналом в 100 мкФ. Вследствие этого форма сигналов принимает ровное значение и, следовательно, при представлении сигнала на измерительный прибор (экран осциллографа) происходит его распознавание. Процесс чистки сигнала в период усиления необходим для правильного определения амплитуды выходного сигнала и последующей его сравнения для определения механического момента.

Увеличение амплитуды сигнала на входе в разработанную схему выше 5 мВ, приведёт к искажению выходного сигнала и появлению ступеней на кривой сигнала.

ла. Это в свою очередь спровоцирует неправильное определение характера сигнала и в дальнейшем величины крутящего момента на валу исполнительного механизма.

В реальных условиях качество измерений зависит от точности информации, поступающей в систему усиления, и может быть снижено из-за таких причин, как, например, насыщение операционных усилителей или присутствие помех из окружающей среды.

Экспериментальное исследование ИИС для измерения угловых перемещений и механических моментов производилось следующим способом. Ротор опытного образца редуционного ЭМД с коэффициентом редукиции, равным 16, устанавливался в нулевое начальное положение, после чего осуществлялся его поворот с шагом, равным 0,225 град. (13,5 угловых минут). Интервал изменения угла поворота ротора ЭМД был задан от 0 до 22,5 град. (в пределах величины одного зубцового деления редуционного ЭМД). Одновременно регистрировались значения фазового сдвига на выходе ИИС.

#### **Список литературы**

1. Дубинин А. Е., Кислицын А. Л. Магнитоупругие преобразователи крутящего момента. 137 с.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. 4-е изд. В 3-х томах. Т. 1. 1993. С. 107.

## **РАЗРАБОТКА СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКА**

*Кобзев Д.О.*

магистрант кафедры строительного материаловедения и дорожных технологий,  
Липецкий государственный технический университет, Россия, г. Липецк

В статье рассмотрены преимущества использования в промышленности строительных материалов базальтопластика как элемента многослойных конструкций. Применение сэндвич-панелей с эффективными утеплителями является перспективным направлением развития строительной отрасли, позволяющим увеличить объёмы возводимых объектов промышленного и гражданского назначения.

*Ключевые слова:* базальтопластик, сэндвич-панель, строительство, многослойные панели, быстровозводимые здания, пенополиуретан.

Одним из важных факторов разработки инноваций в области строительных материалов является адаптация продукта под требования современных стандартов. К ним относятся: небольшая цена, энергосбережение, пожаростойкость и материалоемкость. Композиционные материалы с использованием полимерной основы позволяют создавать легкие и прочные материалы, от чего растёт интерес к подобным изделиям. Особое внимание разработчиков строительной продукции привлекают многослойные панели, которые удовлетворяют всем вышеупомянутым качествам (рис. 1). Как показали проведённые исследования, по основным показателям данный материал является высокоэкономичным.

Применение многослойных панелей в строительстве объектов промышленной и гражданской архитектуры позволяет сократить затраты, связанные с погрузкой, транспортировкой и монтажом конструкций, уменьшить нагрузку на фунда-

мент и его стоимость, снизить затраты на проведение геологических исследований. Удобство применения сэндвич-панелей состоит в возможности изготовления элементов сооружений в заводских условиях, после чего их доставляют на строительную площадку для последующей сборки. Это дает возможность сократить временные затраты на возведение зданий по сравнению с использованием традиционных стройматериалов.

Промышленное и гражданское строительство из сэндвич-панелей позволяет при необходимости быстро демонтировать сооружения, а также собирать их, как конструктор, на новом месте.

Известно, что многослойные конструкции состоят из отдельных, примыкающих друг к другу материалов. По оценкам специалистов самым популярными являются трёхслойные сэндвич-панели, средний слой которых устраивают из материалов с низкой теплопроводностью и высокой звукоизоляцией, что позволяет обеспечить достаточные параметры тепло и звукоизоляции, не теряя при этом в легкости и прочности изделия. Внешние слои обеспечивают конструкции эстетический вид, прочность и устойчивость, поэтому материалы для них выбирают в соответствии с этими требованиями.

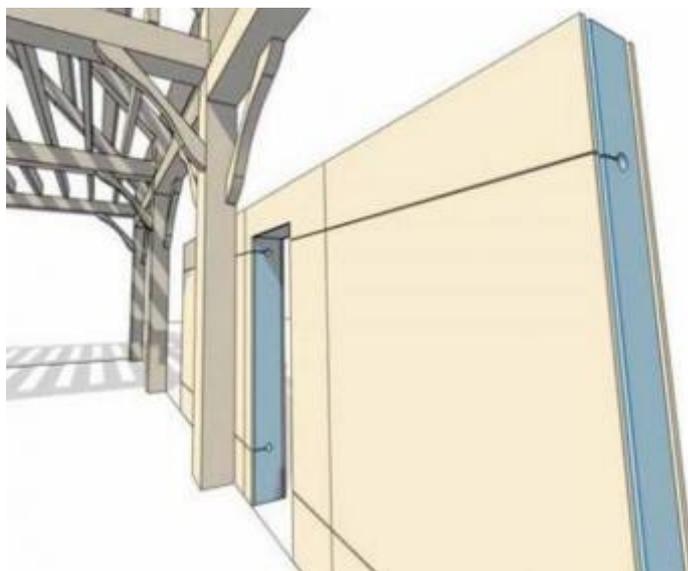


Рис. 1. Внешний вид многослойных панелей типа сэндвич с теплоизоляционным слоем из пенополиуретана

Большинство известных зарубежных компаний, изготавливающих сэндвич-панели, используют в качестве теплоизоляционного слоя пенополиуретан (далее ППУ). Этот материал представляет собой пластическую термореактивную структуру со множеством пор, которые занимают до 95% всего объема конструкции. Поры заполняют специальным газом (фторхлорметан), что обеспечивает прочность материала.

Главными достоинствами ППУ являются: коэффициент теплопроводности (0,029 Вт/(м\*К), огнестойкость (125 мм), прочность при адгезии (0,3 МПа), прочность на сжатие при деформации в 10% (0,2 МПа), прочность на изгиб в 14 мм (0,5 МПа), плотность (40-120 кг/м<sup>3</sup>), содержание закрытых ячеек (95%). Все эти качества характеризуют ППУ как материал прочный, долговечный и энергоёмкий.

Для изготовления сэндвич-панелей в качестве внешнего слоя может использоваться холоднокатаная сталь с покрытием из полимерных материалов (рис. 2),

базальтопластик, который представляет из себя многослойную ткань (рис. 3) из базальта, пропитанную эпоксидной смолой, и другие материалы.



Рис. 2. Холоднокатаная сталь

Детально остановимся на изготовлении многослойных панелей с использованием базальтопластика (далее БП) как одной из актуальных технологий. Возможность слияния полимерного материала и базальтопластика на химическом уровне заинтересовала ученых в области строительных материалов. Базальтопластик обладает рядом свойств, которые делают перспективным его использование в сфере композиционных строительных материалов. Например, плотность БП составляет  $1,8 \text{ г/см}^3$ , теплопроводность –  $0,02326 \text{ Вт/(м*К)}$ , коэффициент звукопоглощения – от 200 до 8 300 Гц, а модуль упругости при растяжении – 400 ГПа.

Для взаимодействия пенополиуретана и БП необходимо использовать свойства смолы при адгезии. В технологии изготовления сэндвич-панелей с использованием базальтопластика предусмотрено расположение тонких нитей из углеродного волокна между слоями базальтовой ткани, которые способны проводить электрический ток. Нагреваясь, углеродные нити передают теплоту БП, в следствие чего подобная панель становится хорошим нагревателем с обозначенной поверхностью обмена.

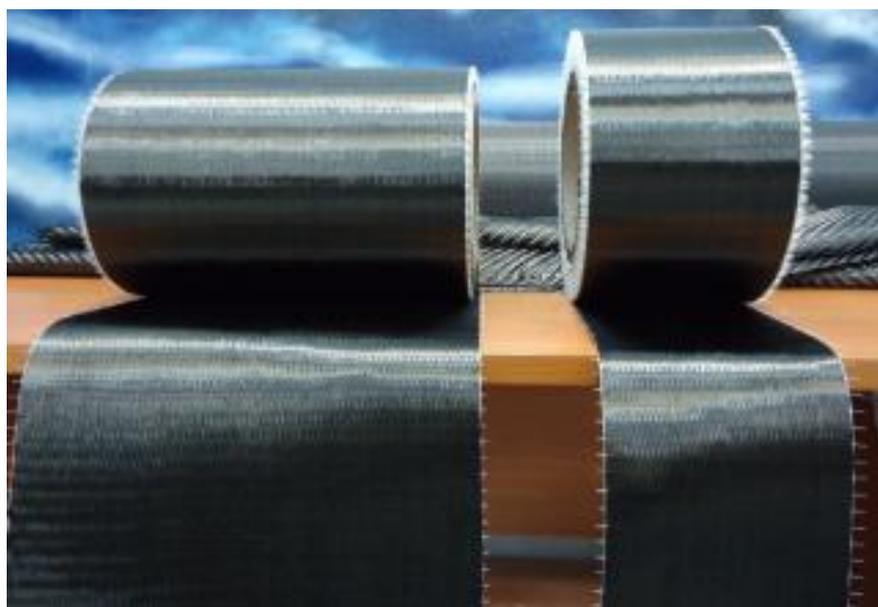


Рис. 3. Базальтопластиковая ткань

Отличительным преимуществом данного материала является его способность не только выполнять ограждающей функции, но и нагреваться под действием тока, что делает ее использование эффективным в местах, где отсутствует централизованное отопление, например, в строительстве складов или помещений, используемых в сельском хозяйстве. Было установлено, что необязательно возводить здание целиком из подобных панелей, достаточно лишь в некоторых местах заменить обычную сэндвич-панель на обогреваемую.

Результаты проведенных многочисленных опытов, целью которых было сравнить характеристики панелей ППУ+сталь и ППУ+БП, показали, что использование базальтопластика вместо стали является достаточно эффективным. Например, прочность при сжатии у ППУ+сталь равна 0,3 МПа, тогда как у ППУ+БП этот же показатель составляет 0,4 МПа. Прочность сцепления при равномерном отрыве изменилась с 0,25 до 0,3 МПа, прочность при изгибе с 0,35 до 0,9 МПа, а теплопроводность с 0,025 до 0,020 Вт/(м\*К).

Были проведены опыты на образцах размером 500\*500\*30мм. Электрическая мощность показала отметку в 60 Вт при напряжении в цепи 6 В и силе тока в 5А. Это говорит о безопасности конструкции, а также о возможности использования аккумуляторов для подзарядки.

Таким образом, изготовление и применение сэндвич-панелей с использованием верхнего слоя из базальтопластика является эффективным, так как конструкция выполняет не только ограждающую функцию, но ещё и функцию теплового источника, а показатели теплопроводности и прочности, как показали опыты, выше, чем у панелей, покрытых сталью. Кроме того, панели с базальтопластиком можно изготавливать криволинейным способом, что увеличивает разнообразие форм самих панелей и способов их применения.

#### **Список литературы**

1. Дмитриев, А.Н. Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями: дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.01 / Дмитриев А.Н. – Москва, 1999. – 353 с.
2. Влияние предварительной термообработки базальтовой ткани на показатели прочности базальтопластика / Г.П. Пономарева [и др.] // Материаловедение. – 2016. – № 2. С. 29-32.
3. Проскурякова, А.О. Быстровозводимые здания из сэндвич-панелей / А.О. Проскурякова, К.А. Корнеев, С.А. Ишевский, Е.В. Крынин / Эффективные конструкции, материалы и технологии в строительстве и архитектуре: Сб. статей междунар. конф. – Липецк, 2009. – 210 с.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ**

*Коростылев М.В.*

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)  
Донского государственного технического университета, Россия, г. Шахты

В статье описан процесс повышения точности методов визуальной одометрии за счет использования данных, полученных с помощью акселерометра. В статье изложены основные источники появления неточностей в данных, полученных посредством методов визуальной одометрии, в рамках разработки системы локального позиционирования на

базе мобильных устройств, а также предложены способы исправления этих неточностей. Подобные способы исправления неточностей необходимы при отсутствии возможности обеспечения неподвижности средства получения данных, предназначенных для обработки методом визуальной одометрии, относительно пользователя.

*Ключевые слова:* визуальная одометрия, акселерометр, обработка данных, повышение точности.

Локальное позиционирование, основанное на методах визуальной одометрии, предполагает определение изменения положения субъекта в пространстве посредством данных, полученных с помощью камеры (в данном случае камеры мобильного телефона). В ситуации, когда камера находится относительно субъекта в неподвижном состоянии, шум при получении данных минимален, так как обусловлен лишь качеством работы методов визуальной одометрии. В рамках разработки системы локального позиционирования на базе мобильных устройств предполагается, что камера находится в руках пользователя, в связи с этим появляются дополнительные зависимости, так как обеспечить неподвижность камеры относительно пользователя невозможно.

Наиболее существенное влияние оказывает изменение положения камеры относительно вектора силы тяжести. В данной статье будет рассмотрено только движение вперед и назад без учета поворотов – по одной из осей координат. Ниже (рис. 1) представлена кривая, построенная на основе показаний, полученных с помощью метода визуальной одометрии.

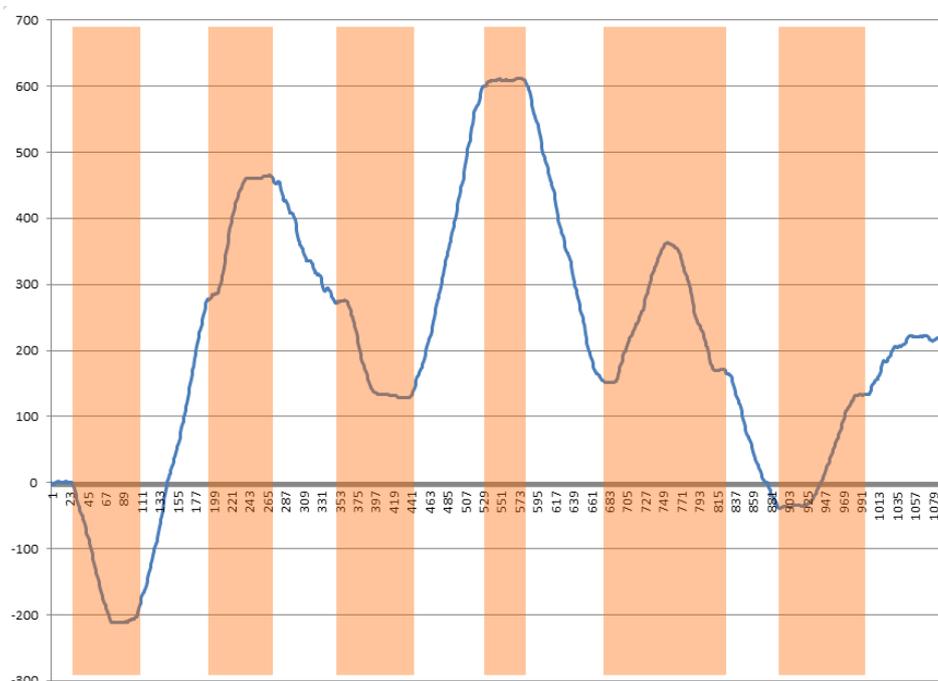


Рис. 1. Кривая, построенная на основе методов визуальной одометрии

Наиболее подходящим средством для приведения полученных данных к единому виду в рамках данного проекта является акселерометр. Акселерометр – датчик, встроенный в большинство смартфонов, отвечающий за определение изменения положения устройства в пространстве. Показания акселерометра, будут использоваться для того, чтобы в общем потоке данных выделить данные, полученные при изменении положения устройства относительно вектора силы тяжести [1, с. 190].

При этом, показания, полученные только с помощью метода визуальной одометрии (рис. 1), не отражают в полной мере характер движения пользователя, допуская следующие неточности:

- нежелательные всплески, обусловленные изменением положения устройства в пространстве относительно вектора силы тяжести (на рисунке 1 такие всплески выделены цветом);
- относительная неточность пройденного пути, обусловленная изменением угла наклона устройства по отношению к направлению движения.

Для сглаживания нежелательных всплесков будет использована формула, полученная опытным путем, вычисляющая всплески данных, на основе показаний акселерометра:

$$K_{всп}(i) = (A_y(i) - A_z(i)) * (-23),$$

где  $K_{всп}(i)$  – значение нежелательного всплеска для  $i$ -го элемента массива показаний;  
 $A_y(i)$  –  $i$ -ый элемент массива показаний акселерометра по оси  $Y$ ;  
 $A_z(i)$  –  $i$ -ый элемент массива показаний акселерометра по оси  $Z$ .

Разность первоначальных показаний и данных, полученных с помощью формулы, дает избавленный от нежелательных всплесков массив данных, представленный в виде графика (рис. 2).

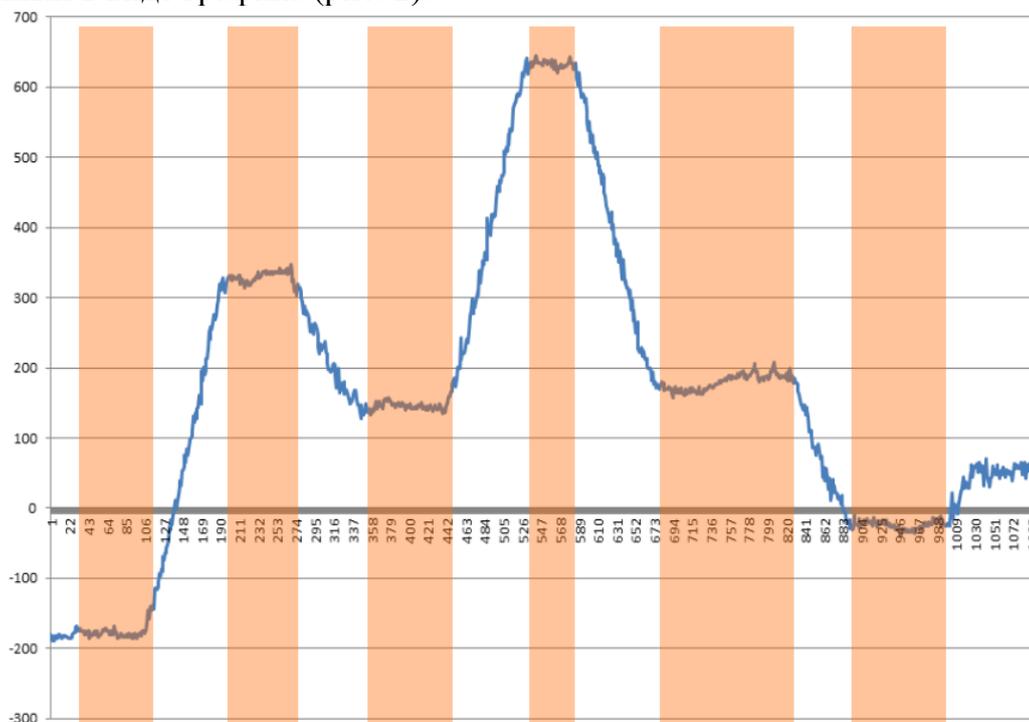


Рис. 2. Массив, избавленный от нежелательных всплесков (места всплесков выделены цветом)

Помимо нежелательных всплесков неточность первоначальных показаний обусловлена изменением положения устройства в пространстве относительно вектора силы тяжести. Для исправления данной неточности было решено ввести коэффициент, описывающий изменение угла наклона устройства. В качестве такого коэффициента хорошо подошло значение одного из векторов акселерометра. Логика вычисления итоговых данных из массива данных, избавленных от нежелательных всплесков, описана следующей формулой:

$$K_{и}(i) = K_{и}(i - 1) + (K_{бв}(i) - K_{бв}(i - 1)) * |A_y(i)|,$$

где  $K_{ii}(i)$  –  $i$ -ый элемент итогового массива;  $K_{\sigma_6}(i)$  –  $i$ -ый элемент массива показаний, избавленных от нежелательных всплесков;  $A_y(i)$  –  $i$ -ый элемент массива показаний акселерометра по оси  $Y$ .

Данные, полученные после всех этапов преобразования, наиболее точно отражают характер перемещения пользователя с устройством (рис. 3).

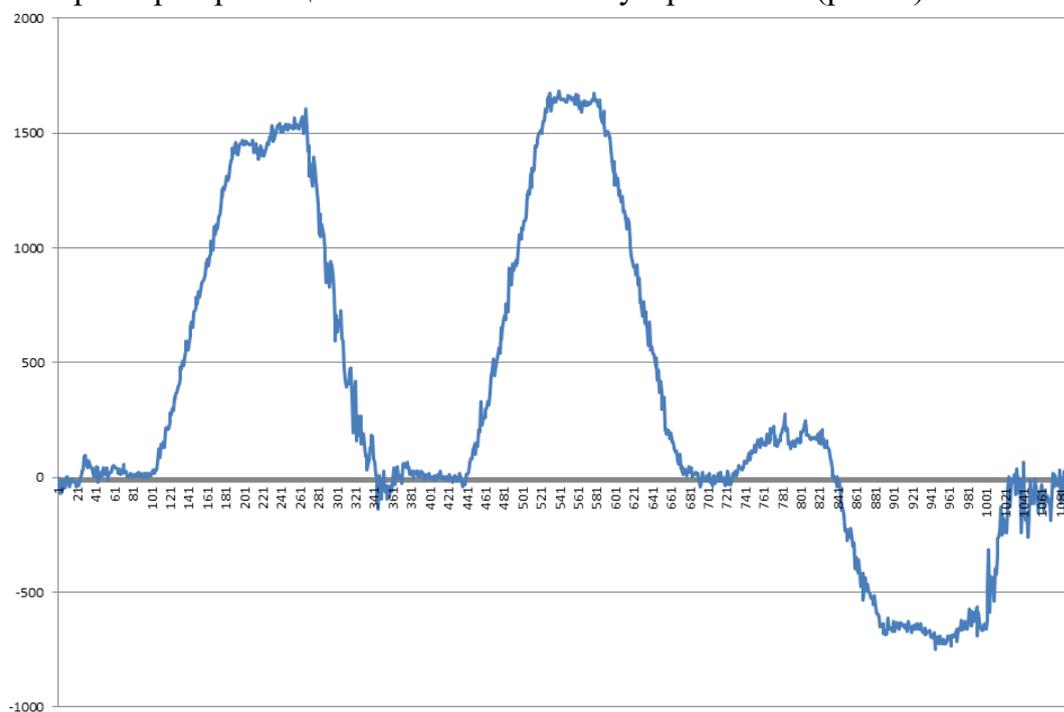


Рис. 3. Итоговые данные, представленные в виде графика

#### Список литературы

1. Коростылев, М.В. Разработка системы анализа движения человека на базе мобильных устройств / М.В. Коростылев // Результаты фундаментальных и прикладных исследований в области естественных и технических наук: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 29 июня 2017 г. / Под общ. ред. Ж. А. Шаповал. – Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2017. – 244 с.

### ПРОЦЕСС ПРОГРАММИРОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА АТМЕГА8515 ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА АНАЛИЗАТОРА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Кубанго Б.Э.М.*

соискатель, Казанский государственный энергетический университет,  
Ангола, г. Луанда

*Кашаев Р.С.*

д.т.н., профессор, Казанский государственный энергетический университет,  
Россия, г. Казань

В работе описана процесс программирование контроллера АТмега8515 с помощью программатора STK500 для управления проточного анализатора Ядерного Магнитного Резонанса (ЯМР) второго поколения.

*Ключевые слова:* программирование, контроллер, ЯМР, AVR, STK500, управление, электропривод.

## ВВЕДЕНИЕ

Уровень развития современных нефтепромыслов требует создания систем автоматического управления и энергоснабжения, основанных на современных приборах и технологиях контроля количества/качества продукции скважин и энергоснабжения.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

AVR Studio – интегрированная среда проектирования (IDE) – идеальное программное обеспечение для любых разработок с использованием AVR-микроконтроллеров. В него входят редактор, ассемблер, отладчик, а также управляющие программы для всех эмуляторов AVR-микроконтроллеров и набора STK500.

Загрузка программы:

1. На персональном компьютере загрузить «Пуск → Atmel AVR → Tools → AVRStudio» (рис. 1).
2. Создать новый проект, кнопки «Project → New Project».

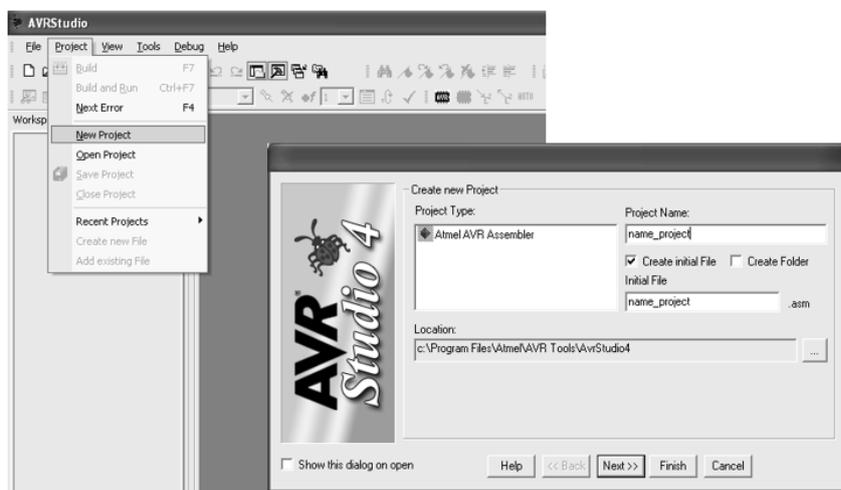


Рис. 1. AVR Studio

3. Ввести имя проекта, нажать Finish.
4. В окне редактора ввести код программы.

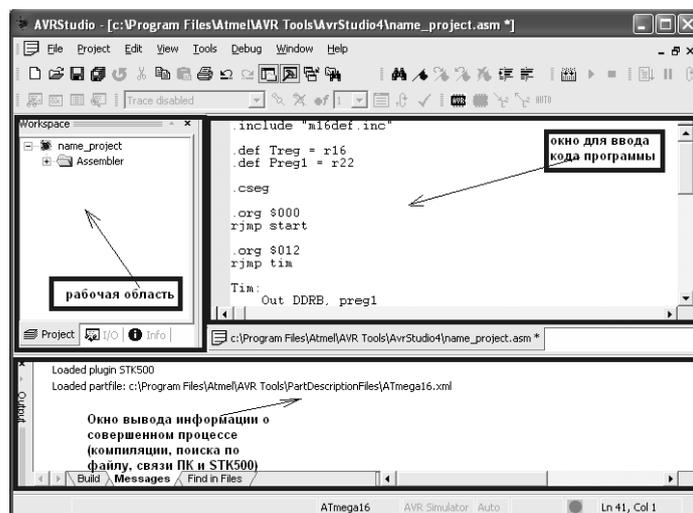


Рис. 2. AVR Studio

5. Сохранить набранный файл с расширением \*.ASM (\*.C).

6. Откомпилировать набранную программу – кнопка «F7» на клавиатуре или нажать кнопку .

7. Возможные ошибки в программе можно просмотреть в окне «message».

8. После устранения всех ошибок, откомпилировать программу снова и записать данные файла с расширением \*.HEX в микроконтроллер.

Для этого:

- нажать кнопку «AVR» на панели «AVRStudio toolbar», появится окно «STK500» (Рис.3.);

- в закладке «Program» выбрать «Device» – устройство (ATmega8515L);

- в разделе «Flash», в поле «Input HEX File» указать расположение откомпилированного файла.

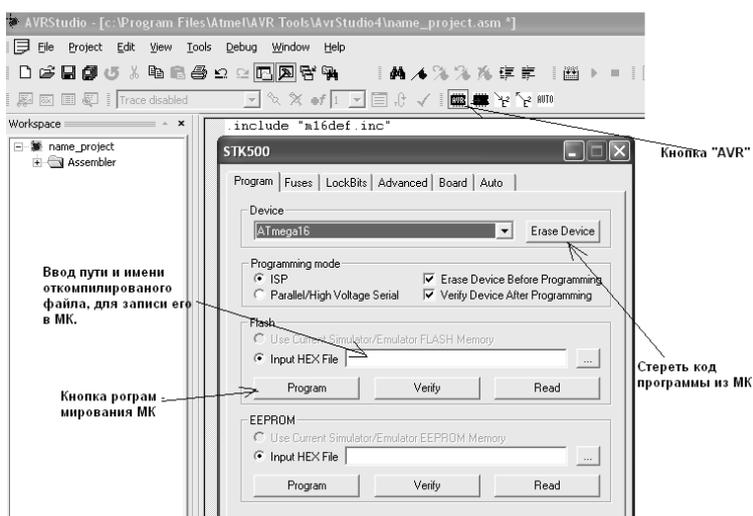


Рис. 3. AVR Studio

При записи программы в МК убедитесь, что плата STK500 (рис. 5) включена. Запись новой программы возможна в любой момент времени работы загруженной программы. После настройки всех окон.

Поле истории (рис.4) находится внизу пользовательского интерфейса STK500. В этом окне отображен диалог между AVR Studio и STK500. При выполнении каждой команды содержимое данного поля обновляется.

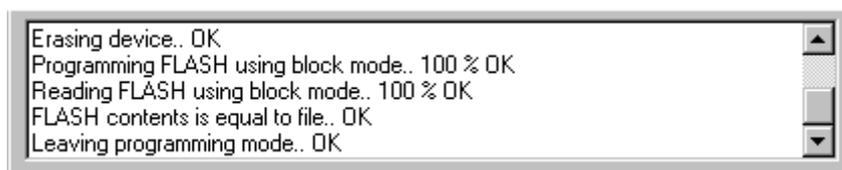


Рис. 4. Окно истории

Для программирования контроллера, осуществляется связь с компьютером по *SOM* порту, который может использоваться для управления технологическим процессом, осуществлять местное управление.



Рис. 5. Плата STK500



Рис. 6. Стенд ЯМРА II поколения

С помощью STK500 управляем электропривода пробоотборного патрубка ЯМРА II (рис. 6), нажав кнопку SW4 патрубка перемещается в период и нажав кнопку SW6 патрубка перемещается назад.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ВЫВОДЫ)

1. Программирование контроллера, позволяет диверсифицировать способы управления магнитного резонанса анализатора второго поколения;

2. STK500 имеет ряд преимуществ, выгодно отличающих его от других программаторов:

- возможность высоковольтного (HV) программирования;
- внутрисхемное программирование (ISP);
- возможность регулировки питающего VTG и опорного AREF напряжения;
- возможность обновления прошивки основного управляющего контроллера,

благодаря чему программатор поддерживает все новинки от Atmel.

3. Способы, устройства и модель измерения физико-химических параметров скважинной жидкости с помощью проточных ЯМР-анализаторов по нашим патентам обладают следующими преимуществами:

- магистральная труба может быть любого диаметра, т.е. верхний диапазон измерений расхода практически неограничен, а нижний соответствует  $Q = 0$ ;

- подача пробы в датчик ЯМР-анализатора производится перепадом давлений, регулируемых положением патрубка в расширителе, при этом не требуются насосы и задвижки, можно «остановить» поток в датчике ЯМР.

#### **Список литературы**

1. Кашаев Р.С., Козелков О.В., Малев Н.А., Кубанго Б.Э. Автоматическое управление УЭЦН используя измерения СКЖ проточным ПМР-анализатором. Проблем энергетики, 2017, № 5-6.
2. Кашаев Р.С., Кубанго Б.Э. Проточные ПМР-анализаторы для контроля скважинной жидкости (монография). Изд. Юком. ISBN 978-5-4480-0076-8, DOI:1017117/ mon 2016.11, Ucom.ru/mon.
3. moLCНес, STK500: Что же он умеет и как с ним работать, Радиокот, 25.03.2008.
4. Кубанго Б.Э., Кашаев Р.С. Управление электроприводами по ЯМР-параметрам скважинной жидкости. Межд. н./техн. конф. “Пром – Инжиниринг” (Inter. Conference on Industrial Engineering – ICIE 2017), СПб, 16-19 мая, 2017.

### **ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

***Кульбякина А.В.***

доцент кафедры «Тепловая и атомная энергетика» имени А.И. Андрющенко,  
канд. техн. наук, Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А., Россия, г. Саратов

***Савельева А.И.***

магистрант кафедры «Тепловая и атомная энергетика» имени А.И. Андрющенко,  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Россия, г. Саратов

В статье рассматривается эффективность применения эксергетического метода термодинамического анализа для определения наиболее перспективных направлений развития объектов нефтегазового комплекса, на примере предприятий переработки углеводородного сырья. Отечественные объекты переработки углеводородного сырья отличаются высокими показателями энергопотребления, которые значительно превышают аналогичные показатели зарубежных предприятий этой отрасли. В связи с этим проблема повышения энергоэффективности подобных объектов является чрезвычайно актуальной, что подтверждено на государственном уровне. Эксергетический подход к определению наиболее целесообразных направлений совершенствования функционирования объектов дает не только количественную, но и качественную оценку используемым энергетическим ресурсам, позволяет определить энергетические потери и наименее эффективные с точки зрения термодинамики узлы и аппараты. На основании проведенного термодинамического анализа предложены направления повышения эффективности объектов переработки углеводородного сырья, целесообразность которых подтверждена технико-экономическими показателями.

*Ключевые слова:* энергоэффективность, углеводородное сырье, эксергия, энергетические ресурсы, термодинамические показатели эффективности, энергетические потери.

Повышение эффективности топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и промышленного сектора РФ с одновременным сокращением негативного воздействия на окружающую среду является приоритетным направлением развития страны и подтверждено на государственном уровне Федеральным законом «Об энергосбережении» [1], а также государственной программой «Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2020 года» [2].

Значительное внимание к подобным вопросам связано с тем, что энергоёмкость отечественной экономики более чем вдвое превышает аналогичные показатели зарубежных стран (США в 2, развитые страны Европы в 3 раза). При этом общий потенциал энергосбережения России оценивается в 360-430 млн. т у.т. Его распределение по отраслям выглядит следующим образом (млн т у.т.): ТЭК – 120-435; промышленность и строительство – 110-140; транспорт – 23-30; сельское хозяйство – 12-15; коммунально-бытовой сектор – 95-110. Промышленный сектор РФ включает в себя энергоёмкие отрасли: химия, нефтехимия, черная металлургия, цветная металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность и др. (в нефтехимии энергетические затраты достигают 40%). Отличительной особенностью отечественной промышленности является то, что доля энергоёмких предприятий составляет более 55 % от всего объема промышленного производства страны.

Особое место среди промышленных предприятий занимают объекты нефтегазового комплекса (НГК), кроме того что они являются крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на собственные нужды, они представляют собой стратегический сектор российской экономики и основу всего ТЭК страны. Отечественные предприятия по переработке углеводородного сырья (ПП УВС), так же отличаются повышенной энергоёмкостью продукции. Значительная часть подобных объектов основана в середине прошлого столетия и ранее (самый старый НПЗ – Ново-Ярославский основан в 1927 г, Московский – 1938 г., одни из наиболее крупных Омский и Ангарский – в 1955, 1956 гг. соответственно [3]). В настоящее время идут бурное развитие и модернизация отрасли, однако, проблема несовременного и отслужившего срок службы основного и вспомогательного оборудования стоит крайне остро, так же как и вопросы энерго- и ресурсосбережения.

Для определения энергоэффективных и экономически целесообразных направлений совершенствования основных и вспомогательных процессов ПП УВС широко применяется эксергетический метод термодинамического анализа. Это обусловлено тем, что именно эксергетический подход позволяет объективно судить о степени совершенства протекающих процессов, а кроме этого дает не только количественную, но и качественную оценку используемым на объекте ТЭР. С помощью эксергетического анализа определяются энергетические потери и наименее эффективные с точки зрения термодинамики узлы и аппараты.

Термодинамические показатели эффективности ПП УВС обобщены в виде эксергетического КПД ( $\eta_{ex}$ ), определяемого для различных элементов технологической системы (ТС) и энергетического комплекса (ЭК) объекта через сумму эксергий на выходе ( $\sum ex_{BbIX}$ ) и входе ( $\sum ex_{BX}$ ), а так же сумму потерь в системе ( $\sum ex_{II} = \sum D$ ) [4]:

$$\eta_{ex} = \sum ex_{BbIX} / \sum ex_{BX} = 1 - \frac{\sum ex_{II}}{\sum ex_{BX}}; \quad (1)$$

$$\sum ex_{II} = \sum D = \sum ex_{BX} - \sum ex_{BbIX} \geq 0 \quad (2)$$

В элементах ПП УВС, как правило, осуществляются процессы с подводом и отводом электрической (механической) энергии ( $\mathcal{E}$ ), теплоты ( $Q$ ) и энергии технологического потока ( $J$ ). На рисунке показаны в общем виде энергетический и эксергетический балансы элемента ПП УВС.

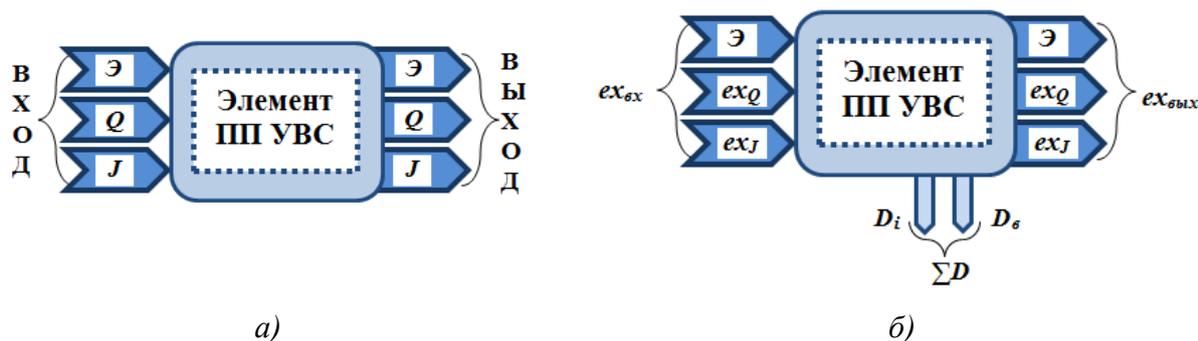


Рис. Балансы системы: а – энергетический, б – эксергетический

Эксергия потока вещества в общем виде представляется суммой:

$$ex_J = ex_{ПОТ} + ex_{КИНЕТ} + ex_{ФИЗ} + ex_{ХИМ}, \quad (3)$$

где  $ex_{ПОТ}$ ,  $ex_{КИНЕТ}$  – эксергии потенциальной и кинетической энергии вещества, которые в рамках поставленных задач не учитываются;

$ex_{ФИЗ}$ ,  $ex_{ХИМ}$  – физическая и химическая эксергии, соответственно.

Физическая эксергия определяется, как:

$$ex_{ФИЗ} = H - H_0 - T_0 \cdot (s - s_0), \quad (4)$$

где  $H, H_0$  – энтальпия системы и окружающей среды соответственно,

$T_0$  – температура окружающей среды;  $s, s_0$  – удельная энтальпия системы и окружающей среды соответственно.

Эксергия химическая, как известно, равна сумме химических эксергий компонентов системы, определяемых разностью удельных мольных термодинамических потенциалов каждого компонента и окружающей среды при обратном взаимодействии системы [5]. Для ПП УВС химическая эксергия потоков определяется, как химическая эксергия жидкого и газообразного топлива по высшей теплоте сгорания:

$$ex_{ХИМ.Ж} = 0,975Q_p^B; \quad (5)$$

$$ex_{ХИМ.Г} = 0,95Q_p^B; \quad (6)$$

Потери эксергии  $\sum D$  делятся на две группы:

- внутренние  $D_i$ , связанные с необратимостью процессов, протекающих внутри элемента или системы;

- внешние  $D_e$ , связанные с условиями взаимодействия элементов и систем ПП УВС с окружающей средой и внешними источниками и приемниками энергии и рабочего вещества (при химических превращениях).

Эксергетический баланс ПП УВС с потреблением тепловой и электрической энергией, частично топливной компоненты от внешних источников имеет вид:

$$ex_J + ex_Q + ex_L + ex_F + ex_W = ex_R + ex_C + ex_D + \sum D, \quad (7)$$

где  $ex_J, ex_Q, ex_L, ex_F, ex_W, ex_R, ex_C, ex_D$  – эксергия сырья, тепловой и электрической энергии, топлива, воды, продукции, стоков, отходов;

$\sum D$  – потери эксергии материальных и энергетических потоков.

Оптимизация ЭК ПП УВС и всех его подсистем по критерию термодинамических потерь состоит в минимизации суммы  $(ex_C + ex_D + \sum D) \rightarrow \min$ . Важно отметить, что оптимальный вариант ЭК ПП УВС соответствует не только минимуму потерь  $ex_D + \sum D$  и отходов  $ex_C$ , но и минимальному потреблению ТЭР от сторонних источников, в том числе сокращению потребления топлива (собственной выработки и стороннего):  $(ex_Q + ex_L + ex_F + \sum D) \rightarrow \min$ .

В соответствии с проведенным термодинамическим анализом основных производств отдельных ПП УВС, установлено, что значительным потенциалом в области энергосбережения обладают установки первичной подготовки и переработки УВС. Объекты первичной подготовки и переработки УВС используются не только непосредственно на ПП УВС, но и на объектах промысла. В качестве актуального и перспективного направления развития для таких объектов предлагается создание собственных источников энергообеспечения, с минимальными выбросами в окружающую среду и утилизацией низконапорных технологических газов, что позволяет сформировать высокоэффективные, практически замкнутые и экологически безопасные системы ЭК.

Так для комплексной установки переработки нефти ГК-3, производительностью 3000 тыс. т/год в качестве комбинированного источника энергообеспечения с собственной выработкой тепловой (14,2 МВт) и электрической (9,2 МВт) энергии, рассмотрена ПГУ-ТЭЦ на базе газовой турбины ГТЭ-6у [6]. Для этого варианта индекс доходности составит 1,963 руб./руб., интегральный эффект 990 млн. руб., срок окупаемости не более 5 лет, что говорит об экономической целесообразности и перспективности создания собственных источников энергообеспечения.

Эксергетический метод является одним из наиболее объективных инструментов анализа эффективности и оптимизации энергосистем ПП УВС. На базе эксергетического подхода определяются наименее эффективные узлы на всех уровнях иерархии от аппаратов до производств, с разработкой экономически и энергетически целесообразных направлений и технических решений по повышению эффективности ПП УВС.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №17-79-10134).*

#### Список литературы

1. Федеральный закон от 23.11.2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. Государственная программа Российской Федерации от 27.12. 2010 г. №2446-р «Энергосбережением и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».
3. Справочник нефтепереработчика: Справочник / Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко, М.Г. Рудина. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
4. Шаргут, Я., Петела, Р. Эксергия. – М.: Энергия, 1968. – 280 с.
5. Эксергетический метод термодинамического анализа / В. М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.

6. Кульбякина (Ленькова) А.В., Ларин Е.А., Долотовский И.В. Эффективная система энергообеспечения комбинированных установок переработки нефти // Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса. 2016. №8. С. 233-238.

## ПРОЦЕДУРА ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ

*Лапина М.Л.*

д.т.н., профессор, доцент,  
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,  
Россия, г. Воронеж

*Бойкова А.Л.*

магистрант, Воронежский государственный университет, Россия, г. Воронеж

*Подкопаев Д.И.*

магистрант, Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, г. Воронеж

В работе рассматривается возможность процедуры оптимизации формирования портфеля ценных бумаг. С целью алгоритмизации предложенного подхода воспользовались декомпозиционным подходом. Элементарность портфелей каждого последующего шага проверялась через элементарность предыдущего, основываясь на уравнении Беллмана.

*Ключевые слова:* ценные бумаги, оптимизация, стратегия, декомпозиция, алгоритм.

Что бы быть успешным игроком, нужно понимать рынки лучше, чем конкуренты. При помощи компьютера можно проанализировать их более тщательно.

Компьютер может помочь отслеживать и глубоко анализировать больше рынков. Он может заняться рутинной и дать возможность думать. Компьютер позволит использовать больше индикаторов и проверить больше возможностей. Игра на бирже – это игра с информацией. Компьютер поможет обработать больше информации.

Компьютеризированный технический анализ объективнее обычных графиков. Можно оспаривать существование "головы" с "плечами", но невозможно спорить о динамике индикатора. Если индикатор показывает вверх, то это значит вверх, а если вниз, то только вниз.

В настоящее время при выборе оценке экономической составляющей хозяйствующего субъекта все большее значение уделяется решению управленческих задач.

В частности, при решении задачи формирования портфеля финансовых инструментов построим решение задачи стохастического программирования в форме многошаговой рекуррентной задачи:

$$\min_{x_1 \in R^n} \{f_1(x_1) + E_{\omega_2} [\min_{x_2} (f_2(x_2) + \dots + E_{\omega_T | \omega_{T-1}} [\min_{x_T} f_T(x_T)])]\},$$

при следующих условиях:

$$\begin{cases} A_1 x_1 = b_1, \\ B_2 x_1 + A_2 x_2 = b_2, \\ B_3 x_2 + A_3 x_3 = b_3, \\ \dots \\ B_T x_{T-1} + A_T x_T = b_T, \\ l_1 \leq x_1 \leq u_1; l_t \leq x_t \leq u_t; t = 2, \dots, T \end{cases}$$

где величины  $f_t$  определяются с  $t=1$  до конечной точки  $T$ ;  $A_1 \in R^{m_1, n_1}$  и величина вектора  $b_1 \in R^{m_1}$  соответствуют ограничениям на начальном шаге, для  $t=2, \dots, T$ , матрицы  $A_t: \Omega \rightarrow R^{m_{t-1}, n_{t-1}}$ , матрицы  $B_t: \Omega \rightarrow R^{m_{t-1}, n_{t-1}}$  и вектор  $b_t: \Omega \rightarrow R^{m_t}$  определяют ограничения для соответствующего поступательного набора  $\bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ ,  $E_{\bar{\omega}_t | \bar{\omega}_{t-1}}$  - математическое ожидание от случайного вектора  $\bar{\omega}_t$  в соответствующий момент времени, с учетом предыдущих значений до соответствующего временного момента. Составим соответствующую зависимость оптимальной политики,  $\bar{x}^0 = (\bar{x}_1^0, \bar{x}_2^0, \dots, \bar{x}_T^0)$  от конечных исходов  $\bar{\omega} = (\bar{\omega}_2, \dots, \bar{\omega}_T)$ .

Попробуем сформулировать условия разрешимости исходной рекуррентной задачи: если инвестор в момент времени  $t$  проводит операции с конкретной категорией бумаг, то здесь будет произведена только продажа бумаг или покупка бумаг этой категории.

Тогда процедура изменения бумаг в портфеле может быть описана соотношением  $(c_t, h_t^+) = (c_t, h_t^-) - \sum_{i=1}^N (k |c_{t,i} h_{t,i}^- - c_{t,i} h_{t,i}^+|)$ .

Сформируем портфель как соответствующий набор бумаг  $h_t = (h_{t,0}, h_{t,1}, \dots, h_{t,N})$ , где  $h_{t,i}$  - объем бумаг  $i$ -го вида в портфеле в конкретное время  $t$ .  $h_{t,0}$  - соответствующие денежные средства. Положим  $\xi_{t,i}$  - объем приобретенных бумаг конкретного вида  $i$  в соответствующий момент времени  $t$ , а  $\pi_{t,i}$  - объем проданных бумаг этого вида в соответствующий момент времени  $i$  и соответствующего числа  $t$ ,  $c_{t,i}$  - цены в этот момент времени, описываются марковским процессом [1, с.17-32]. Взимая биржей плата, за каждую проведенную операцию пропорциональна соответствующему капиталовложению, это пропорция будет соответствовать так называемой комиссии. Объем ценных бумаг ограничим следующим образом:  $h_{t,i}^+ = h_{t+1,i}^-$  и  $h_{t,i}^- \geq 0$ ,  $h_{t,i}^+ \geq 0$ ,  $h_{t,i}^+ = h_{t,i}^- + \xi_{t,i} - \pi_{t,i}$  и  $\xi_{t,i} \geq 0$ ,  $\pi_{t,i} \geq 0$ , а ограничения на денежные объемы определим из соотношений:

$$\sum_{i=0}^N c_{t,i} h_{t,i}^+ = \sum_{i=0}^N c_{t,i} h_{t,i}^- - k \sum_{i=0}^N c_{t,i} \xi_{t,i} - k \sum_{i=0}^N c_{t,i} \pi_{t,i}; \text{ с учетом } h_{t,i}^+ = h_{t,i}^- + \xi_{t,i} - \pi_{t,i}, \text{ имеем}$$

$$(1+k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \xi_{T-1,i} = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \pi_{T-1,i}. \text{ Если } \xi_{t,i} \pi_{t,i} = 0, \text{ то ограничение на де-}$$

нежные объемы определим из соотношения  $(c_t, h_t^+) = (c_t, h_t^-) - \sum_{i=1}^N (k |c_{t,i} h_{t,i}^- - c_{t,i} h_{t,i}^+|)$ .

Оценка денежного объема во временной момент  $t$  принятия нового решения соответственно равна  $\sum_{i=0}^N c_{t+1,i} h_{t+1,i}^-$ . Преобразованию денежного объема в момент  $t+1$  соответствует величина  $\sum_{i=0}^N c_{t+1,i} h_{t+1,i}^-$ .

Нашей конечной целью является максимальное увеличение стоимостной величины портфеля, т.е.  $\sum_{i=0}^N c_{T,i} h_{T,i}^-$  [2, с. 64-69.]. Задачу оптимизации строим следующим образом  $\max_{h_0^+} M_{c_1} \max_{h_1^+} M_{c_2} \dots \max_{h_{T-1}^+} M_{c_T} (c_T h_{T-1}^+) = W_2^-$ .

Воспользуемся соответствующим уравнением Беллмана, при условии  $t=T$  и соответствующей оценке  $O_T^*(c_T, h_T^-) = \sum_{i=0}^N c_{T,i} h_{T,i}^-$ . В предыдущий момент  $t=T-1$  оптимальная оценка портфеля в ценах  $c_{T-1}$ , определяется как

$$\begin{aligned} O_{T-1}^*(c_{T-1}, h_{T-1}^-) &= \max_{\substack{h_{T-1}^+ \\ h_{T-1}^+ = h_T^-}} M_{c_T} O_T^*(c_T, h_T^-) = \max_{h_{T-1}^+} M_{c_T} \sum_{i=0}^N c_{T,i} h_{T-1,i}^+ = \max_{h_{T-1}^+} \sum_{i=0}^N M c_{T,i} h_{T-1,i}^+ \\ &= \max_{\xi_{T-1}, \pi_{T-1}} \sum_{i=0}^N M c_{T,i} (h_{T-1,i}^- + \xi_{T-1,i} - \pi_{T-1,i}), \quad (1+k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \xi_{T-1,i} = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \pi_{T-1,i} \\ \xi_{T-1,i}^- &\geq 0, \quad \pi_{T-1,i} \geq 0, \quad h_{T-1,i}^- + \xi_{T-1,i} - \pi_{T-1,i} \geq 0. \end{aligned}$$

В момент  $t=T-2$ , при цене  $c_{T-2}$  оценка имеет вид:

$$O_{T-2}^*(c_{T-2}, h_{T-2}^-) = \max_{\substack{h_{T-2}^+ \\ h_{T-2}^+ = h_{T-1}^-}} M_{c_{T-1}} O_{T-1}^*(c_{T-1}, h_{T-1}^-), (1+k) \sum_{i=0}^N c_{T-2,i} \xi_{T-2,i} = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{T-2,i} \pi_{T-2,i}$$

С учетом вышесказанного, текущему моменту времени при цене  $c_t$  соответствует оценка:  $O_t^*(c_t, h_t^-) = \max_{\substack{h_{t+1}^+ \\ h_{t+1}^+ = h_t^-}} M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-)$ ,  $(1+k) \sum_{i=0}^N c_{t,i} \xi_{t,i} = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{t,i} \pi_{t,i}$ ,  $\xi_{t,i}^- \geq 0$ ,  $\pi_{t,i} \geq 0$ ,  $h_{t,i}^- + \xi_{t,i} - \pi_{t,i} \geq 0$ .

Рассмотрим возможность формулировки принципа разложения, соответствующего сформулированным соотношениям, проведем рассуждения, двигаясь в обратном порядке.

1. В момент  $t=T$  справедливость подтверждается свойствами скалярного произведения (линейность).

2. При  $t=T-1$  рассмотрим три портфеля  $h_{T-1}^-$ ,  $\hat{h}_{T-1}^-$ ,  $\hat{\hat{h}}_{T-1}^-$ , при условии  $h_{T-1}^- = \hat{h}_{T-1}^- + \hat{\hat{h}}_{T-1}^-$ , определим зависимость между оценками этих портфелей.

$$\begin{aligned} O_{T-1}^*(c_{T-1}, h_{T-1}^-) &= \max_{\xi_{T-1}, \pi_{T-1}} \sum_{i=0}^N M c_{T,i} (h_{T-1,i}^- + \xi_{T-1,i} - \pi_{T-1,i}), \\ (1+k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \xi_{T-1,i} &= (1-k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \pi_{T-1,i}, \quad \xi_{T-1,i}^- \geq 0, \quad \pi_{T-1,i} \geq 0, \quad h_{T-1,i}^- + \xi_{T-1,i} - \pi_{T-1,i} \geq 0, \end{aligned}$$

$$O_{T-1}^*(c_{T-1}, \hat{h}_{T-1}^-) = \max_{\hat{\xi}_{T-1}, \hat{\pi}_{T-1}} \sum_{i=0}^N M c_{T,i} (\hat{h}_{T-1,i}^- + \hat{\xi}_{T-1,i} - \hat{\pi}_{T-1,i}),$$

$$(1+k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \hat{\xi}_{T-1,i} = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \hat{\pi}_{T-1,i}, \hat{\xi}_{T-1,i}^- \geq 0, \hat{\pi}_{T-1,i}^- \geq 0, \hat{h}_{T-1,i}^- + \hat{\xi}_{T-1,i}^- - \hat{\pi}_{T-1,i}^- \geq 0.$$

$$O_{T-1}^*(c_{T-1}, \hat{h}_{T-1}^+) = \max_{\hat{\xi}_{T-1}, \hat{\pi}_{T-1}} \sum_{i=0}^N M c_{T,i} (\hat{h}_{T-1,i}^+ + \hat{\xi}_{T-1,i} - \hat{\pi}_{T-1,i}),$$

$$(1+k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \hat{\xi}_{T-1,i} = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{T-1,i} \hat{\pi}_{T-1,i}, \hat{\xi}_{T-1,i}^+ \geq 0, \hat{\pi}_{T-1,i}^+ \geq 0, \hat{h}_{T-1,i}^+ + \hat{\xi}_{T-1,i}^+ - \hat{\pi}_{T-1,i}^+ \geq 0.$$

Исследуемая функция отвечает линейности, т.е. ее можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^N M c_{T,i} (h_{T-1,i}^- + \xi_{T-1,i} - \pi_{T-1,i}) &= \sum_{i=0}^N M c_{T,i} (\hat{h}_{T-1,i}^- + \hat{\xi}_{T-1,i} - \hat{\pi}_{T-1,i}) + \\ &+ \sum_{i=0}^N M c_{T,i} (\hat{h}_{T-1,i}^+ + \hat{\xi}_{T-1,i} - \hat{\pi}_{T-1,i}), \end{aligned}$$

так как  $h_{T-1,i}^- = \hat{h}_{T-1,i}^- + \hat{h}_{T-1,i}^+$ ,  $\xi_{T-1,i} = \hat{\xi}_{T-1,i} + \hat{\xi}_{T-1,i}^+$ ,  $\pi_{T-1,i} = \hat{\pi}_{T-1,i} + \hat{\pi}_{T-1,i}^+$

Воспользуемся принципом декомпозиции и разложим исходную задачу на две, следующим образом:  $O_{T-1}^*(c_{T-1}, h_{T-1}^-) = O_{T-1}^*(c_{T-1}, \hat{h}_{T-1}^-) + O_{T-1}^*(c_{T-1}, \hat{h}_{T-1}^+)$ .

3. В момент  $t$  сформулируем задачи следующим образом:

$$O_t^*(c_t, h_t^-) = \max_{\substack{h_t^+ \\ h_t^+ = h_{t+1}^-}} M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-), (1+k) \sum_{i=0}^N c_{t,i} \xi_{t,i} = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{t,i} \pi_{t,i}, \xi_{t,i}^- \geq 0, \pi_{t,i}^- \geq 0,$$

Так как в момент  $t+1$  справедливо

$O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-) = O_{t+1}^*(c_{t+1}, \hat{h}_{t+1}^-) + O_{t+1}^*(c_{t+1}, \hat{h}_{t+1}^+)$  и  $h_{t+1}^- = \hat{h}_{t+1}^- + \hat{h}_{t+1}^+$ , то для первоначальной задачи можно сформулировать эквивалентные преобразования:

$$O_t^*(c_t, h_t^-) = \max_{\substack{h_t^+ \\ h_t^+ = h_{t+1}^-}} M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-) = \max_{\substack{\hat{h}_t^+, \hat{h}_t^+ \\ \hat{h}_t^+ = \hat{h}_{t+1}^-, \\ \hat{h}_t^+ = \hat{h}_{t+1}^-}} (M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, \hat{h}_{t+1}^-) + M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, \hat{h}_{t+1}^+)) =$$

$$= \max_{\substack{\hat{h}_t^+ \\ \hat{h}_t^+ = \hat{h}_{t+1}^-}} M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, \hat{h}_{t+1}^-) + \max_{\substack{\hat{h}_t^+ \\ \hat{h}_t^+ = \hat{h}_{t+1}^-}} M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, \hat{h}_{t+1}^+) = O_t^*(c_t, \hat{h}_t^-) + O_t^*(c_t, \hat{h}_t^+),$$

так как  $(1+k) \sum_{i=0}^N c_{t,i} (\hat{\xi}_{t,i} + \hat{\xi}_{t,i}^+) = (1-k) \sum_{i=0}^N c_{t,i} (\hat{\pi}_{t,i} + \hat{\pi}_{t,i}^+)$  и  $\hat{h}_{t,i}^- \geq 0$ ,  $\hat{h}_{t,i}^+ \geq 0$ ,  $\hat{\xi}_{t,i}^- \geq 0$ ,

$$\hat{\xi}_{t,i}^+ \geq 0, \hat{\pi}_{t,i}^- \geq 0, \hat{\pi}_{t,i}^+ \geq 0, \hat{h}_{t,i}^- + \hat{h}_{t,i}^+ + \hat{\xi}_{t,i}^- + \hat{\xi}_{t,i}^+ - \hat{\pi}_{t,i}^- - \hat{\pi}_{t,i}^+ \geq 0.$$

Если  $h_t^-$  – элементарный портфель, то портфель шага  $t+1$ , строится на основе элементарного портфеля предыдущего шага.

Для того, чтобы проверить этот факт, обратимся к уравнению Беллмана на шаге  $t$ .  $h_t^-(r)$  – простое состояние. Сформулируем оптимизационную задачу следующим образом

$$O_t^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-) = \max_{h_t^+} \sum_{i=0}^N M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-(i)) h_{t,i}^+ = \max_{h_t^+} \sum_{i \neq r} (M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-(i)) \xi_{t,i} -$$

$$- M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-(r)) \pi_{t,r} + M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-(r)) h_{t,r}^-),$$

с соответствующими ограничениями  $(1+k) \sum_{i \neq r} c_{t,i} \xi_{t,i} = (1-k) \sum_{i \neq r} c_{t,i} \pi_{t,i}$ ,  $\xi_{t,i} \pi_{t,i} \geq 0$ ,

$$h_{t,i}^- + \xi_{t,i} - \pi_{t,i} \geq 0.$$

Построим решение в одной из вершин многоугольника ограничений:

1) если  $\pi_{t,r} = 0$ , то  $\xi_{t,r} = 0$ ;

2) если  $\pi_{t,r} = h_{t,r}^-$ , то вершина определяется из условий  $\xi_{t,r} = \frac{1-k}{1+k} \frac{c_{t,r}}{c_{t,i}} h_{t,r}^-$ .

Интересующий нас оптимум построим в виде

$$\max[M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-(r)); \max_{i \neq r} \frac{1-k}{1+k} \frac{M_{c_{t+1}} O_{t+1}^*(c_{t+1}, h_{t+1}^-(i))}{c_{t,i}} c_{t,r}] \times h_{t,r}^-, \quad \text{т.е.}$$

путем перехода в одно из простых состояний на  $t+1$  шаге.

Так как  $h_0^- = (S_0, 0, \dots, 0)$  является начальным простым положением портфеля ценных бумаг, то интересующая нас стратегия будет формироваться посредством перехода из простого состояния в простое. Сформулированные соотношения для нахождения  $\varphi_t(c_t)$ , позволяет воспользоваться соответствующим вычислительным алгоритмом для определения стратегий и соответствующем критерии математического ожидания

$$\max_{h_0^+} M_{c_1} \max_{h_1^+} M_{c_2} \dots \max_{h_{T-1}^+} M_{c_T} (c_T h_{T-1}^+) = W_2^-,$$

с использованием метода последовательных приближений, предполагающего уже на начальном этапе выбрать рациональное приближение, наиболее полно соответствующее изначальной политике, выбранной при управлении портфелем ценных бумаг. Выбор  $(M_{c_{t+1}}, h_t^+)$  позволяет первому критерию повышать стоимость портфеля непосредственно в настоящий момент времени, не обращая внимания на долгосрочные прогнозы. С учетом такого подхода опишем соответствующие изменения:  $(c_t h_t^+) = (c_t, h_{t-1}^+)$ ,  $t = 0, 1, \dots, T-1$ , функции изменения цен  $c_t$  заданы априори, а также критерий  $(c_T, h_{T-1}^+)$ . Все функции распределения для цен, заданы. Соответствующая политика управления выбирается в некотором пространстве, определенном соотношением:  $h_t^+(\cdot) = h_t^+(c_t, h_{t-1}^+)$ .

Таким образом, в работе рассмотрены объективные возможности алгоритмизации задачи формирования портфеля ценных бумаг, с целью оптимизации формирования портфеля.

### Список литературы

1. Екушов, А.И. Модель пассивной эволюции в задачах анализа и управления / А.И. Екушов // Банковские технологии. – М: Дашков и Ко, 2015. №8. – С. 17-32.
2. Лапшина, М.Л. Оптимизация управленческих решений в условиях неопределенности и рисков / Лапшина М.Л., Петрова Ю. А. // Системы управления и информационные технологии: науч.-техн. журнал. – 2011. – Москва-Воронеж, №2.1(44). – С. 64-69.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ

*Лапина М.Л.*

д.т.н., профессор, доцент,  
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,  
Россия, г. Воронеж

*Слемзин П.Ю.*

магистрант, Воронежский государственный университет, Россия, г. Воронеж

В приведенной работе анализ возможности практического использования транспортной задачи, ориентированной на различные критерии оптимальности, а именно: критерий стоимости, минимум балластных пробегов, распределение ресурсов, минимизация логистических издержек. Обосновывается необходимость использования модификации транспортной задачи, т.к. использование симплексного метода для случая ограничений-равенств представляется трудоемким процессом.

*Ключевые слова:* линейное программирование, оптимальность, транспортная задача, модель.

В настоящее время, одной из наиболее актуальных экономических задач, является задача минимизации стоимости перевозок. С целью анализа различных подходов к разрешению этого вопроса рассмотрим возможность построения транспортной задачи и ее решение, когда стоит вопрос о различных критериях оптимальности. Вспомним, в чем состоит задача линейного программирования. Имеется  $m$  пунктов отправления  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , из которых надо вывезти однородный груз в количествах  $a_1, a_2, \dots, a_m$ . Этот груз нужно доставить в  $n$  пунктов назначения  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , потребности которых составляют соответственно  $b_1, b_2, \dots, b_n$ . Известно, что расход по перевозке 1 т груза из пункта  $A_i$  в пункт  $B_j$  составляет  $c_{ij}$  руб. Требуется составить такой план перевозок, при котором суммарные расходы по перевозке были бы минимальными, весь груз из пунктов отправления был бы вывезен, все пункты назначения получили бы требуемый груз [1, с. 47-54]. Два последних условия могут быть выполнены только в том случае, если количество груза во всех пунктах отправления равно общей потребности во всех пунктах назначения:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (1)$$

За параметры управления примем такой план, при котором из пункта  $A_i$  в пункт  $B_j$  перевозится  $x_{ij}$  т ( $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ ). Тогда математическая модель задачи выглядит следующим образом: – целевая функция:

$$Z = c_{11}x_{11} + \dots + c_{1n}x_{1n} + c_{21}x_{21} + \dots + c_{2n}x_{2n} + \dots + c_{m1}x_{m1} + \dots + c_{mn}x_{mn} \rightarrow \min$$

- система ограничений:

$$x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} = a_1$$

.....

$$x_{m1} + x_{m2} + \dots + x_{mn} = a_m.$$

$$x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1} = b_1;$$

.....

$$x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{mn} = b_n.$$

- план перевозок неотрицателен, т. е.  $x_{ij} \geq 0$  ( $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ ). В

такой постановке задача называется транспортной по критерию стоимости. Заметим, что для того чтобы транспортная задача была разрешимой, необходимо и достаточно, чтобы она была сбалансированной. В расширенной совокупности пунктов отправления и пунктов назначения  $\{A_1, A_2, \dots, A_m, A_{m+1}; B_1, B_2, \dots, B_n\}$  выполняется условие баланса, целевая функция остается прежней и модель задачи становится закрытой. Получив оптимальный план  $x_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m, m+1; j=1, 2, \dots, n$ ) для расширенной задачи, одновременно получаем оптимальный план исходной задачи по числам  $x_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ), а числа  $x_{m+1,j}$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) покажут, каковы будут недоборы в пунктах назначения при реализации оптимального плана. Если в опорном плане число отличных от нуля переменных равно в точности  $m+n-1$ , то план является невырожденным, а если меньше, то вырожденным [2, с. 90-100].

Утверждение (признак вырождения транспортной задачи). Для того чтобы транспортная задача была вырожденной, необходимо и достаточно, чтобы в множестве ее пунктов отправления и назначения было такое подмножество, в котором соблюдается условие баланса.

При решении транспортной задачи используются прямоугольные таблицы из  $m$  строк, соответствующих пунктам отправления, и  $n$  столбцов, соответствующих пунктам назначения. В таких таблицах компактно записывается вся информация о данной транспортной задаче. В правой стороне таблицы записываются запасы  $a_i$  в пунктах отправления и снизу – потребности  $b_j$  в пунктах назначения. В центре каждой клетки таблицы записывают  $x_{ij}$ , а в одном из углов – соответствующую издержку  $c_{ij}$ .

1. Представление данных в форме стандартной таблицы и поиск любого допустимого (допустимым назовем такое распределение ресурсов, которое позволяет удовлетворить весь спрос в пунктах назначения и вывезти весь запас продуктов из пунктов отправления) распределения ресурсов.

2. Проверка полученного распределения ресурсов на оптимальность.

3. Перераспределение ресурсов в случае не оптимального распределения.

4. Повторная проверка оптимальности полученного распределения ресурсов.

Улучшение опорного плана задачи до оптимального производят с помощью пересчета по циклу. Рассмотрим какую-нибудь матрицу с  $m$  строками и  $n$  столбцами.

Утверждение. Любую совокупность клеток этой матрицы назовем набором клеток. Набор клеток вида  $(i_1 j_1), (i_1 j_2), (i_2 j_2), (i_2 j_3), \dots, (i_p j_p)$  называется цепью клеток. Замкнутая цепь клеток представляет собой цикл.

Цепь клеток характеризуется тем, что каждые две соседние клетки расположены либо в одной строке, либо в одном столбце, а каждые три соседние клетки уже не расположены в одной строке или в одном столбце.

Утверждение. Для любой свободной клетки опорного плана существует такой цикл, и притом единственный, который, кроме этой свободной клетки, содержит только занятые клетки данного опорного плана. Для улучшения опорного плана одну из свободных клеток вводят в план.

Для этого пользуются правилом пересчета по циклу.

Правило пересчета по циклу.

1. В матрице перевозок намечаем какой-нибудь цикл, состоящий из одной свободной клетки и остальных занятых клеток.

2. Отправляясь от свободной клетки данного цикла, последовательно обойдем все его клетки, отмечая их знаками «+» и «-».

3. Рассмотрим перевозки в клетках, отмеченных знаками «-», и выберем из этих перевозок минимальное число, обозначим его через  $\theta$ .

4. После этого ко всем перевозкам в «плюсовых» клетках добавляем  $\theta$ , а от перевозок в «минусовых» клетках отнимаем число  $\theta$ .

Рассмотрим возможность решения задач оптимизации логистических цепей движения товарных потоков. Логистические цепи имеют различное содержание, направления движения, протяженность, количество звеньев и уровни управления.

Однако построение всех без исключения логистических цепей должно предусматривать их рационализацию с позиции пространственного расположения и количества входящих звеньев, а также оптимизацию логистических цепей с точки зрения величины логистических издержек в зависимости от выбираемых организационных вариантов [3, с.35-42]. Одним из критериев оптимизации величины логистических издержек для транспорта можно выбрать минимизацию балластных пробегов. В качестве примера можно привести задачу оптимизации логистических цепей движения товарных потоков по минимуму балластных пробегов.

Исходными данными задачи являются:

- 1) данные о структуре товарных потоков;
- 2) планы перевозки грузов.

При решении данной задачи выполняют последовательно несколько этапов (алгоритм решения):

- 1) строят таблицы товарных потоков;
- 2) определяют пункты с избытком и недостатком грузооборотной тары;
- 3) решают транспортную задачу, для которой пунктами отправления являются пункты с избытком грузооборотной тары, а пунктами назначения – пункты с недостатком грузооборотной тары; критерием оптимизации является минимизация суммарного расстояния при перевозке грузов; полученный оптимальный план задачи вносят в таблицу товарных потоков;

4) используя полученную таблицу товарных потоков, строят прямую логистическую цепь движения товарных потоков и обратную логистическую цепь движения грузооборотной тары.

В транспортной задаче, которая рассматривалась выше, критерием оптимизации служили транспортные расходы. Но в случае, например, перевозки скоропортящихся грузов минимизация транспортных расходов будет играть второстепенную роль, и на первый план выходит требование как можно больше сократить

время доставки. В такой постановке задача является транспортной задачей по критерию времени.

### Список литературы

1. Партыка, Т.Л. Математические методы: учебник. 2-е изд., испр. и доп. [Текст] / Т.Л. Партыка, И.И. Попов – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 464 с.
2. Бродецкий, Г.Л. Экономико-математические методы и модели в логистике: потоки событий и системы обслуживания : учеб. пособие [Текст] / Г.Л. Бродецкий – М.: Академия, 2009. – 272 с.
3. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 2013. – 86 с.

## МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР РАДИОИНТЕРФЕЙСОВ

*Литвинская О.С.*

доцент, кандидат технических наук,  
Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза

*Дудров А.Е.*

ведущий инженер, ООО Русгазавтоматика, Россия, г. Пенза

*Деньжаков С.Ю.*

инженер-электроник 3 категории, АО «НПП Рубин», Россия, г. Пенза

*Шариков И.А.*

инженер-электроник 3 категории, АО «НПП Рубин», Россия, г. Пенза

В статье предложены модели информационных структур. Рассмотрены структуры конфигурации – один вход и один выход (SISO) полудуплексного и дуплексного режима, и множество входов – множество выходов (MIMO). На основе моделей приведены временные параметры процесса приема-передачи информации.

*Ключевые слова:* модель информационной структуры, модели SISO и MIMO, дуплексный и полудуплексный режимы, временная оценка процесса приема-передачи информации.

Проблема выбора беспроводного оборудования заключается в том, что экономические параметры решения измерить просто, а для сравнения «одинаковых» или «почти одинаковых» беспроводных решений, необходимо владеть методами их анализа, чтобы осуществить объективный выбор. Задача формирования модели информационной структуры радиointерфейсов является одним из этапов вопроса выбора стандарта радиointерфейса. Её решение позволит определить цикл работы беспроводного оборудования и выявить математические зависимости параметров устройств, влияющих прямо или косвенно, на оценку количества информации. В статье будут рассмотрены конфигурации SISO и MIMO для различных режимов работы.

В статье рассматривается модель информационного взаимодействия (рис. 1). Представленная модель отображает задачу обмена информацией между двумя точ-

ками доступа – 2 и 3 через промежуточное звено (точка доступа 1), более подробно представленная модель взаимодействия была рассмотрена в статье.

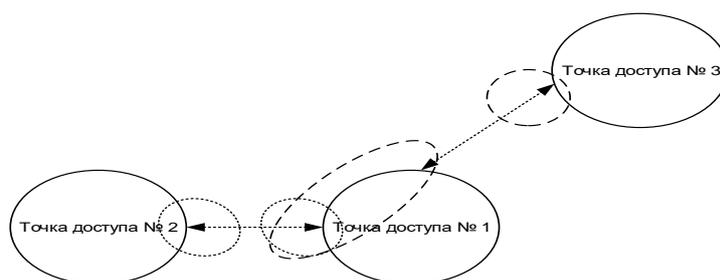


Рис. 1

Информационный обмен между всеми точками доступа подразумевает использование радиointерфейсов технологии Wi-Fi, в частности стандартов IEEE 802.11 a/b/g/n/ac.

К аппаратным ограничениям рассматриваемых точек доступа относится наличие только одного радиointерфейса, что приводит к коллизии между точками доступа 2 и 3 при обращении к точке доступа 1 (рис.1). Рассматриваемая задача обмена информации характерна для бытовых и промышленных систем сбора информации с датчиков или узлов учета. Примером подобных систем являются системы автоматического мониторинга потребления электроэнергии, питьевой воды, нефти, газа и т.п.

Описываемые информационные структуры не зависят от типа беспроводной технологии и стандарта радиointерфейса, и характеризуют общие особенности обработки информации внутри своей структуры.

В рассматриваемых информационных структурах под источником/приёмником информации подразумевается шина (PCI, PCI-E, I2C и т.д.), выполняющая передачу информации с нулевым или стремящимся к нулю временем передачи данных. Она служит для последующей обработки на устройстве-участнике обмена. Например: ПЭВМ, Точка доступа, ЭВМ архитектуры ARM и т.д. Входные и выходные буферы, выполняющие роль накопителей, хранящие пакеты, ожидающие своей очереди на отправку при обмене информации один ко множеству и множество ко множеству, или защитных буферов, хранящих пакеты данных, в случае потери связи источника/получателя информации, с устройством взаимодействия в случае автономного исполнения. Количество хранимых пакетов данных характеризуется типовым размером передаваемого пакета заданным параметром Maximum Transmission Unit (MTU – максимальный размер полезного блока данных), с типовым размером в 1500 бит и объемом микросхемы оперативного запоминающего устройства, установленной в радиointерфейсе. Быстродействие используемых микросхем памяти принято считать равной или превосходящей пропускную способность канала передачи данных, поэтому время, необходимое на запись/чтение, принимается стремящимся к нулю и не влияющим на работу.

Поскольку время обслуживания пакета на источнике/приемнике данных стремится к нулю, а количество хранимых пакетов данных определяется характеристиками, зависящими от модели и модификации стандарта, закладываемого фирмой-изготовителем, соответственно, из подробного описания структуры они исключаются.

Информационная структура конфигурации: один вход и один выход.

До конца 2010 года типовой общепринятой структурой обмена информации в радиосвязи являлась структура, содержащая единичный приемопередатчик, или набор из одного передатчика и одного приемника. В российской и зарубежной литературе подобные информационные структуры получили наименование конфигурации SISO (Single Input Single Output – «один вход, один выход»). Рассматриваемые информационные структуры конфигурации SISO отображают только ключевые элементы обработки информации без рассмотрения процессов: модуляции / демодуляции радиосигнала, процедур кодирования / декодирования данных, шифрования / дешифрования данных, и принятых мер по фильтрации и селекции радиоканала обмена информации. Принимается, что все не рассматриваемые процессы в информационных структурах выполняются в блоке приемопередатчика или приемника и передатчика.

Информационная структура конфигурации SISO может быть представлена в двух вариантах, позволяющих организовывать полудуплексные или дуплексные потоки обмена информации. В широкой практике типовой считается информационная структура конфигурации SISO полудуплексного типа (рис. 2).

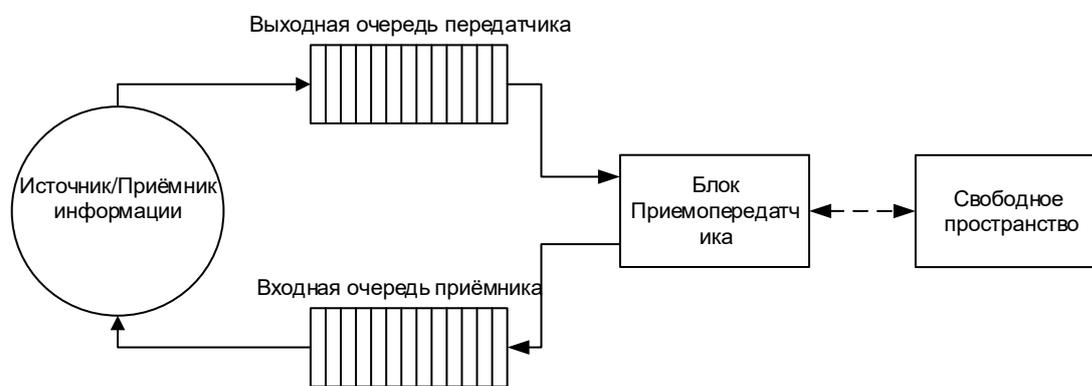


Рис. 2

Информационная структура конфигурации SISO полудуплексного типа не может организовать одновременный прием и передачу информации по причине отсутствия аппаратных возможностей. В рассматриваемой информационной структуре радиоинтерфейса, ключевым блоком является блок-приемопередатчик, производящий прием информации в интервал времени  $t_{RX}$  и передачу информации в интервал времени  $t_{TX}$ . Время обслуживания интервалов  $t_{RX}$  и  $t_{TX}$  могут быть представлены различными интервалами времени, зависящими от конкретной задачи. Поскольку тип обмена полудуплексный, то затрачивается дополнительное время на переключение блока-приемопередатчика из режима приема в режим передачи  $t_{RX-TX}$ , и из режима передачи данных в режим приема  $t_{TX-RX}$ . Общее время цикла передачи пакета данных (сообщения), и получения подтверждения о получении в конфигурации SISO полудуплексного типа, можно представить множеством:  $T_{COM-SISO-HalfD} = \{t_{RX} \cdot t_{RX-TX}, t_{TX} \cdot t_{TX-RX}\}$ . Рассматриваемая структура конфигурации SISO полудуплексного типа, является классической для организации процесса обмена данными, и используется более чем в 60% случаев решения задачи беспроводного обмена данными.

Вариация информационной структуры SISO дуплексного типа (рис. 3) не получил широкого распространения в технике, по причине необходимости в сложных

системах селекции радиосигнала, необходимых для борьбы с межсимвольной интерференцией и отражением сигнала возникающим на приемной антенне, вследствие близкого расположения передатчика.

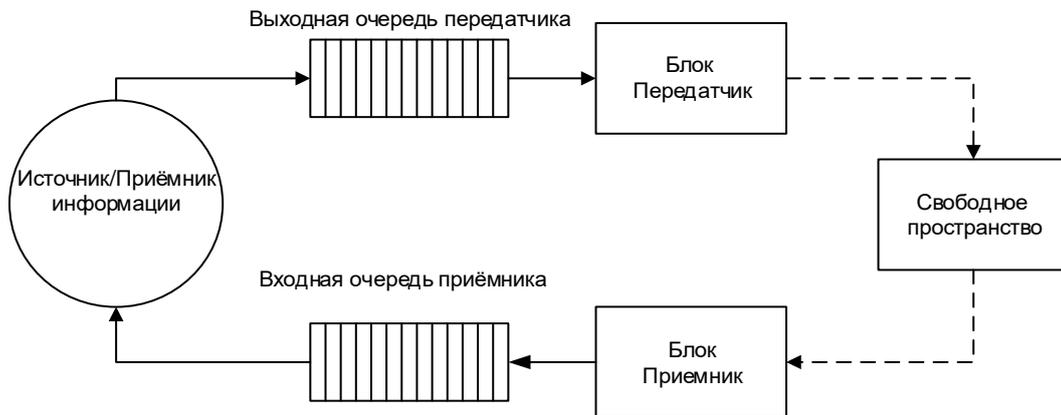


Рис. 3

В информационных структурах SISO дуплексного типа, время переключения из режима приема в режим передачи и обратно, заменяется временем проведения селекции радиосигнала, и выделением из него информационной составляющей  $t_s$ . Общее время передачи пакета информации (сообщения) будет представлено как одновременный прием предыдущего пакета данных (сообщения) с передачей следующего пакета (сообщения) – что можно представить в виде множества  $T_{COM}$ , состоящим из фрагмента ответа на предыдущие данные, и приема последующих данных описываемых множества:

$T_{PRX} = \{t_s, t_{RX}\}$  – множество времени приема данных;

$T_{PTX} = \{t_{TX}, t_s\}$  – множество времени передачи данных.

Общее время на передачу и прием данных будет представлено как множество  $T_{COM-SISO-FullD} = \{T_{PRX} - 1, T_{PTX}\}$ , где  $T_{PRX}$  – время приема предшествующего информационного фрагмента пакета данных (сообщения), а  $T_{PTX}$  – время ответа или подтверждения получения данных из предыдущего пакета. Общий информационный поток для данной модели от нулевого времени можно представить как несколько множеств описывающих обмен  $N$  пакетов данных:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{PRX} - 1 \\ T_{PTX} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} T_{PRX} \\ T_{PTX} + 1 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} T_{PRX} N - 1 \\ T_{PTX} N \end{array} \right\}$$

В ходе обмена пакетов данных множество  $T_{PRX} - 1$ , описывающее время приема предыдущего пакета, может не содержать информации. Производя сравнение в пределах конфигурации SISO, наименьшим временем передачи одного пакета обладает дуплексный тип, где общее время обработки пакета данных равно максимальному времени одного из элементов  $T_{PRX}$  или  $T_{PTX}$ ; в отличие от полудуплексного типа, где время обработки пакета данных представлено как сумма времен  $t_{RX}, t_{RX-TX}, t_{TX}, t_{TX-RX}$ .

Обладая явным преимуществом, системы дуплексного типа информационного обмена, не получили широкого распространения на ранних этапах по причине сложностей селекции сигнала и часто возникающей межсимвольной интерференции.

ции, мешающей точной передаче информации, и повышенным энергопотреблением, по сравнению с полудуплексным типом. На сегодняшний момент информационная структура SISO дуплексного типа не получила широкого распространения для систем радиообмена, где время разговора не лимитировано. Удобнее симплексная передача информации в системах сотовой связи, где человеку привычен дуплексный тип обмена: одним из главных критериев стала величина автономной работы. Невыгодно поддерживать работу двух блоков, когда можно внести неощутимую на слух задержку, необходимую на перестройку блока приемопередатчика, но способную сэкономить энергию аккумулятора. В системах пакетной передачи данных появление новых систем и способов компенсации межсимвольной интерференции, и селекции радиоканала совпало с появлением новых, более эффективных информационных структур в плане эффективности использования имеющегося невозполнимого радиочастотного ресурса. Поэтому, в дальнейшем будет рассматриваться только информационная структура конфигурации SISO полудуплексного типа.

Симметричная информационная структура конфигурации: множество входов и множество выходов.

Появление информационных структур конфигурации множества входов и множества выходов: в международной классификации MIMO (Multi Input Multi Output) обусловлено появлением алгоритмов пространственно-временного разделения. Отличительной особенностью информационной структуры MIMO от структур конфигурации SISO является множественность блоков обработки передаваемых и принимаемых радиосигналов (рис. 4).

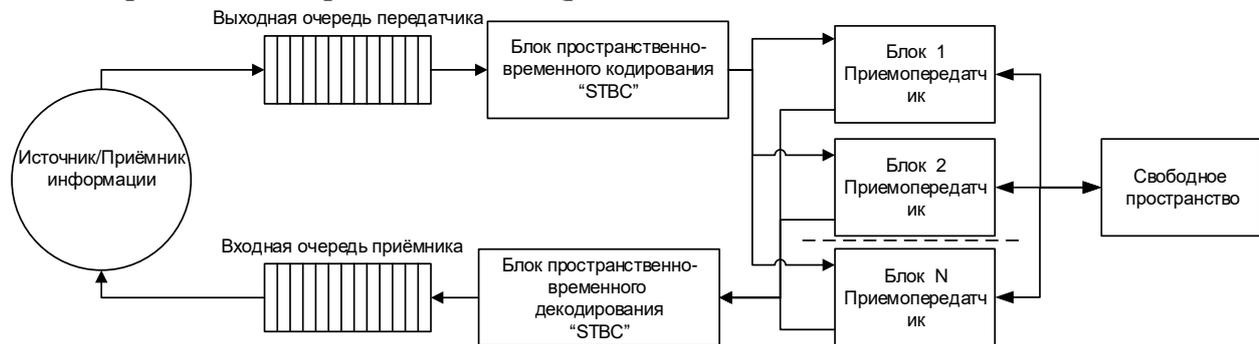


Рис. 4

Множественность входов определяется количеством  $M$  блоков-приемников информации, а множественность выходов определяется количеством  $N$  блоков передачи информации, формирующих информационную матрицу канала  $H$  размерностью  $N \times M$ . Свойство симметрирования матрицы  $H$  и равенства множественности входов и выходов обусловлено равенством количества приемников и передатчиков входящих в состав блока приёмопередатчика.

Блоки пространственно-временного кодирования и декодирования выполняют роль мультиплексирования и дешифрирования пакета или пакетов данных между блоками приемопередатчиками. Вносимая временная задержка  $t_{STBC}$  на распределение пакетов или частей пакетов блоками пространственно-временного кодирования/декодирования крайне мала, поэтому может не учитываться. В процессе функционирования блоки пространственно-временного кодирования определяют значения комплексных канальных коэффициентов  $h_{NM}$  канальной матрицы  $H$  ин-

формационной структуры. Значение элементов матрицы  $h_{NM}$  может измениться в процессе обмена информации случайным образом, либо определиться ранее заданным значением.

Общее время цикла, необходимое для проведения обмена пакетом данных, может быть определено двумя ситуациями обработки пакета данных.

Коммутационный обмен осуществляется аналогично конфигурации SISO полудуплексного типа. Передача поступившего информационного пакета осуществляется всем доступным множеством блоков приёмопередатчиков. Отличительной особенностью симметричной информационной структуры конфигурации MIMO от SISO полудуплексного типа является время, затраченное на передачу или прием пакета информации  $T$ . Условно обозначим, что на передачу или прием пакета информацией, информационной структурой конфигурации SISO требуется время  $t$ , тогда как в симметричной конфигурации MIMO, блок пространственно-временного кодирования разделяет поступивший исходный информационный пакет на  $N$  фреймов (частей пакета), определяющиеся количеством задействованных блоков приёмопередатчиков. После, каждый фрейм передается соответствующим ему блоком (рис. 5) и время, требуемое на передачу или прием информационного пакета, будет равно  $T = \frac{t}{N}$  при равном быстродействии блоков приёмопередатчиков конфигурации SISO и MIMO.

Последнее из возможных, но наиболее часто встречающихся случаев: требование обеспечить подключение простой информационной структуры конфигурации SISO полудуплексного типа, и одной симметричной информационной структуры MIMO полудуплексного обмена, как требующей значительно меньшее количество ресурсов, чем аналогичная информационная структура дуплексного обмена. Для решения этой задачи размерность изначальной симметричной информационной структуры уменьшается на требуемое количество блоков приёмопередатчиков, необходимых для организации выделенного канала связи с одним или несколькими устройствами. В рамках рассматриваемой технологии Wi-Fi, симметричные информационные структуры MIMO предусматривают функционирование только для проведения полудуплексного обмена информацией. В структуре описания стандартов технологии Wi-Fi, максимальное количество блоков приёмопередатчиков ограничивается четырьмя, что не позволяет организовывать более 4х выделенных каналов обмена информацией.

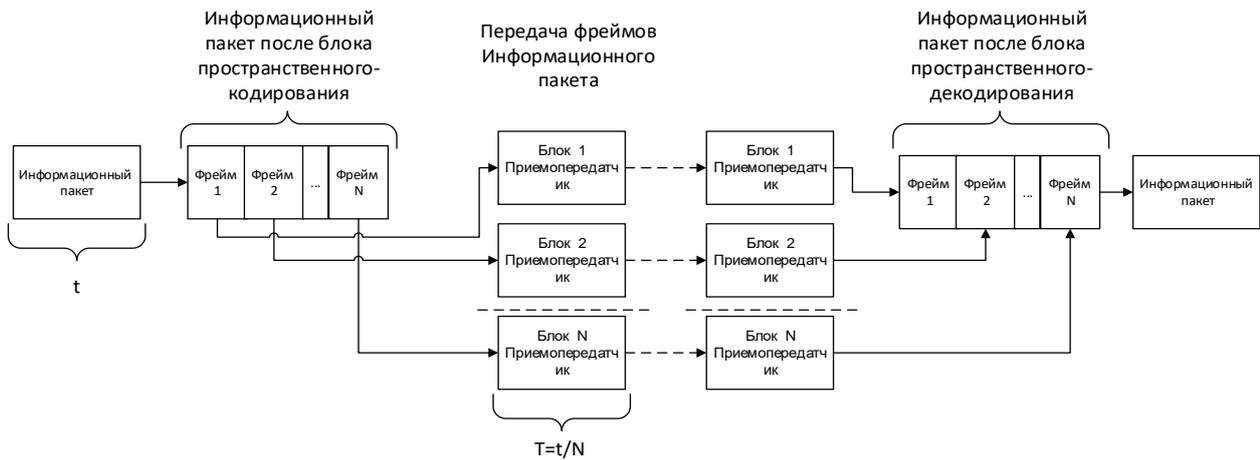


Рис. 5

Тогда множество, описывающее временной цикл обмена пакета информации, можно представить как

$$T_{COM-MIMO} = \left\{ t_{STBC} \rightarrow 0, \frac{t_{RX}}{N}, t_{RX-TX}, \frac{t_{TX}}{N}, t_{STBC} \rightarrow 0, t_{TX-RX} \right\}, \text{ приняв время ожидания}$$

$t_{STBC} = 0$ , можно сделать вывод, что симметричная информационная структура MIMO за время  $t$  способна передать  $N$  количество идентичных информационных пакетов, чем информационная структура SISO полудуплексного типа. К сожалению, постоянное увеличение количества блоков приемопередатчиков, участвующих в обмене данными, невозможно по причине экспоненциального возрастания сложности систем селекции информационной компоненты в радиоканале для блоков приёмопередатчиков. В рамках рассматриваемой технологии Wi-Fi, для симметричной информационной структуры MIMO максимальное количество блоков приемопередатчиков равно четырем.

В ситуациях, когда количество блоков приёмопередатчиков четное – возможно создание информационного канала дуплексного типа, аналогичного информационной структуре конфигурации SISO дуплексного типа, отличие заключается во времени, необходимом на передачу единичного пакета. Задача блока пространственно-временного кодирования в данном случае состоит в разделении блоков приёмопередатчиков на роли приемника и передатчика информационных пакетов. Если количество блоков приемопередатчиков превышает два, в задачу блока пространственного кодирования входит разделение исходного пакета данных на  $R$  пар задействованных блоков приёмопередатчиков (рис. 6)

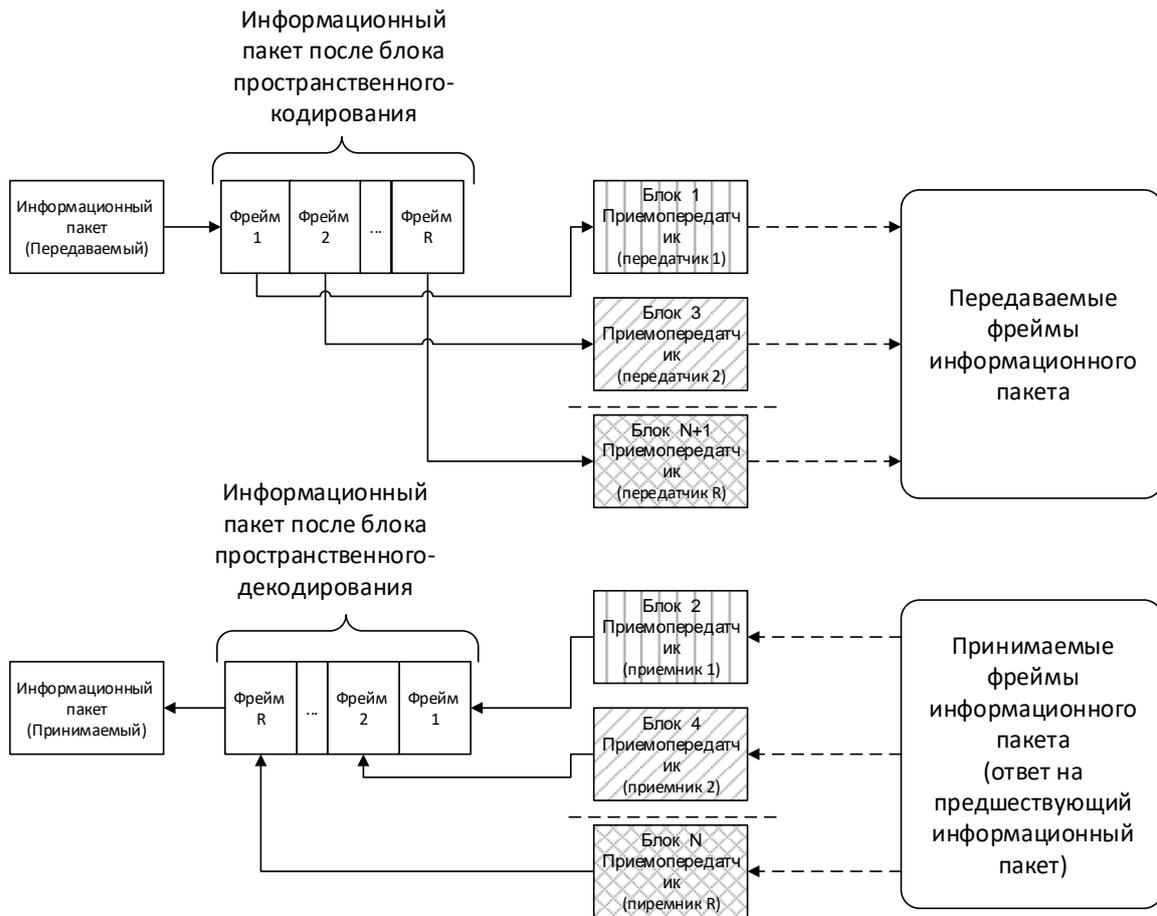


Рис. 6

Уменьшение размера пакета передачи в  $R$  раз, также уменьшает и время, необходимое на его передачу в  $R$  раз. Продолжительность временного цикла в подобной информационной структуре будет определяться максимальным временным интервалом, необходимым для приема  $\frac{t_{RX}}{R}$  или передачи  $\frac{t_{TX}}{R}$  информационного пакета, тогда множество, определяющее временной цикл обмена информационного пакета данных можно представить следующим образом:

$$T_{COM-MIMO-Duplex} = \left\{ \begin{array}{cc} t_S, & \frac{t_{RX}}{R} \\ \frac{t_{TX}}{R}, & t_S \end{array} \right\}$$

Последний вариант работы информационной структуры предусматривает ситуацию, когда блок пространственно-временного кодирования или декодирования организует ситуации обработки нескольких информационных пакетов с различным типом обмена (рис. 7). Возможность блока пространственно-временного обработчика разделять информационные пакеты по отдельным независимым структурам, предоставляет возможность по конфигурации симметричной информационной структуры и представления её работы как набора из нескольких информационных структур меньшей размерности. Разложение симметричной информационной структуры на множество простых информационных структур SISO полудуплексного типа удобно при решении задач обмена информации, с множеством устройств, оснащенных интерфейсом взаимодействия, базирующимся на аналогич-

ной информационной структуре без требования к высокой скорости обмена данных в канале, но с требованием постоянного опроса.

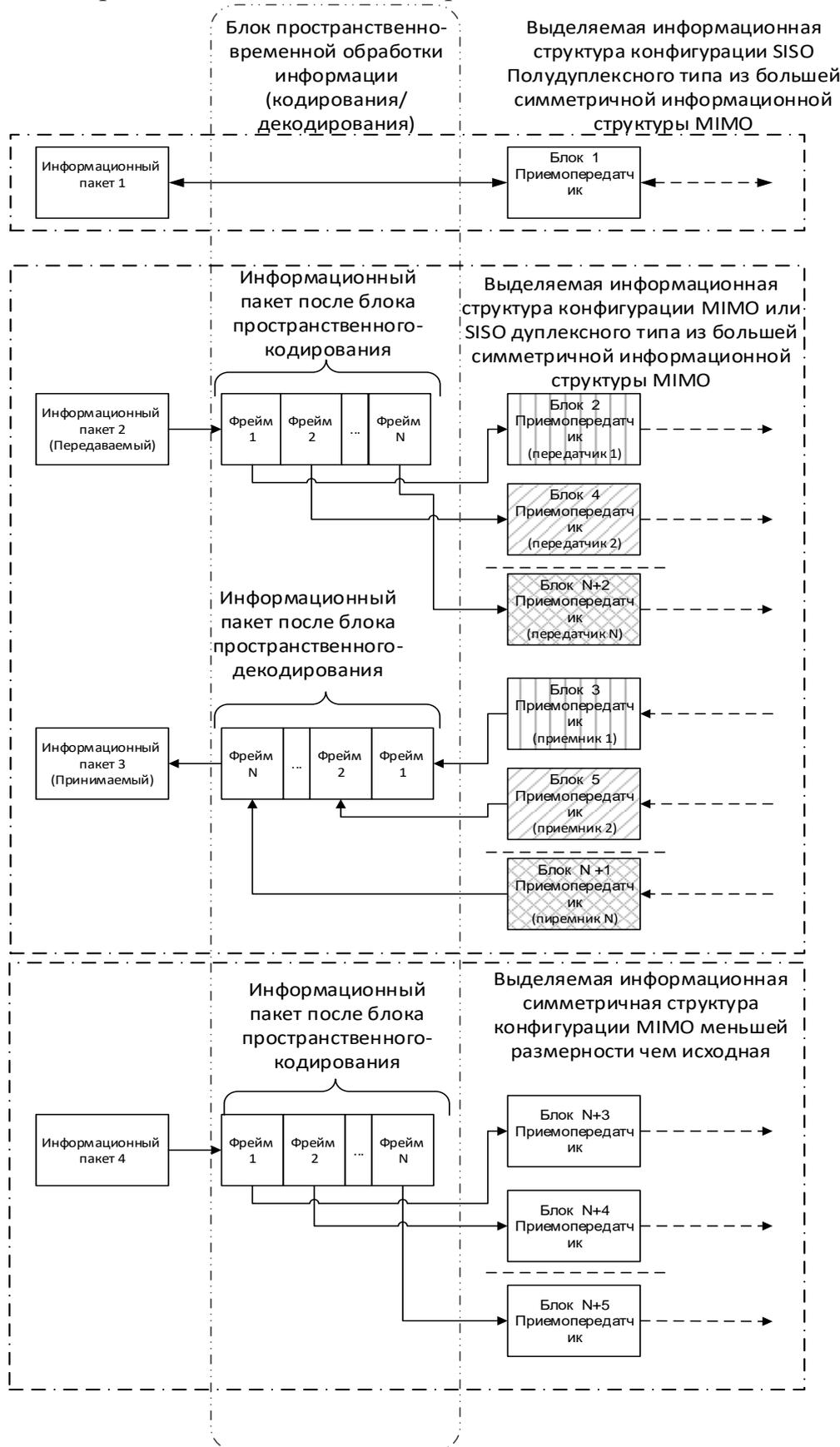


Рис. 7

Данная возможность крайне выгодна для организации систем сотовой связи, сети сбора данных с узлов учета и т.п. Выделение одной или нескольких информационных структур SISO или симметричной MIMO дуплексного типа выгодно для решения задач организации информационного обмена с минимальным временным откликом. Необходимость минимального временного отклика (времени, затраченного на передачу информационного пакета), необходима, в первую очередь, для решения задач оперативного управления объектами (удалённое управление, системы диспетчерского контроля и управления и т.п.). Вторым направлением являются системы, требующие обмена большими объёмами информации необходимых организаций видео мостов (проведение сложной медицинской операции с постоянной консультацией экспертов), обмен большими объёмами информации и on-line игр.

В процессе выделения блоков приемопередатчиков, необходимых для организации выделенного канала другой структуры, происходит падение размерности изначальной матрицы  $H$  симметричной информационной структуры конфигурации с множеством входов и множеством выходов до матрицы  $H'$  на количество используемых блоков приемников  $G$ , и передатчиков  $F$ , т.к. в структуре используются блоки приемопередатчики свойства  $G = F$  соблюдается, и понижается ранг изначальной матрицы, сохраняя симметрию приемников и передатчиков. Например, из изначальной матрицы  $H$ , для поддержания структуры которой используется 3 блока, необходимо выделить один информационный канал информационной структуры конфигурации SISO полудуплексного типа. В процессе разделения информационных каналов размерность матрицы  $H$  понизится на один ранг, что можно рассмотреть как:

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} H' = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \\ H_{SISO-HalfD} = [h_{13}, h_{23}, h_{33}, h_{31}, h_{32}] \end{matrix}$$

где  $H'$  – оставшаяся доступная для коммутации MIMO канальная матрица  $H$ ,  $H_{SISO-HalfD}$  – множество элементов изначальной матрицы  $H$ , задействованные для организации отдельной информационной структуры конфигурации SISO полудуплексного типа.

Отдельно стоит отметить, что информационные структуры конфигурации MIMO всегда являются симметричными, по причине использования блоков приемопередатчиков для организации своей работы, в структуре которых количество приемников равно количеству передатчиков.

Подобные модели в дальнейшем можно использовать для имитационного моделирования работы устройств и выявления зависимостей параметров для аналитической оценки количества информации.

### Список литературы

1. Claude E. Shannon, Warren Weaver The Mathematical Theory Of Communication. Urban: The University Of Illinois Press, 1964.
2. Дудров А.Е., Литвинская О.С. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. Плюс Пенза: ПДЗ, 2013.
3. Банкет В.Л., Незгазинская Н.В., Токарь М.С. Методы пространственно-временного кодирования для систем радиосвязи. Цифровые технологии № 6 – Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, 2009.

4. Рошан П., Лири Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004.
5. Крейнделин В.Б., Варукина Л.А. Методы обработки сигналов в системах с пространственно-временным кодированием: учебное пособие. – М.: МТУСИ, 2013.

## **ЗАКАЛКА НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ИЗ ОБЛАСТИ МЕЖКРИТИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУР**

*Маркова Н.Н.*

доцент кафедры технологических процессов, машин и оборудования,  
канд. техн. наук, доцент, Политехнический институт им. Н.Н. Поликарпова,  
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Россия, г. Орёл

*Курдюмова Л.Н.*

доцент кафедры технологических процессов, машин и оборудования,  
канд. техн. наук, доцент, Политехнический институт им. Н.Н. Поликарпова,  
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Россия, г. Орёл

В статье рассмотрен альтернативный способ упрочнения низкоуглеродистых сталей с содержанием углерода менее 0,25 %. Стали этих марок обычно упрочняют либо пластической деформацией, либо цементацией с последующей закалкой (иногда, для особо ответственных деталей – двумя последующими закалками – для сердцевины и для поверхности). После закалок для снятия напряжений назначают низкий отпуск. Такая термообработка является весьма ресурсоёмкой, но позволяет сформировать твёрдую износостойкую поверхность в сочетании с вязкой ударопрочной сердцевиной. В статье предлагается способ упрочнения низкоуглеродистых сталей путём неполной закалки, заключающейся в нагреве стали в двухфазную область межкритических температур и охлаждения стали из этих температур. Результаты экспериментальных исследований показали значительное повышение твёрдости у стали 20 – типичного представителя класса низкоуглеродистых сталей. Способ позволяет существенно снизить температуру нагрева и сократить время термической обработки деталей из низкоуглеродистых сталей при приемлемых значениях их прочностных характеристик.

*Ключевые слова:* закалка, упрочнение сталей, перлит, феррит, мартенсит.

Низкоуглеродистые стали пластичны, хорошо свариваются, однако обладают невысокой прочностью. Из-за низкого содержания углерода эти стали не принято упрочнять методом закалки.

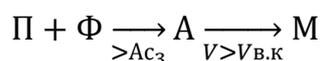
Стали марки 05, 08, 10 благодаря способности к глубокой вытяжке применяются для холодной штамповки различных изделий в исходном горячекатаном состоянии без какой-либо термической обработки. Стали марки 15, 20, 25 обычно применяются для изготовления деталей небольшого размера. При необходимости упрочнения таких деталей их подвергают многоступенчатой химико-термической обработке – после цементации поверхностный слой подвергают закалке с последующим низким отпуском. Процесс этот достаточно длительный, энергоёмкий и, следовательно, не дешёвый.

Тем не менее, несмотря на низкое содержание углерода, существует возможность произвести упрочнение деталей из низкоуглеродистых сталей только закалкой, если производить её из области межкритических температур.

В основе процесса закалки стали лежит мартенситное превращение. Мартенсит образуется из аустенита при ускоренном его охлаждении со скоростью выше критической и представляет собой пересыщенный твёрдый раствор углерода в  $\alpha$ -железе.

При закалке доэвтектоидных сталей (к которым относятся и низкоуглеродистые стали) нагрев обычно производят до температуры на  $30\text{--}50^\circ$  выше точки  $A_{C3}$  (выше линии GS на стандартной диаграмме железо – углерод). При этом структурно сталь полностью состоит из аустенита.

При быстром охлаждении углерод, содержащийся в аустените, внедрится в кристаллическую решётку феррита. Объёмноцентрированная кубическая решётка (ОЦК) превратится в объёмноцентрированную тетрагональную (ОЦТ). Аустенит превратится в мартенсит. При этом параметр решётки  $c$  – «высота» элементарной ячейки – увеличится. Степень тетрагональности – отношение высоты  $c$  к основанию  $a$  ( $c/a$ ) – определяет твёрдость полученного мартенсита. Чем больше степень тетрагональности, тем твёрже мартенсит. При закалке низкоуглеродистых сталей получают низкоуглеродистый мартенсит, не обладающий высокой твёрдостью, поэтому низкоуглеродистые стали не рекомендуют подвергать полной закалке.



где П – перлит;

Ф – феррит;

А – аустенит;

М – мартенсит;

V – скорость охлаждения;

$V_{в.к}$  – верхняя критическая скорость.

При полной закалке (нагрев выше точки  $A_{C3}$ ) образуется пластичный мартенсит, содержащий 0,2 % C, соответствующий химическому составу аустенита при нагреве стали выше линии GS (точки  $A_{C3}$ ).

При нагреве низкоуглеродистой стали выше точки  $A_{C1}$  (линия PSK), но ниже точки  $A_{C3}$  (линия GS) – в область межкритических температур, фазовый состав стали будет представлять собой смесь феррита и аустенита. Количество каждой фазы и её химический состав определяется по правилу отрезков коноды [1, с. 68-69; 2, с. 110-112; 5, с. 173-174]. При этом химический состав аустенита меняется по линии GS, и в области межкритических температур содержание углерода в аустените будет отличаться от среднего содержания углерода в стали в большую сторону.

При охлаждении стали со скоростью выше критической, мартенсит, получившийся из такого аустенита, будет иметь большую степень тетрагональности и, соответственно, большую твёрдость, чем мартенсит, получившийся из равновесного аустенита (аустенита, из которого состоит сталь при температуре выше  $A_{C3}$ ). В целом более твёрдым станет и весь материал детали.

Углеродистая сталь 20 (0,2 % C) в отожжённом (нормализованном) состоянии имеет структуру, состоящую из 25 % перлита и 75 % феррита. При переходе через критическую точку  $A_{C1}$  весь перлит (при постоянной температуре) превращается в аустенит. Соответственно в структуре сплава будет содержаться 25 % аустенита и 75 % феррита. Содержание углерода в феррите пренебрежимо мало и можно счи-

тать, что весь углерод находится в составе аустенита, то есть аустенит при такой температуре – высокоуглеродистый, он содержит 0,8 % углерода.

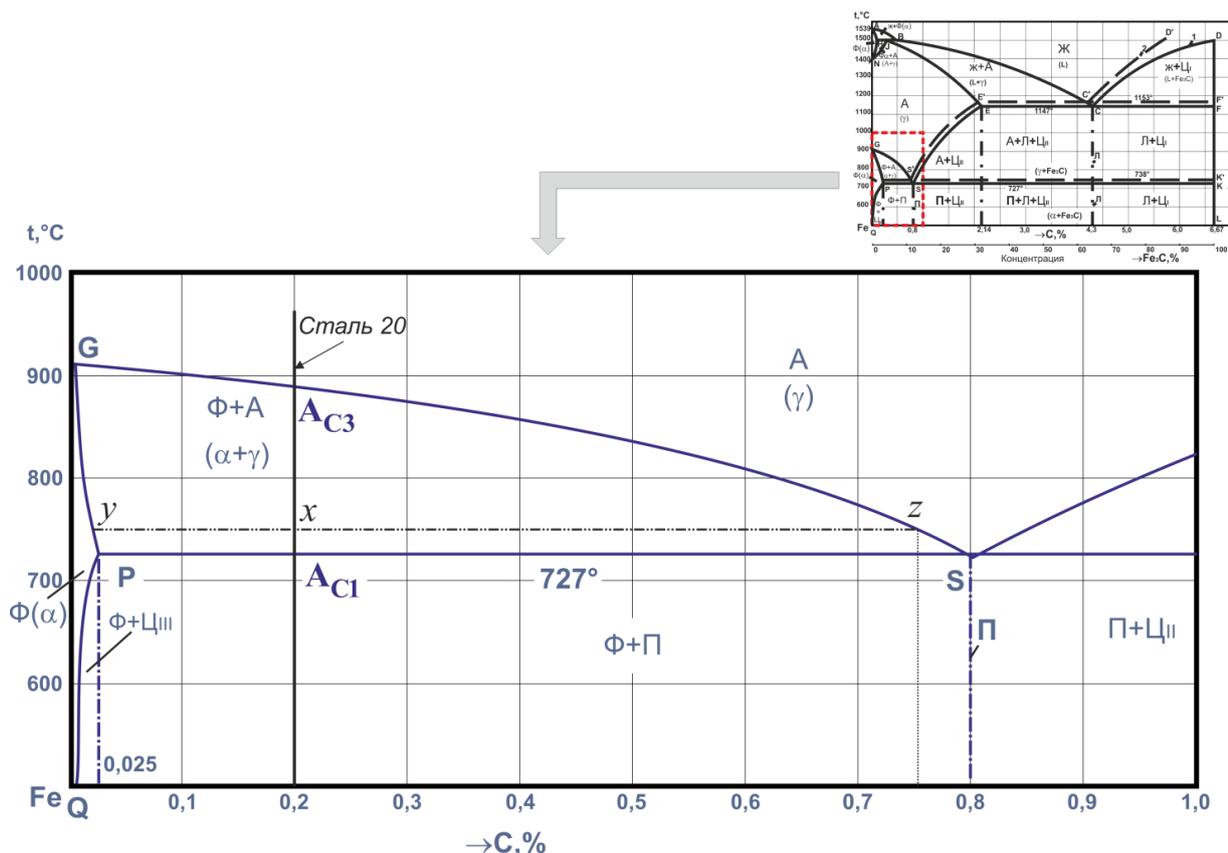


Рис. Фрагмент диаграммы железо – углерод, иллюстрирующий закалку низкоуглеродистых сталей из области межкритических температур

При дальнейшем нагреве происходит  $\alpha \rightarrow \gamma$  превращение, то есть превращение феррита в аустенит. При этом одновременно (этого требует условие равновесия) происходит насыщение формирующегося аустенита углеродом из ранее образовавшегося из перлита высокоуглеродистого аустенита [1, с. 21]. Следовательно, при дальнейшем нагреве среднее содержание углерода в аустените будет снижаться, а количество аустенита в структуре стали – расти.

По условиям равновесия при нагреве стали до температуры 750 °С в структуре стали будет содержаться примерно 67 % феррита и 33 % аустенита, количество углерода в составе которого, в соответствии с правилом отрезков коноды, будет определяться проекцией точки z (см. рис.) на ось концентраций и составит примерно 0,6 %. При 800 °С в структуре стали будет примерно по 50 % феррита и аустенита (в котором будет уже примерно 0,4 % С).

При температуре  $A_{C3}$  (для стали 20 это примерно 880 °С) в структуре стали будет 100 % аустенита с содержанием углерода 0,2 %.

При закалке в результате мартенситного превращения в мартенсит превращается аустенит, содержащийся в структуре стали при той температуре, с которой производится закалка [4, с. 209, 223]. При этом химический состав мартенсита будет аналогичен составу аустенита.

Следовательно, при закалке с температуры 750 °С в мартенсит превратится высокоуглеродистый аустенит с содержанием углерода 0,6 %, что даст эффект повышения твёрдости стали, несмотря на присутствие в структуре некоторого количества феррита.

Для опыта были взяты три образца из отожжённой стали 20, изготовленные из разных партий стального проката. Образцы подверглись закалке с температуры 750 °С.

В результате опыта были получены следующие результаты:

– твёрдость всех трёх исходных образцов из стали 20 в отожжённом состоянии составляла 115НВ;

– после закалки с температуры 750 °С твёрдость образцов составила 302НВ, 302НВ и 293НВ.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что метод закалки низкоуглеродистых сталей из области межкритических температур позволяет получить упрочняющий эффект при термообработке низкоуглеродистых сталей без дополнительной химико-термической обработки, а также при более низких, по сравнению с традиционными методами, температурах. Следовательно, метод позволяет сократить общее время изготовления деталей, а также экономить энергетические ресурсы.

#### Список литературы

1. Блантер М. Е. *Металловедение и термическая обработка*. Учебник для машиностроительных вузов и факультетов. – М.: Машгиз, 1963. – 416 с.
2. Гуляев А. П. *Металловедение*. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
3. Гуляев А. П. Образование аустенита в низкоуглеродистых сталях (современное состояние вопроса) // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 1989. № 8. С. 21-24.
4. Новиков И. И. *Теория термической обработки металлов*. Учебник. 3-е изд., испр. и доп. М.: Металлургия, 1986 г., 480 с.: ил.
5. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И. *Материаловедение*. Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: Химиздат, 2007. – 784 с.: ил.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ ОТ ИХ СОСТАВА

**Морозова Е.А.**

доцент кафедры «Материаловедение и товарная экспертиза», к.т.н., доцент,  
Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

**Новиков В.А.**

ассистент кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы»,  
Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара

**Фирсова И.А.**

студент 3-НТФ-9, Самарский государственный технический университет,  
Россия, г. Самара

В статье рассматривается зависимость химического состава исходного электролита на цвет и физико-химические свойства золотосодержащих покрытий, полученных методом электрохимического золочения. Рассмотрена технология нанесения покрытий и методики измерения физико-химических свойств. Сделаны выводы по свойствам покрытий, полученных методом электрохимического золочения.

*Ключевые слова:* электролиз, микротвёрдость, рентгеновский спектральный анализ, золотосодержащее покрытие, относительная твердость.

В современном мире золото играет большую роль, спрос на него составляет несколько сотен тонн в год. Больше всего его используют в электронной промышленности и стоматологии, а также в химической отрасли. Эксперты подсчитали, что во всех изготовленных человечеством промышленных изделиях находится около 18 тыс. тонн золота.

Основным потребителем золота является электронная промышленность, использующая его в электронных компонентах для компьютеров и мобильных телефонов.

Золочение металлов широко используется в качестве метода защиты от коррозии.

Интересно, можно ли в электронике заменить дорогостоящие золотые детали позолоченными? Как изменяет позолота свойства металлов?

В этой статье описано как меняются свойства металлов при покрытии их золотом разного цвета.

Целью данной работы являлось установление зависимости физико-химических свойств золотосодержащих покрытий на монетах (полученных методом электрохимического золочения) от их химического состава [1, с. 19].

### **Материалы и методы**

В качестве исходных реагентов для нанесения золотосодержащих покрытий использовались электролиты «ЭЛГОЛ» следующего состава:

1. Цвет покрытия – жёлтый. Состав электролита: золото, растворенное в кислоте – 10 г/л.

2. Цвет покрытия – розовый. Состав электролита: раствор хлорного золота – 1,6 г/л, раствор углекислого калия – 12,6 г/л, раствор железистосинеродистого калия – 12,6 г/л.

3. Цвет покрытия – красный. Состав электролита: золото, растворенное в кислоте – 10 г/л, раствор цианистой меди 0,1-0,5 г/л.

В качестве подложки для нанесения золотосодержащих покрытий монеты РФ 1 рубль 2007 г. (одна) и 2013 г. (две). В качестве эталона сравнения, использовались монеты того же номинала, но без покрытия.

Для покрытия монет золотом разного цвета использовался постоянного тока PowerSupply. Плотность тока подбиралась в зависимости от электролита [2, с. 12]. Если применять высокие плотности тока, то процесс осаждения покрытия ускоряется, но при этом образуется структура, содержащая крупные кристаллы, что приводит к появлению рыхлости и пористости [4, с. 5]. Такое покрытие имеет плохое сцепление с металлом подложки, что может привести к его отслоению.

Процесс золочения изделий осуществлялся в следующем порядке:

1. Механическая подготовка поверхности перед золочением; (пескоструйная очистка, голтовка, шлифование, полировка)

2. Обезжиривание (электрохимическое или химическое), промывка в горячей и холодной воде, сушка;

3. Электроосаждение золотосодержащего покрытия;

4. Готовое позолоченное изделие промывают в воде и сушат.

Исследование химического состава образцов проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL 6390 с приставкой рентгеноспектрального микроанализа. Данный вид анализа даёт возможность исследования разнообразных свойств сплавов в зависимости от их состава.

Настройки для преобразования импульсов выставляются следующими [6, с 21]:

– Постоянную времени устанавливают максимально возможной для данного спектрометра. Примечание: типичное значение постоянной времени, при котором

датчик рентгеновского излучения имеет наилучшее энергетическое разрешение равно 100 мкс.

– Ширину канала выставляют равной 10 эВ/канал (в дальнейшем эта величина обозначается как D).

– Значение тока электронного пучка устанавливают в пределах от 100 пА до 200 пА.

Съемку спектра с объекта измерений проводили по следующему алгоритму [9]:

– Электронный пучок наводится на интересующую область объекта измерений.

– Определяется значение мертвого времени датчика рентгеновского излучения. Оно должно находиться в интервале от 20% до 40%. Если значение времени датчика рентгеновского излучения не находится в пределах указанного интервала, то ток электронного пучка изменяют до момента, пока мертвое время датчика рентгеновского излучения не попадет в указанный интервал.

– На объекте измерений выбирают интересующую область, на которой снимают рентгеновский спектр за время 300 секунд.

– Получившийся спектр сохраняют для последующей обработки.

– В результате получается «картина» химического состава.

Относительную твердость полученных покрытий определяли при помощи царапания по методике Фридриха Мооса. Данная методика предназначена для предварительной, довольно грубой сравнительной оценки степени твердости материала, и информирует лишь об относительной прочности материала [7, с. 49].

Шкала твердости представляет собой набор образцов эталонных минералов из десяти экземпляров, причём расположены они в порядке нарастания твердости. Индексы системы Мооса от 1 до 10 обозначают десять распространённых минеральных веществ – от талька, как представителя минимальной твердости, до алмаза – в качестве эталона максимальной минеральной твердости.

На рисунке 1 представлены образцы эталонных минералов для измерения твёрдости.



Рис. 1. Образцы материалов для измерения твёрдости

Для определения прочности образца путем подбора находится один из эталонных минералов из набора, который данный образец способен поцарапать; в соответствии с номером позиции найденного эталонного экземпляра из набора, который поцарапал искомый образец, ему присваивается числовое значение шкалы. Материалы, имеющие индекс ниже 7, считаются мягкими, выше 7 – твердыми.

Микротвердость получаемых покрытий определяли по Кнуппу. Способ измерения заключается в том, что в исследуемый образец вдавливаются индентор, в виде алмазной пирамидки с соотношением продольной и поперечной диагонали 7:1. Двугранный угол при вершине пирамидки составляет 172° 30'. Значение микротвердости по Кнуппу рассчитывается по формуле:

$$HK = 14230 \cdot P / L^2, \quad (1)$$

где P – прикладываемая нагрузка; L – длина большей диагонали отпечатка.

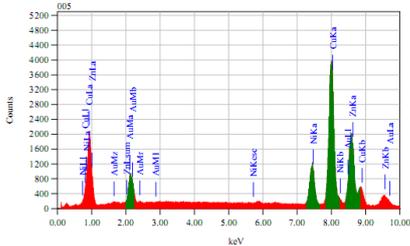
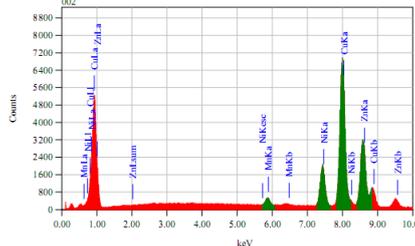
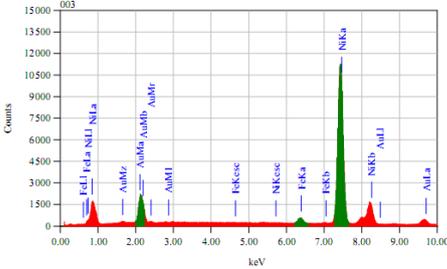
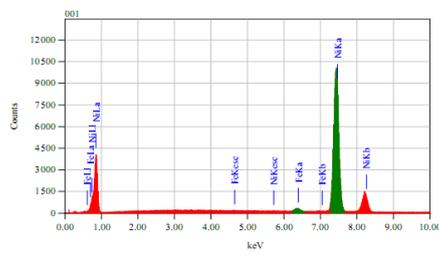
Исследуемый образец перед проведением измерения микротвердости, шлифуют на шкурках различной зернистости и полируют для придания гладкой поверхности без царапин [4, с.21].

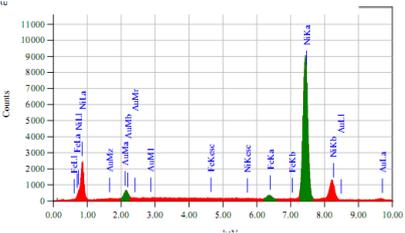
### Результаты и их обсуждение

Химический состав изучаемых покрытий, полученный с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL 6390 с приставкой рентгеноспектрального микроанализа, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав образцов

1	2
Жёлтая монета (на монете 2007)	Эталон 2007
	
Массовая доля в % Ni- 12,06 Cu -45,99 Zn- 23,92 Au- 18,03	Массовая доля в % Mn-1, 67 Ni- 14,18 Cu-57,41 Zn- 2,31
Красная монета (на монете 2013)	Эталон 2013
	
Массовая доля в % Ni- 71,59 Fe- 2,35 Au-26,07	Массовая доля в % Ni-98,13 Fe- 1,87

1	2
Розовая монета (на монете 2013)	
 <p>The figure is an EDS spectrum showing the elemental composition of a pink coin. The x-axis represents energy in keV, ranging from 0.00 to 10.00. The y-axis represents counts, ranging from 0 to 11000. Several peaks are labeled with their corresponding elements: Fe L, Fe K, Ni L, Ni K, Au M1, Au M2, Au M3, Au M4, Au M5, Au M6, Au M7, Au M8, Au M9, Au M10, Au M11, Au M12, Au M13, Au M14, Au M15, Au M16, Au M17, Au M18, Au M19, Au M20, Au M21, Au M22, Au M23, Au M24, Au M25, Au M26, Au M27, Au M28, Au M29, Au M30, Au M31, Au M32, Au M33, Au M34, Au M35, Au M36, Au M37, Au M38, Au M39, Au M40, Au M41, Au M42, Au M43, Au M44, Au M45, Au M46, Au M47, Au M48, Au M49, Au M50, Au M51, Au M52, Au M53, Au M54, Au M55, Au M56, Au M57, Au M58, Au M59, Au M60, Au M61, Au M62, Au M63, Au M64, Au M65, Au M66, Au M67, Au M68, Au M69, Au M70, Au M71, Au M72, Au M73, Au M74, Au M75, Au M76, Au M77, Au M78, Au M79, Au M80, Au M81, Au M82, Au M83, Au M84, Au M85, Au M86, Au M87, Au M88, Au M89, Au M90, Au M91, Au M92, Au M93, Au M94, Au M95, Au M96, Au M97, Au M98, Au M99, Au M100.</p>	
Массовая доля в % Ni- 88,35 Fe- 1,96 Au-9,7	

Проведенный рентгеноспектральный микроанализ не смог выявить содержание меди и других малых примесей в золотых покрытиях разных оттенков (в протоколах исследования было зарегистрировано только золото и элементы монеты-эталона (подложки)). В то же время микроанализ показал, что процентное содержание чистого золота в позолоченных монетах различно [10, с. 18].

На рисунке 2 представлен ход работы по подбору образцов для измерения относительной твердости нанесенных покрытий по методике Мооса.



Рис. 2. Подбор образцов по Моосу, соответствующих твёрдости монет

Проведенный эксперимент показал, что все образцы, кроме эталонной монеты 2013 года, процарапываются флюоритом, что соответствует «4» по шкале Мооса. Эталонная монета (2013 г) процарапывается апатитом, т.е. имеет твёрдость «5» по шкале Мооса.

Измерение микротвердости по Кнуппу проводили с использованием металлографического микроскопа ММ-6 фирмы «Leitz» (рисунок 3) с приставкой для измерения микротвердости по Кнуппу, который позволяет производить металлографические исследования при увеличении от x50 до x1600 [8].

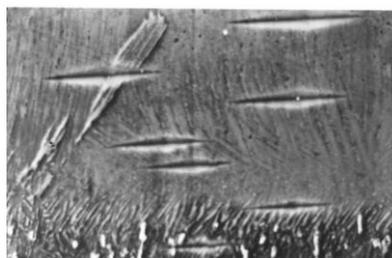


Рис. 3. Микротвердомер ММ-6

В проведенных измерениях материал должен был быть в 3 раза длиннее диагонали (рисунок 4). Это условие выполнялось, так как длина диагонали максимально составляла 29,3 мкм, а ширина образца 2,2 мм.

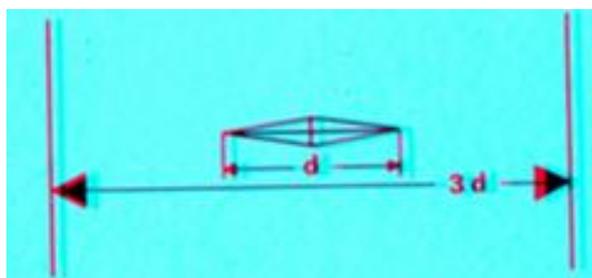


Рис. 4. Соотношение ширины исследуемого материала и длины диагонали

Глубину отпечатка вычисляли, используя значение угла при вершине ( $172^\circ 30'$ ) и зная длину большей диагонали (рисунок 5). Соотношение глубины проникновения пирамидки и длины диагонали составляет примерно 1:30.

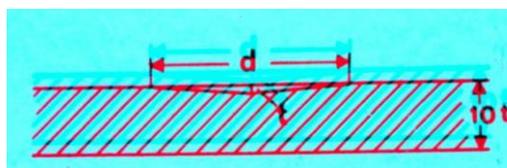


Рис. 5. Соотношение глубины отпечатка и длины диагонали

Вдавливание индентора проводилось с нагрузкой в 10 г. с учётом мягкости металла. Шаг индентирования составлял 1 мкм. Значения микротвёрдости были рассчитаны по формуле 1. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Значения микротвёрдости**

Шаг, мкм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диагональ, мкм	29,5	29,5	29,6	29,4	29,55	19	18,7	18,3	18,2	18,2
НК, кг/мм <sup>2</sup>	163,5	163,5	162,4	164,63	162,9	394	406,93	424,9	429,6	429,6

Проведенный эксперимент показал, что по мере уменьшения толщины золотого слоя, твёрдость образца увеличивается. Следовательно, золото более мягкий металл, чем подложка.

### Закключение

1. Золотосодержащие покрытия разного цвета, полученные методом электрохимического осаждения, имеют разное количество золота в своем составе.

2. Твердость получаемых покрытий позолоченных образцов приблизительно одинакова.

3. С уменьшением содержания золота в покрытии, твёрдость покрытия увеличивается.

#### **Список литературы**

1. Бусев А.И., Иванов В.М. Аналитическая химия золота М.: Наука, 1973.
2. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Золото. Монография. – М.: Metallurgy, 1979. – 288 с.: ил.
3. Мигачева Л.А. Материалы для изготовления ювелирных изделий: учебное пособие / Л.А. Мигачева, Е.А. Морозова, В.С. Муратов. – Самара : ООО Офорт; Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 575 с.: ил.
4. Морозова Е.А. Оценка качества изделий из металлов и сплавов: лаборат. практ. / Е.А. Морозова, В.С. Муратов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 50 с: ил.
5. О. М. Ольгин. Опыты без взрывов. М.: Химия, 1986.
6. Поляк Б.Т. Методичка «Определение химического состава твёрдых тел с помощью рентгеновского энергодисперсионного спектрометра в составе растрового электронного микроскопа». – М.: Метрологический центр «Роснано», 2010.
7. Е. М. Савицкий. Справ. изд. – М.: Metallurgy, 1984. – 592 с.: Ил. – 46, Табл. – 216.
8. [http://goldomania.ru/menu\\_002\\_010.html](http://goldomania.ru/menu_002_010.html)
9. <http://finesell.ru/pered-tem-kak-kupit/shkala-moosa.html>
10. Поляк Б.Т. Методичка «Определение химического состава твёрдых тел с помощью рентгеновского энергодисперсионного спектрометра в составе растрового электронного микроскопа». – М.: Метрологический центр «Роснано», 2010.

### **РАЗРАБОТКА И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

***Налесная Я.А.***

доцент кафедры инженерной экономики, канд. эконом. наук,  
Южный федеральный университет, Россия, г. Таганрог

***Костюков В.А.***

доцент кафедры электротехники и мехатроники, канд. техн. наук,  
Южный федеральный университет, Россия, г. Таганрог

***Полев Р.И., Ларина Т.А.***

студенты кафедры электротехники и мехатроники,  
Южный федеральный университет, Россия, г. Таганрог

В данной статье проводится анализ состояния энергетики мира, а также сравнительный анализ ветроэнергетических установок различных типов и пример разработки перспективной ветроэнергетической установки.

*Ключевые слова:* ветроэнергетика, электроэнергетика, экономика.

Электроэнергетика как отдельная отрасль промышленности начала зарождаться в конце XIX века. С приходом эры электричества общество расширило границы промышленного производства. Растущую потребность в электроэнергии

необходимо было удовлетворять и поэтому отличным источником энергии стали служить ископаемые топлива (газ, нефть, уголь, торф, горючие сланцы).

Современное энергоснабжение более чем на 70 % базируется на не возобновляемых источниках энергии [1].

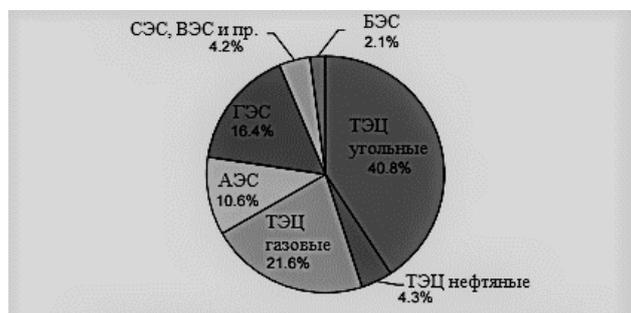


Рис. 1. Структура мирового производства электроэнергии за 2014 год

На сегодняшний день население Земли составляет приблизительно 7 миллиардов 504 миллиона человек. Каждый год наблюдается прирост более чем 80 миллионов человек. Если динамика роста численности не претерпит разительных изменений, то рубеж в 8 миллиардов человек будет преодолен примерно в 2024 году [2].

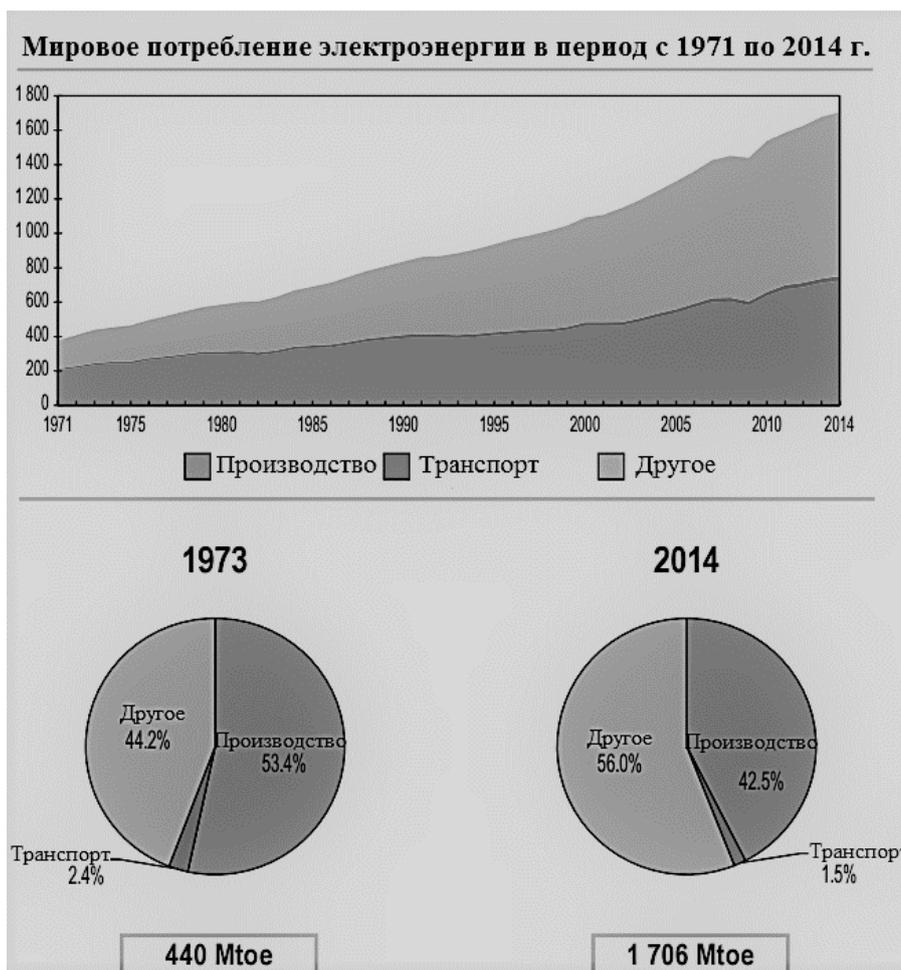


Рис. 2. Диаграммы мирового потребления электроэнергии

Из графиков видно, что потребление электроэнергии за последние 40 лет выросло в почти 4 раза [3]. Поэтому остро встает проблема резервов ископаемого топлива.

Приведем результаты анализа запасов ископаемых видов топлива [4].

Доказанные запасы по данным 2015 года:

- Ископаемый уголь: 891.5 млрд метрических тонн, что соответствует 624100 Мтое;
- Нефть: 1697.6 млрд баррелей, что соответствует 248200 Мтое;
- Природный газ: 186.9 трлн кубических метров, что соответствует 174100 Мтое.

Добыча ископаемых видов топлива по данным 2015 года:

- Ископаемый уголь: 3830.1 Мтое в год;
- Нефть: 4361.9 Мтое в год;
- Природный газ: 3135.2 Мтое;

Доказанные запасы (годы добычи в текущем темпе), остающиеся в Земле (2015):

- ископаемый уголь: 114 лет;
- нефть: 50 лет;
- природный газ: 52 года.

По приведённым данным можно заключить, что ископаемого топлива человечеству хватит не более чем на пару веков. Однако к проблеме резервов топлива добавляется еще проблема экологичности его использования. Так по данным International Energy Agency, выбросы CO<sub>2</sub> при сжигании ископаемого топлива за 1973 год составляли 15458 мегатонн, а за 2014 год уже 32381 мегатонн [3].

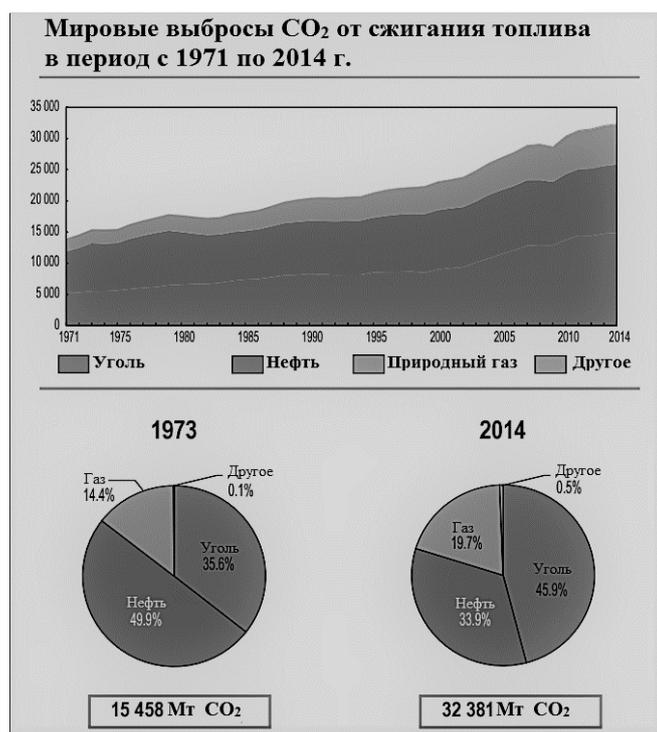


Рис. 3. Диаграммы выброса CO<sub>2</sub> от сжигания топлива

Из всего этого следует вывод, что необходимо развивать отрасль электроэнергетики, связанную с возобновляемыми источниками энергии, такими как: энергия солнца, ветра, течения воды.

Рассмотрим отдельную отрасль электроэнергетики – ветроэнергетику. Ветер – есть результат действия солнца на поверхность земли. А так как он образован благодаря действию солнца, то запасы его энергии по меркам человечества – неис-

сякаемы. Положительной стороной ветроэнергетики также является её экологичность. При работе, ветроэлектростанции не выбрасывают в атмосферу никаких загрязняющих веществ.

Ветроэнергетика требует глубокого развития, так как имеет несравненные преимущества перед обычной топливной энергетикой.

Например, по исследованиям The Economics of Wind Energy в 2004 году себестоимость электроэнергии, производимой ветрогенераторами при скорости ветра 8 м/с, составляла 3,6 цента за 1 кВт\*ч, в то время как себестоимость электричества, производимого на угольных станциях, было в пределах 9-30 центов за 1 кВт\*ч [5].

В России ветроэнергетика занимает не самое ведущее место в выработке электроэнергии. Доля выработанной энергии в 2016 году составляла всего 0,015% от общей произведённой электроэнергии [6], что несомненно очень мало (в сравнение можно поставить страны Европы, где в среднем на ветроэнергетику приходится от 5% до 30% вырабатываемой электроэнергии).

Ветрогенераторы делятся на 2 основных типа:

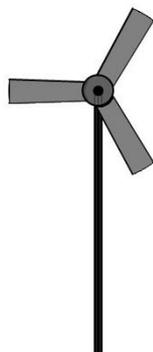


Рис. 4. Горизонтально-осевой ветрогенератор

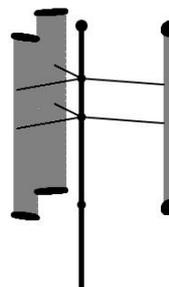


Рис. 5. Вертикально-осевой ветрогенератор

В промышленных и коммерческих целях чаще используют горизонтально-осевые ветрогенераторы ввиду их конструктивной простоты изготовления. Для частного использования не редко встречаются и вертикально-осевые ветрогенераторы различных компоновок ротора.

Инновационной разработкой ветрогенератора вертикально-осевого типа является вихревая ветроэнергетическая установка SAVA green energy. Её особенностью является наличие направляющей структуры и особой формы статора и ротора, позволяющей создавать вихревой поток воздуха, который увеличивает момент вращения ротора. Такая разработка позволяет получать гораздо большую выходную мощность в сравнении с другими типами ветрогенераторов при одинаковом размере ротора.

Приведём для сравнения несколько различных ветроэнергетических установок:

Таблица

**Характеристики ветроэнергетических установок**

Ветрогенератор	Номинальная скорость ветра, м/с	Диаметр ротора, м	Номинальная мощность, кВт
Low Wind	10	2.8	1
SAV	10	2.8	1
Condor Home	9	2.5	0.5
SAVA green energy	12	2.5	5

Можно сделать вывод, что данная разработка имеет очень хороший показатель отношения мощности вырабатываемой энергии к диаметру ротора.

За основу ветрогенератора SAVA green energy был взят патент №2552635 «Устройство для преобразования кинетической энергии ветра в механическую энергию». После изменения формы направляющей структуры, статора и ротора удалось увеличить вращающий момент ротора по сравнению с первоначальной компоновкой более чем в 2 раза.

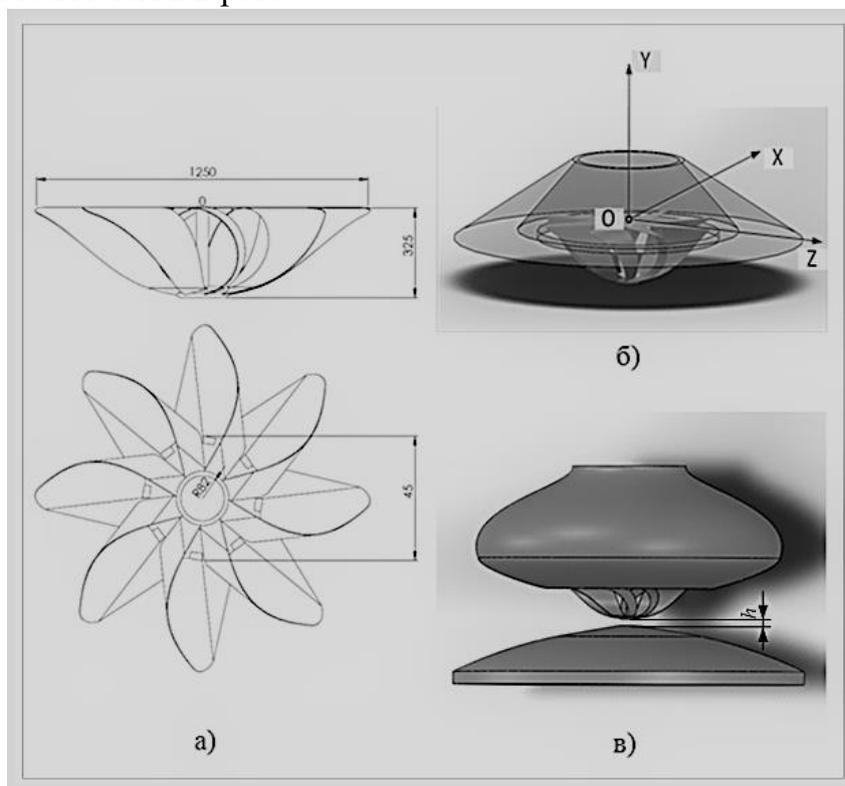


Рис. 6. Чертежи исходного варианта ротора ветроколеса (а), исходная (б) и оптимизированная (в) компоновка его с раструбом

С помощью специализированного CAD (средства автоматизированного проектирования) проводилась «продувка» ветрогенератора при скорости сплошного потока воздуха равной 12 м/с. Визуальное представление моделирования приведено на рис. 7.



Рис. 7. Характерные распределения избыточного статического давления для трёх вариантов ВЭУ

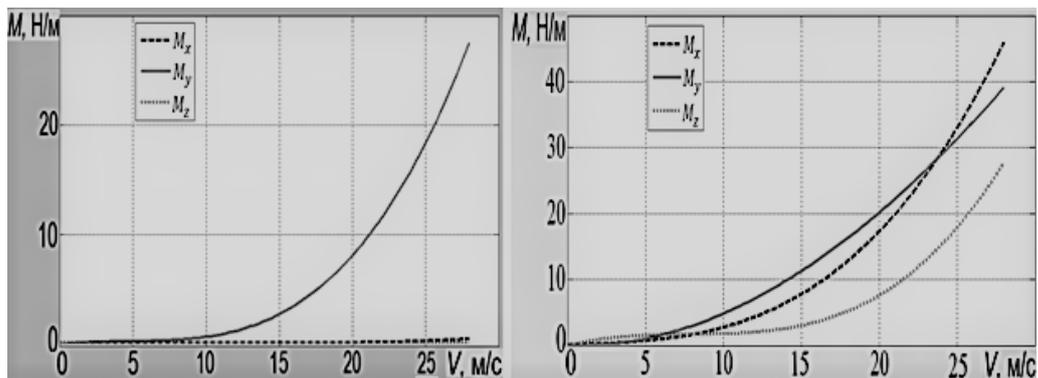


Рис. 8. Графики изменения полезной  $M_y$  и побочных  $M_x$ ,  $M_z$  проекций аэродинамического момента от скорости ветра  $V$  для исходной (слева) и оптимизированной формы (справа) ВЭУ

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование ветроэнергетической установки SAVA green energy позволит вырабатывать в несколько раз больше электроэнергии чем аналоги. Из-за вертикального расположения ротора, ветрогенераторы нуждаются в более редком техническом обслуживании, чем аналоги с горизонтальным расположением ротора. Также для данной конструкции порог генерации энергии в зависимости от скорости ветра значительно ниже. Всё вышеперечисленное позволяет на выходе иметь дешёвую электроэнергию.

#### Список литературы

1. International Energy Agency – Key Electricity Trends [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyElectricityTrends.pdf>
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.worldometers.info/world-population/>
3. International Energy Agency – Key world energy statistics 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf>
4. BP Statistical Review of World Energy June 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>
5. The Economics of Wind Energy – American Wind Energy Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.archive.org/web/20051102052723/http://www.awea.org/pubs/factsheets/EconomicsOfWind-Feb2005.pdf>
6. Министерство энергетики – Основные показатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1161>

# ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

**Никитина В.О.**

магистрант кафедры материаловедения и технологии художественных изделий,  
Санкт-Петербургский горный университет, Россия, г. Санкт-Петербург

**Кончус Д.А.**

аспирант кафедры материаловедения и технологии художественных изделий,  
Санкт-Петербургский горный университет, Россия, г. Санкт-Петербург

**Сивенков А.В.**

доцент кафедры материаловедения и технологии художественных изделий, доцент,  
к.т.н., Санкт-Петербургский горный университет, Россия, г. Санкт-Петербург

В данной статье проанализированы возможности оптимизации параметров нанесения маркировки методом планирования эксперимента. Проведены расчеты наиболее оптимального режима нанесения маркировки для получения максимального контраста.

*Ключевые слова:* лазерная маркировка, оптимизация, планирование эксперимента, дробный факторный эксперимент.

В современных условиях использование маркировки является одним из важнейших производственных процессов, обязательным условием выполнения требований нормативно-технической документации в части обеспечения идентификации и прослеживаемости материала. Маркировка позволяет производителю наиболее качественно организовать контроль количества и качества выпускаемой продукции. Существует много различных видов наносимой с помощью маркировки информации: датировка, штрих-коды, QR-коды, а также методов маркировки. Из всех существующих способов маркировки лазерная маркировка является наиболее технологичным и гибким методом. Отличается высоким уровнем качества, точности, четкости, высокой скоростью нанесения, прецизионностью и, конечно же, легкостью исполнения и минимальным воздействием на маркируемый материал [1, 2].

Считываемость плотно кодированной информации требует высокой четкости и контрастности изображения. Четкость маркировки стальных изделий очень сильно зависит от химического состава сплава. Для каждой марки легированной стали необходимо подбирать наиболее оптимальный режим маркировки, создающий контрастную и четко считываемую информацию.

С целью изучения были выбраны основные характеристики лазера и проанализированы возможности по их оптимизации для нанесения маркировки на нержавеющую сталь, для последующего простого и безошибочного использования нанесенной маркировки в различных производственных процессах. Маркировка в виде QR-кода наносилась на сталь 08X18H10T в состоянии поставки – холоднокатаный травленный лист толщиной 1,5 мм (ГОСТ 5582-75).

QR-код имеет размеры 25×25 мм и содержит 335 знаков машинописного текста.

Маркировка осуществлялась на прецизионном маркере с импульсным волоконным лазером МиниМаркер 2-20А4, позволяющим гибко изменять параметры процесса лазерной обработки поверхности [3].

Для оптимизации режимов маркировки использовалось планирование эксперимента. В качестве независимых переменных были выбраны:  $X_1$  – частота;  $X_2$  – скорость нанесения подложки;  $X_3$  – скорость нанесения кода;  $X_4$  – мощность. Зависимыми переменными являлись:  $X_5$  – линиатура подложки;  $X_6$  – линиатура кода;  $X_7$  – длительность импульса. После рассмотрения и подсчета количества независимых переменных, требуемых для выполнения исследования, был спланирован дробный факторный эксперимент  $2^{7-3}$  с дублированием опытов в центре плана. Выбранные уровни варьирования для нанесения подложки и кода (табл. 1) определялись из технических возможностей лазера и ранее проводимых исследований [3].

Таблица 1

### Уровни варьирования факторов для подложки

Фактор		Уровни варьирования факторов						Интервал варьирования ( $\Delta X_i$ )
		Минимальный $x_i = -1$		Основной $x_i = 0$		Максимальный $x_i = 1$		
Наименование	Обозн.	число	код	число	код	число	код	
Частота $X_1$	$n$	60	-1	80	0	100	1	20
Скорость $X_2$	$V_{\Pi}$	450	-1	600	0	750	1	150
Скорость $X_3$	$V_K$	5	-1	10	0	15	1	5
Мощность $X_4$	$P$	20	-1	30	0	40	1	10
Линиатура $X_5$	$l_{\Pi\Pi}$	60	-1	75	0	90	1	15
Линиатура $X_6$	$l_{\Pi K}$	20	-1	35	0	50	1	15
Длит. им-пульса $X_7$	$t$	50	-1	100	0	200	1	75

Согласно выбранному факторному эксперименту был реализован 21 опыт.

После проведения всех опытов получились образцы, некоторые из которых представлены на рис. 1.

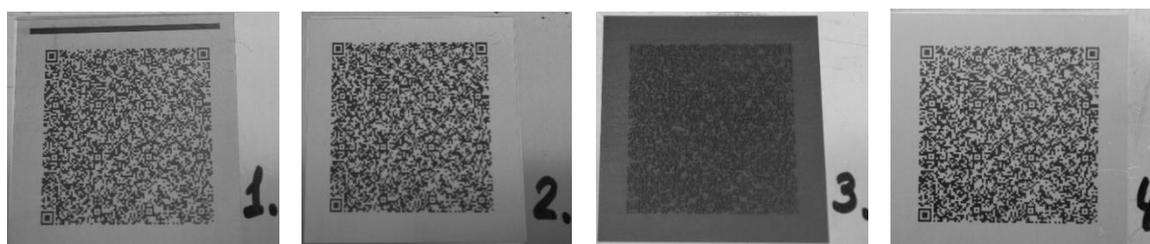


Рис. 1. Образцы с нанесенным QR-кодом  $25 \times 25$  мм

Из рис. 1 видно, что были получены изображения QR-кода разного качества с различной читаемостью.

За функцию отклика был выбран показатель контрастности изображения. С помощью программы Photoshop CC оценивались цветовые показатели подложки и нанесенного на нее кода.

Измерение контрастности производилось по показателям аддитивной цветовой модели RGB.

Показатели RGB имеют диапазон измерений от 0 до 255 (0 – абсолютно черный, 255 – абсолютно белый) (табл. 2).

Расчет контрастности (функции отклика) производится по формуле:

$$K = \frac{P_{\text{П}} - P_{\text{К}}}{P_{\text{П}}}$$

где  $P_{\text{П}}$  – показатель RGB подложки;  $P_{\text{К}}$  – показатель RGB кода.

Таблица 2

**Контрастность образцов**

Номер образца	RGB подложки, $P_{\text{П}}$	RGB кода, $P_{\text{К}}$	Контраст, $Y$
1	144	53	0,63
2	160	47	0,71
3	87	59	0,32
4	138	23	0,83
5	169	54	0,68
6	138	26	0,81
7	135	31	0,77
8	75	43	0,43
9	164	52	0,68
10	194	71	0,63
11	211	53	0,75
12	94	40	0,57
13	188	40	0,79
14	211	76	0,64
15	211	39	0,82
16	105	50	0,52
17.1	150	37	0,75
17.2	152	34	0,78
17.3	161	40	0,75
17.4	186	48	0,74
17.5	184	44	0,76
QR-код на бумаге	197	34	0,83

Образцы 17.1-17.5 были выполнены в центре плана. Для сравнения полученных показателей приведены значения контраста QR-кода на белом листе печатной бумаги напечатанном на лазерном принтере с разрешением 1200 dpi.

С помощью металлографического микроскопа Zeiss Axio Observer A1m были отсняты микроструктуры всех образцов в трех областях: граница сталь–подложка, граница подложка–код, граница подложка–код (рис. 2).

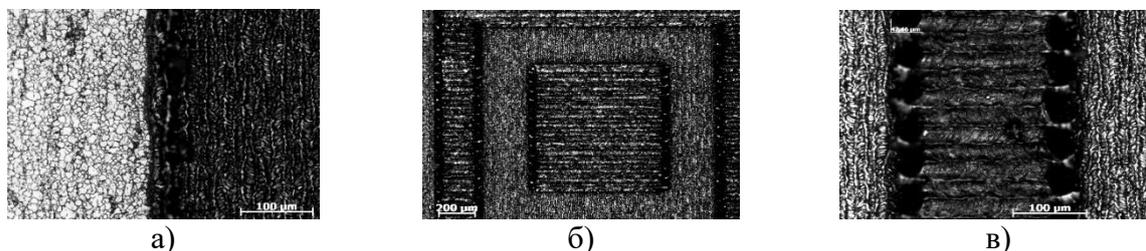


Рис. 2. Микроструктура поверхности стали после нанесения маркировки (образец 17.4): а) – граница сталь-подложка; б) – подложка-код; в) – подложка-код увеличение

Микроструктура поверхности позволяет оценить правильность выбора мощности, длительности импульса, линиатуры и других параметров маркировки. На рисунках можно увидеть четкие линии прохода лазерного луча, участки оплавления, испарения и окисления поверхности стали. Четкие линии прохода подтверждает правильность выбора линиатуры маркировки. В крайних точках линий вид-

ны «стартовые» места оплавления с другим контрастом, оказывающим влияние на общий контраст изображения.

После оценки статистической значимости по критерию Стьюдента полученных значений контрастности и проверки адекватности модели по критерию Фишера уравнение функции отклика выглядит следующим образом:

$$Y=0,661+0,065x_1+0,026x_2-0,045x_4-0,015x_5+0,024x_6+0,091x_7.$$

Из анализа полученной модели следует что, в изученных интервалах варьирования влияние скорости нанесения кода ( $X_3$ ) на контрастность не существенна. Наиболее значимыми факторами являются: частота ( $X_1$ ), мощность ( $X_4$ ), длительность импульса ( $X_7$ ). Менее значимыми – скорость нанесения подложки ( $X_2$ ), линиятура нанесения кода ( $X_6$ ) и подложки ( $X_5$ ), а также взаимосвязь частота – скорость нанесения, как подложки, так и кода и связь частота – мощность ( $X_7$ ) влияют на значение контраста нанесенного изображения.

Для дальнейшей оптимизации контрастности QR-кода необходимо увеличивать значения факторов: частоту ( $X_1$ ), скорость нанесения подложки ( $X_2$ ), линиятуру кода ( $X_6$ ), длительность импульса ( $X_7$ ). Уменьшать мощность ( $X_4$ ) и линиятуру подложки ( $X_5$ ).

Анализ модели согласуется с общими представлениями об уровне значимости влияния параметров лазерной маркировки коррозионностойких сталей.

### **ВЫВОДЫ**

1. Использование факторного эксперимента позволило оптимизировать режим лазерной маркировки коррозионностойкой стали 08X18H10T.

2. Статистический анализ полученных результатов показывает, что для достижения оптимального значения контрастности следует снижать скорость нанесения подложки и мощность лазерной установки, при увеличении всех остальных входящих параметров, то есть наносить качественную маркировку при меньшей мощности.

3. Максимально контрастное изображение QR-кода в результате оптимизации параметров составило 0,83, что соответствует контрастность лазерной печати на белом листе бумаги.

### **Список литературы**

1. Коденко Н., Иванов А. Технология лазерной маркировки материалов. Современная светотехника № 2, 2010. 31-36 с.
2. Пряхин Е.И., Захаренко Е.А., Кончус Д.А., Сивенков А.В. Лазерная маркировка нанобар-кодом. «Профессиональное образование, наука, инновации в XXI веке»: сборник трудов VIII Санкт-Петербургского конгресса 24-25 октября 2014 г. – СПб: РИЦ НМСУ «Горный», 2014. – С. 186-188.
3. Sivenkov A., Konovalov K., Zverkova E. Influence laser marking on structure and properties steel // International Scientific Review. 2016. – № 11 (21). – С. 38-40.

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ МЕХАНИКИ

*Салямова К.Д.*

ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, профессор,  
Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева АН РУз,  
Узбекистан, г. Ташкент

*Эгамбердиев Э.Х.*

магистрант, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта,  
Узбекистан, г. Ташкент

Исследовано напряженно-деформированное состояние горного массива вокруг подземной выработки с учетом их реальной геометрии и реальных физико-механических характеристик пород под действием силы гравитации численным методом механики (метод конечных элементов). Для строительных тоннелей Туполангской ГЭС определены предполагаемые зоны вывалообразования. Задача решена в плоской упругой постановке.

*Ключевые слова:* подземная выработка, напряжения, метод конечных элементов, строительные тоннели, Туполангская ГЭС.

Образование горных выработок сопровождается нарушением установившегося естественного поля напряжений в массиве пород, и определение действующих напряжений в приконтурном массиве является необходимой предпосылкой для правильной расчетной оценки устойчивости откосов. Задача об оценке устойчивости открытых горных выработок сводится к следующим самостоятельным, но взаимосвязанным задачам:

Учесть влияние всех факторов при аналитическом способе изучения закономерностей процесса формирования напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива практически невозможно. Но многолетний опыт исследований, накопленный специалистами в этой области, показывает, что при любом сочетании влияющих факторов из них могут быть выделены один или два наиболее значительных, имеющих определяющее значение для характера реализации механических процессов.

Для анализа напряженно-деформированного состояния различных тел и конструкций в настоящее время широко используются компьютерные программные комплексы, основанные на алгоритмах решения задач механики сплошной среды методом конечных элементов (МКЭ). Общая идея МКЭ – переход от дифференциальных уравнений механики сплошных сред к системе линейных уравнений относительно смещений вершин элементов, на которые предварительно разбивается исследуемая область сплошной среды, на основе простейших физических зависимостей в пределах этих элементов [1, 2].

МКЭ в геомеханике используется, в основном, для решения плоских задач. Сложность решения практических задач заключалась в необходимости решения уравнений высоких порядков для обеспечения приемлемой точности, во вводе и выводе больших массивов данных по элементам и в интерпретации полученных результатов. Развитие компьютерной техники и программного обеспечения для прочностных расчетов в машиностроении, строительстве и других отраслях техники привело к появлению ряда мощных систем трехмерного компьютерного проектирования и конечно-элементного анализа, использующих графический интерфейс.

В массиве горных пород с определенными физико-механическими свойствами (модуль упругости  $E=2,94 \times 10^9$  Па, коэффициент Пуассона  $\eta = 0,35$ , объемный вес  $\gamma=1980$  кг/м<sup>3</sup>, угол внутреннего трения  $\varphi = 27^0$ , коэффициент сцепления  $C=0,68 \times 10^6$  Па). На глубине 80-100 м пройдена выработка, параметры которой показаны на рис. 1. По результатам оценки состояния массива было установлено, что на уровне данного горизонта действуют тектонические напряжения, величина которых вкрест простирания пород составляет 2,9 МПа при расчетной величине вертикальных 2,1 МПа. Рассмотрим схему, когда выработка пройдена по простиранию горных пород, и продольное напряжение равно нулю.

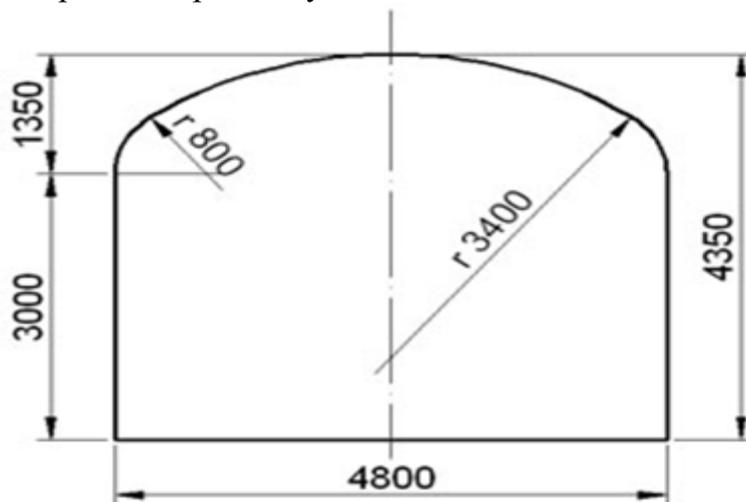


Рис. 1. Расчетные параметры горной выработки

Для решения задачи определения НДС массива под действием сил гравитации методом конечных элементов (МКЭ) рассматриваем конечную область горных пород в виде призмы размерами  $50 \times 50 \times 200$  м. Направление продольной оси призмы совпадает с линией простирания пород. Массив для упрощения решения задачи принимаем упругим и однородным. В качестве граничных условий принимаем защемление нижней и торцовых граней призмы, остальные грани принимаются свободными от нагрузок. Расчетная область разбивается на треугольные конечные элементы. Каждому конечному элементу присваиваются физические свойства ( $E, \eta, \gamma$ ).

Напряженное состояние массива пород рассматривается в плоскости сечения средней части длинной стороны призмы (рис. 2). Это сечение расположено в плоскости координатных осей  $XoY$ , когда продольная ось призмы параллельна координатной оси  $oZ$ . В нашем случае рассмотрение напряжений  $\sigma_x$  (горизонтальных),  $\sigma_y$  (вертикальных) и  $\tau_{xy}$  (касательных) является достаточным, т.к. силы, направленные вдоль оси  $oZ$  не будут иметь существенного влияния.

Анализ полученного напряженного состояния пород от действия сил гравитации [3-5] показывает симметричное распределение напряжений, а линии равных напряжений  $\sigma_y \approx \gamma \times h$ , нулевая линия касательных напряжений проходит по середине области, что подтверждает достоверность полученной картины результатов расчета.

В расчетной области призмы создадим выработку с параметрами, указанными на рис. 1. Разобьем область на множество конечных элементов, теперь уже с учетом геометрии выработки. Задача решена с учетом естественных нагрузок добавлением в систему граничных условий перпендикулярно направленных усилий на верхнюю и боковые грани интенсивностью, соответственно 2,1 МПа и 2,9 МПа, что приближает расчетную модель к рассматриваемым горно-геологическим условиям.

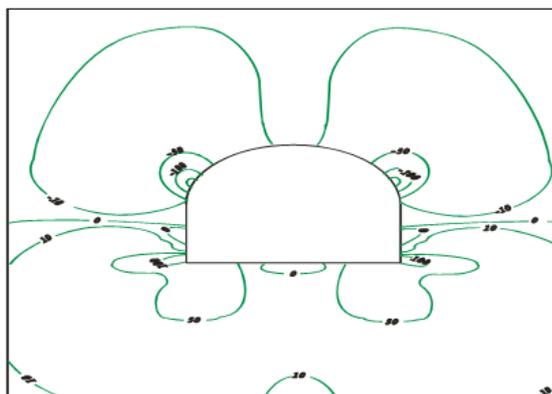


Рис. 2. Изолинии напряжений  $\tau_{xy}$  от сил гравитации

Результаты расчета приведены на рисунке 3, где для удобства рассмотрения показана область напряжений, действующих лишь вблизи контура выработки. Изолинии напряжений  $\sigma_x$  создают сжатие пород по всему контуру выработки, их максимальная величина в сводовой части контура – 4,6 МПа, в почве – 3,7 МПа, а в боках – 1,2-2,0 МПа. Вертикальные напряжения  $\sigma_y$  оказывают сжимающее действие по всему контуру выработки, кроме участка середины почвы, где прослеживаются растягивающие напряжения (0,5-0,7 МПа). Максимальные значения (3,7 МПа) находятся в боках выработки. Максимальные тангенциальные напряжения  $\tau_{xy}$  достигнуты в крайних участках свода (2,1 МПа) и в узлах сопряжения боков и почвы выработки (1,8 МПа).

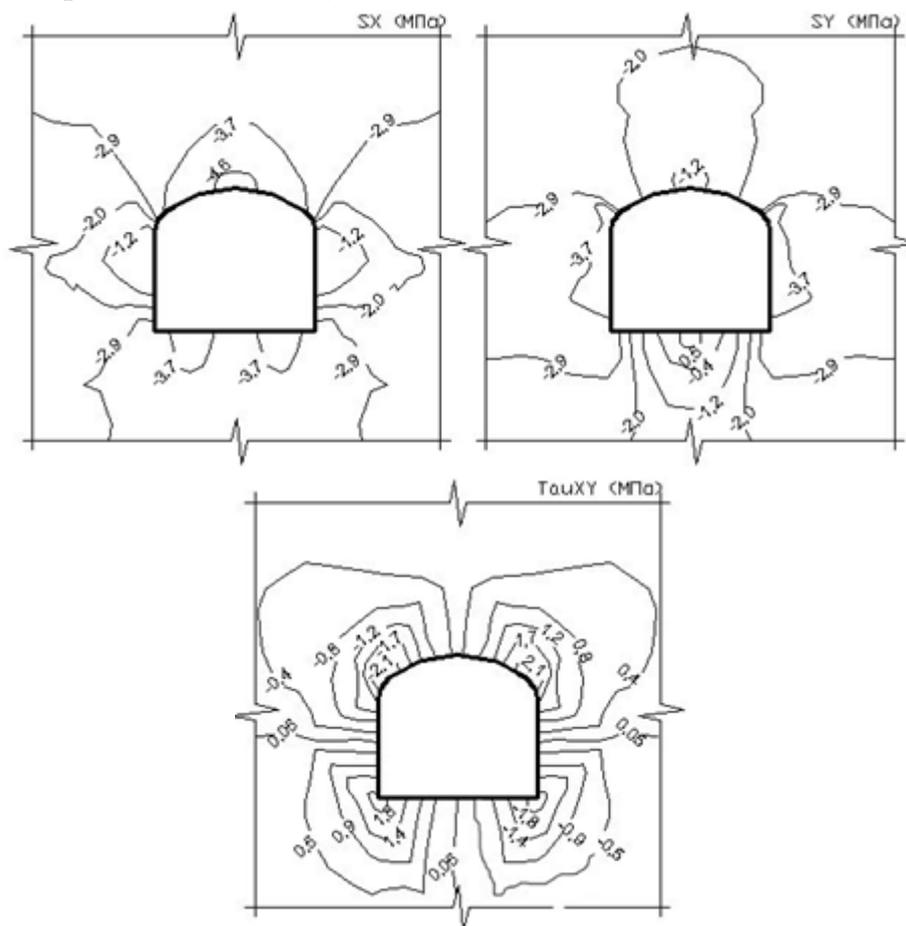


Рис. 3. Изолинии напряжений  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$  под действием гравитационных, вертикальных и горизонтальных сил в массиве вокруг выработки

**Решена задача статики** на примере двух параллельно расположенных подземных затворов строительных тоннелей Туполангской ГЭС (исходные данные от АО Гидропроекта). Для подземных затворов строительных тоннелей ГЭС исследование НДС показало, что:

- наибольшие значения напряжений приходятся, в основном, на сводовую часть выработок;

- параллельное расположение подземных затворов строительных тоннелей (если расстояние между ними соответствует проектному размеру) оказывает ощутимое влияние на НДС приконтурных зон (существенно изменяется напряженное состояние в теле целика);

- зоны, где возможны отдельные вывалообразования, находятся, в основном, на боковых породных стенах, в подошве и углах выработок.

### **Список литературы**

1. Зенкевич О., Чанг И. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред. – Москва: Недра, 1974. – 240 с.

2. Сызранцев В.Н., Сызранцева К.В. Расчет напряженно-деформированного состояния деталей методами конечных и граничных элементов. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2000. – 111 с.

3. Меликулов А.Д. Задачи повышения устойчивости горных выработок, сооружаемых в сейсмостектонических районах // Тезисы докладов межреспубликанской научно-практической конференции. – Ташкент: ТашГТУ, 1993. – С. 45-47.

4. Кайгародов В.И., Меликулов А.Д. Расчетное обоснование устойчивых параметров подземных горных выработок различной конфигурации // Материалы 4-ой Республиканской научной конференции «Молодежь в развитии науки и техники». 3-часть. – Ташкент.: ТашГТУ, 2004. – С.78-81.

5. Меликулов А.Д., Саямова К.Д., Кайгародов В.И. Расчетная оценка состояния массива горных пород вокруг подземных выработок // Ж. Горный вестник Узбекистана № 2. 2009 – С.41-46.

## **СУЩНОСТЬ ПОНЯТИЯ «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР»**

***Славич А.В.***

магистрант кафедры организации перевозок и дорожного движения,  
Академия строительства и архитектуры, Донской государственной  
строительный университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

***Ермина Л.В.***

доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения, канд. экон. наук,  
Академия строительства и архитектуры, Донской государственной  
строительный университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Статьи посвящены анализу понятий, являющихся составляющими элементами определения «международные транспортные перевозки».

*Ключевые слова:* транзит, транспортный коридор, международный транспортный коридор.

Создание транспортных коридоров и введение в обиход самого понятия стало в последнее время поистине мировым трендом. Осознание важности транспортной составляющей в развитии инновационной экономики – лишь первый шаг.

Основная задача транспортной логистики заключается в создании оптимальных транспортных маршрутов и разработке транспортных цепочек, с помощью которых будет доставляться груз. Для доставки груза с наименьшими затратами для клиента и в оговоренные сроки, необходимо осуществить правильную разработку транспортного коридора. Этот коридор представляет небольшую часть международного или внутреннего транспортного механизма, обеспечивающего перевозки больших объемов груза между обширными географическими областями.

Процесс формирования общемировых транспортных связей и общего транспортного пространства предполагает построение теоретической основы транспортных задач, определение системы и структуры. Требуется понимать, что подразумевается под термином «транзит», который является одним из источников для перевозок по транспортным коридорам; дать определение таким понятиям, как «транспортный коридор» и «международный транспортный коридор» (МТК).

Транзит – это, перевозка грузов из одного пункта в другой через промежуточный пункт. Транспортный коридор – это совокупность коммуникаций различных видов транспорта (водный, воздушный, железнодорожный, автомобильный), обеспечивающих перемещение между различными странами грузов. Следовательно, транзит является основой перевозок по транспортным коридорам.

Международный транзит грузов представляет перевозку грузов из одной страны в другую через территорию третьей страны (страны транзита) [1].

Данные условия относятся к железнодорожным, автомобильным и речным транзитным перевозкам. Для воздушного транспорта транзитом будет считаться перевозка, где самолет либо пересечет без посадки воздушное пространство третьей страны, либо осуществит посадку на территории страны транзита без выгрузки или пополнения грузовой партии. Для морского транспорта транзитом является заход судна в территориальные воды или порт третьей страны без осуществления там коммерческих операций с грузом.

Термин «коридор» означает совокупность всех видов транспорта, согласованно функционирующих в определенном направлении и участвующих в перевозке конкретных грузов [2].

Под понятием «транспортный коридор» понимается совокупность магистральных транспортных коммуникаций различных видов транспорта с необходимыми обустройствами, обеспечивающих перевозки пассажиров и грузов между различными странами на направлениях их концентрации [3]. Понятие «коридор» включает в себя все виды транспорта, автомагистрали, речные и железнодорожные участки, магистральные трубопроводы, морские, речные и воздушные порты, железнодорожные станции и складские терминалы. Понятие транспортного коридора более широкое, чем транзитного. Не всякий транспортный коридор является транзитным. Например, по транспортному коридору могут перевозиться не только транзитные грузы, но и внутренние и внешнеторговые. Однако любой транзитный коридор является транспортным.

Под международными транспортными коридорами (МТК) понимаются международные транспортные системы, слагаемые из различных видов транспорта и их инфраструктуры, позволяющие осуществлять перевозки грузов и пассажиров в определенных направлениях, на согласованных на международном уровне благо-

приятных организационных, технологических, правовых, экономических, информационных, сервисных условиях, обеспечивающих безопасность перевозок и охрану людей и грузов; утверждение транспортных систем в качестве МТК осуществляется принятыми международными процедурами и предполагает в перспективе гармонизацию всех условий перевозок [4].

Международные транспортные коридоры (МТК) – исключительно сложная технологическая система, концентрирующая на генеральных направлениях транспорт общего пользования (железнодорожный, автомобильный, морской, трубопроводный) и телекоммуникации. Концентрация материальных, финансовых и информационных потоков, высокое качество обслуживания и разнообразие оказываемых услуг обеспечивают ускорение оборачиваемости капитала и синхронизации прохождения товаров, документов и денег в условиях преференциального режима. МТК, состоящие из нескольких транспортных модулей, называют так же мульти-модальными (или иинтермодальными) транспортными коридорами. Для реализации проектов международных транспортных коридоров необходимы не только капиталы, но и политическая воля. Эффект функционирования МТК достигается в едином таможенном и экономическом пространстве. Кроме того, страна, выступающая с инициативой создания МТК должна обладать определенной геополитической мощью.

Группа экспертов Комитета по внутреннему транспорту ЕЭК ООН приняла следующее определение международного транспортного коридора как «часть национальной или международной транспортной системы, которая обеспечивает значительные грузовые и пассажирские перевозки между отдельными географическими районами, включает в себя подвижной состав и стационарные устройства всех видов транспорта, работающие на данном направлении, а также совокупность технологических, организационных и правовых условий осуществления этих перевозок» [5].

В транспортных коридорах, прежде всего, унифицируют требования к транспортной инфраструктуре и параметрам транспортных средств, то есть должны выработываться общие требования к транспортным путям и средствам, информационным коммуникациям и сервисному комплексу. Подразумевается, что виды транспорта как элементы транспортного коридора способны заменить друг друга при возникновении дополнительных потребностей в перевозках, а также при изменении технических, экономических или правовых условий перевозок внутри коридоров вследствие внедрения достижений НТП или других причин.

Такое понимание транспортного коридора позволяет при рассмотрении того или иного транспортного направления охватить системными исследованиями все виды транспорта, занятые в перевозках на этом направлении независимо от географической сферы их деятельности (наземные, воздушные, водные и специализированные).

Исследование международных транспортных коридоров дает возможность оценивать целесообразность новых инвестиций путем сопоставления их с затратами по созданию условий для более полного использования резервов провозной способности других видов транспорта. Осуществление капиталовложений в развитие международных транспортных коридоров связано с национальными и международными потребностями в перевозках в рассматриваемом регионе.

При исследовании транспортных коридоров, прежде всего, следует уделить внимание возможностям повышения эффективности транспортных операций в ко-

ридоре и использования преимуществ естественного транспортного потенциала страны (заливов, каботажного плавания, внутренних водных путей и т.д.) и недорогих, но эффективных видов транспорта. Определяется, какие виды транспорта являются конкурирующими на рассматриваемом направлении, а какие играют основную роль в транспортном коридоре и служат для удовлетворения той части спроса на перевозки, которая зависит от его технических возможностей. Для решения этих сложных задач привлекается весь исследовательский арсенал, включая различные типы математических моделей и их систем, интуицию людей, мнения опытных экспертов и т. д., т. е. исследования транспортных коридоров – предмет системного анализа.

#### Список литературы

1. Холопов К. В. Экономика и организация внешнеторговых перевозок: учебник. М.: Юристъ, 2013.
2. Володин И. В. «Критские коридоры» – возможность интеграции для России в мировую транспортную систему // Вестник СПбГУ. 2000. Серия 5: Экономика. № 1. С. 108-111.
3. Транспортное дело России. 2010. № 2.
4. Транспорт Северо-Запада. 2016. № 16 (49).
5. Назаренко В. М., Назаренко К. С. Транспортное обеспечение внешнеэкономической деятельности. М.: Центр экономики и маркетинга, 2000.

### СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**Филина О.А.**

старший преподаватель кафедры «Электротехнические комплексы и системы»,  
Казанский государственный энергетический университет, Россия, г. Казань

**Зараменских А.Н., Ахмадеев Р.И., Пасечник С.В.**

магистранты второго года обучения группы ЭМКм-1-16,  
Казанский государственный энергетический университет, Россия, г. Казань

Эта статья посвящена проблеме технической диагностики на транспорте. Для решения задачи необходим перевод качественного определения ТС на некоторую количественную основу. Формализация качественных определений является необходимым условием построения формальных (вычислимых) алгоритмов диагностики.

*Ключевые слова:* повышение надёжности, спектральный метод, компонент, процесс преобразования, методика, наработка, неисправность, возможные состояния.

Около 85...90 % изделий машиностроения выходят из строя в результате изнашивания и только 10...15 % по другим причинам.

Различают изнашивание механическое (абразивное, эрозионное, гидроабразивное, газоабразивное, усталостное и др.), коррозионно-механическое (окислительное, фреттинг-коррозия), изнашивание при «заедании» сопряжённых пар.

Применительно к инструментам различают следующие виды изнашивания: абразивное, адгезионное (схватывание и последующее вырывание частиц и блоков), диффузионное (при  $t = 800...850$  °С) – деформационное растворение инстру-

мента материала в обрабатываемом материале, окислительное (твёрдых сплавов) – образуются окислы  $Co_3O_4$  и  $CoO$ , которые имеют низкую твёрдость и нарушают монолитность твёрдого сплава [1].

Измерение износа по потере массы или объёма детали используется, как правило, при исследовании образцов и непригодно для большинства деталей машин.

Оценка износа по изменению выходных параметров сопряжения даёт лишь косвенное представление об износе вследствие того, что выходные параметры сопряжения зависят от большого числа факторов, которые не представляется возможным оценить полностью.

Известен способ определения износа по содержанию продуктов изнашивания в смазочном масле. Способ основан на взятии пробы отработавшего масла, где накопились продукты изнашивания, представляющие собой металлические частицы, окислы металлов и продукты химического взаимодействия металлов с активными компонентами смазочных материалов. Этот способ позволяет избежать необходимости разборки машин и их узлов. Он применяется в лабораторных и эксплуатационных условиях для измерения интегрального износа узлов различных машин, например технологического оборудования, транспортных машин, двигателей внутреннего сгорания, зубчатых передач и т.п. Точность метода определяется чувствительностью приборов к содержанию в масле металлических примесей (10–6...10–8 г в 1 см<sup>3</sup> масла) [1].

Анализ проб масла производится следующими методами:

- химическим (определяется содержание железа и других продуктов изнашивания в золе сожжённой масляной пробы);
- спектральным (определяют содержание металлических примесей в масле посредством спектрального анализа состава пламени при сжигании его пробы);
- радиометрическим (измерение радиоактивности продуктов изнашивания, содержащихся в смазочном масле, накапливающихся в масляном фильтре). Радиоактивность материала деталей создаётся введением радиоактивных изотопов в металл при плавке или с помощью покрытия деталей слоем из радиоактивных веществ;
- активационным анализом (содержание продуктов изнашивания в масле определяется по их радиоактивности посредством анализа спектров гамма-излучения пробы после облучения её нейтронами).

В методе микрометрических измерений размеры детали до и после изнашивания измеряются при помощи микрометра, индикатора или других приборов, точность которых обычно находится в пределах 1...10 мкм.

При небольших размерах детали и возможности её демонтажа измерения износа можно производить с помощью инструментального или универсального микроскопов, оптиметра, проектора, измерительной машины и других приборов. Для деталей больших размеров, измерение износа которых необходимо проводить без разборки машины, часто разрабатывают специальные приспособления с применением универсальных измерительных приборов.

Недостатками метода микрометрирования являются: невозможность осуществления измерения износа в процессе работы машины; необходимость, как правило, частичной разборки узла или его демонтажа; громоздкость приспособлений для непосредственных измерений; невозможность при отсутствии измерительной базы оценки износа, а в ряде случаев и формы изношенной поверхности.

Разновидностью микрометрического метода измерения износа является профилографирование. При этом могут использоваться два варианта этого метода.

Первый из них применяется, когда на детали или образце имеются изношенный и неизношенный участки. При снятии профилограммы этих двух участков по высоте «уступа» можно оценить износ, а также изменение шероховатости поверхности. Когда изнашиваются лишь выступы микронеровностей, применяют способ наложения профилограмм, снятых с одного и того же участка, до и после изнашивания. Для точного совмещения профилограмм на поверхности наносят контрольную риску. При этом можно судить не только о средней величине износа, но и о росте площади опорной поверхности. Точность измерения зависит от условий касания и погрешности повторной установки измерительного наконечника относительно исследуемой поверхности, а также погрешности совмещения профилограмм.

Метод искусственных баз заключается в том, что на поверхность детали наносят углубление строго определённой формы (в виде конуса, пирамиды и т.п.) и по уменьшению размеров углубления (отпечатка) судят об её износе. Метод искусственных баз может быть использован для измерения износа только тех деталей, на поверхности которых допускается нанесение углублений. Находят применение различные варианты рассматриваемого метода: метод отпечатков, метод вырезанных лунок и метод слепков.

При методе отпечатков для образования углубления на исследуемой поверхности используют алмазную четырёхгранную пирамиду с квадратным основанием и углом при вершине между противоположными гранями в  $136^\circ$  (такая пирамида применяется в приборах для определения твёрдости по методу Виккерса и микротвёрдости). После вдавливания пирамиды под нагрузкой измеряется диагональ отпечатка.

После изнашивания размер отпечатка  $d_0$  уменьшается до  $d_1$ , и по разности  $d_0 - d_1$  оценивают износ  $U = h_0 - h_1$ . Длину диагонали измеряют при помощи оптического измерительного устройства. Метод имеет ряд недостатков: при вдавливании пирамиды вокруг отпечатка происходит выпучивание материала, в результате чего искажается форма отпечатка; после снятия нагрузки происходит некоторое восстановление углубления, оно изменяет свою начальную форму. Если выпуклости можно удалить полированием, то упругого восстановления отпечатка устранить нельзя, что обуславливает погрешность измерения износа.

Этот метод неудобен также и тем, что размеры отпечатка малы и для нанесения его требуются большие усилия.

Метод вырезанных лунок заключается в том, что на исследуемой поверхности вращающимся резцом вырезается лунка, по уменьшению размеров которой при изнашивании определяют местный износ. Метод лунок имеет ряд существенных преимуществ перед методом отпечатков:

- 1) лунка образуется резанием, а не вдавливанием, поэтому явления вспучивания и упругого восстановления сведены к минимуму;
- 2) соотношения между длиной лунки и её глубиной таковы, что уменьшение длины лунки легко определить даже при незначительном износе;
- 3) усилия, необходимые для вырезания лунки, невелики, что позволяет создавать малогабаритные приборы для измерения износа плоских, цилиндрических, наружных и внутренних, а также фасонных поверхностей деталей в производственных и лабораторных условиях.

Если измерить износ непосредственно на детали трудно, используют метод негативных отпечатков (слепков). С поверхности детали в том месте, где нанесено углубление (обычно отпечаток или специальная риска), снимают слепок из самотвердеющей массы или оттиск на пластичном металле или пластмассе. Высоту от-

печатка измеряют обычными способами и сравнивают с размером, снятым при вторичном оттиске изношенной поверхности.

Основой способа поверхностной активации является измерение снижения радиоактивности при изнашивании поверхности детали, в которой на заданном участке создан радиоактивный слой глубиной 0,05...0,4 мм путём облучения участка поверхности или вставки в неё заряжённых частиц (дейтронов, протонов, альфа-частиц). Этот способ пригоден для определения износа поверхностей деталей при стендовых и эксплуатационных испытаниях без разборки и остановки машин. Он позволяет оценивать малые износы, сокращать продолжительность испытаний, исследовать динамику процесса изнашивания, организовывать автоматизированный и дистанционный контроль качества изделий.

#### **Список литературы**

1. Филина О.А., Пасечник С.В., Галиуллин Д.Р. Экспресс-контроль масла для снижения износов и предотвращения аварий моторов / В сборнике: В мире науки и инноваций / Сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях. 2016. С. 190-194.

## **ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗОЛЫ ТОРФЯНОГО ТОПЛИВА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

***Фоменко А.И.***

профессор, доктор технических наук, профессор,  
Вологодский государственный университет, Россия, г. Вологда

Исследования показали, что зола, образующаяся при сжигании топливного торфа в котельных установках, обладает достаточно высокой сорбционной способностью по отношению к ионам тяжелых металлов, в частности ионов марганца. Показана возможность ее практического применения в составе сорбционных композитов для извлечения ионов марганца из водных растворов. Изучены кинетические зависимости процесса сорбции.

*Ключевые слова:* сорбция, торф, ионы тяжелых металлов, кинетика процесса.

Торф является уникальным органоминеральным возобновляемым природным ресурсом для производства многих видов продукции. Используемый в качестве сорбента, вследствие своей многофункциональности торф способен очищать системы природных и техногенных сред от загрязняющих веществ различной природы. Во многих работах [3, 4] и др. торф рассматривается как исходный материал в производстве сорбентов для очистки производственных сточных и поверхностных вод, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Результаты исследований, представленные в работах [1, 2, 5-7], показывают возможность использования торфа для производства сорбентов для очистки воды от ионов цветных и тяжелых металлов. Однако основными потребителями торфа остаются сельское хозяйство и топливная энергетика. Общеизвестно, что торф является типичным местным топливом с низкой калорийностью и низкой насыпной объемной массой, с зольностью до 20% и более. Образующаяся при сжигании торфяного топлива зола большей частью не используется.

В данной работе проведены исследования сорбционных свойств золы торфяного топлива по отношению к ионам тяжелых металлов. Для оценки применимости

зола торфяного топлива в качестве сорбента и определения условий сорбции изучены кинетика процесса и сорбционные характеристики золы по отношению к ионам марганца с целью последующего ее использования для глубокой очистки водных растворов, в том числе природных вод хозяйственно-питьевого водоснабжения. Предлагаемый сорбент – комплексный продукт, включающий золу, алюмосиликатные и карбонатные породы. Минеральную основу сорбентов в качестве матрицы представляют глинистые породы (алюмосиликаты), преимущественно содержащие минералы монтмориллонитовой группы. В эксперименте использована глина месторождения «Волкуша» Вологодской области. Природный доломит (осадочная карбонатная горная порода) в составе композита использован как материал, обладающий способностью корректировать pH очищаемой воды.

При исследовании сорбент готовили в виде гранул размером 0,5-1,0 мм из шихты, полученной путем гомогенизации усредненной пробы вещественного состава глина:зола:доломит, взятых в соотношении 2:1:0,2. Для изготовления сырьевых гранул готовили тесто нормальной формовочной влажности. Изготовленные сырьевые гранулы высушивали в сушильном шкафу при температуре  $(105 \pm 2)$  °C в течение 2,5 – 3 часов. Высушенные гранулы подвергали термообработке в температурном режиме при 900 оС в течение от 7 до 12 мин в зависимости от состава сырьевой шихты, затем охлаждали при комнатной температуре. Обжиг гранул в условиях лабораторного эксперимента проводили в муфельной печи SNOL6,7/1300. Гранулы приобретали необходимые характеристики: гидрофобность, устойчивость к механическим нагрузкам, стабильность во времени, отсутствие слеживаемости.

Сорбционные свойства материала изучали в статическом режиме при 25 оС из модельных водных растворов сульфата марганца  $MnSO_4$ . Аналитический контроль состава очищаемых водных растворов по содержанию ионов марганца проводили с использованием фотометрического метода анализа на фотометре КФК – 2МП по утвержденной стандартной методике. Измерение оптических плотностей растворов проводили при длине волны  $\lambda=540$  нм с использованием кюветы с толщиной поглощающего свет слоя 50 мм. Пределы допускаемой погрешности при измерении  $\pm 5\%$ . Все реактивы использовали марки х.ч.

Кинетику сорбции определяли при соотношении твердой и жидкой фаз 1:100 с начальной концентрацией ионов марганца в растворе 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Время контакта раствора с сорбентом выдерживали в течение от 10 до 180 мин, отбирая с интервалом 10 мин пробы очищаемого раствора для анализа, определяли в них остаточную в данный момент времени  $\tau$  концентрацию ионов марганца. По разности концентраций начальной и остаточной в данный момент времени  $\tau$  рассчитывали степень извлечения ионов марганца.

Эффективность сорбционного поглощения ионов марганца вычисляли с использованием экспериментальных данных по формуле

$$\alpha = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \cdot 100\%$$

где  $D_1$  – оптическая плотность рабочего раствора сульфата марганца  $MnSO_4$ ;  $D_2$  – оптическая плотность раствора сульфата марганца  $MnSO_4$  после обработки сорбентом.

За результат анализа принимали среднеарифметическое двух параллельных определений, абсолютное расхождение между которыми не превышало допустимого расхождения, равного 3 %.

Интерпретацию полученных экспериментальных данных проводили построением графической зависимости изменения оптической плотности раствора в каждый данный момент времени  $D\tau$  от времени контакта раствора с сорбентом  $\tau$  в координатах  $D\tau = f(\tau)$  (рисунок).

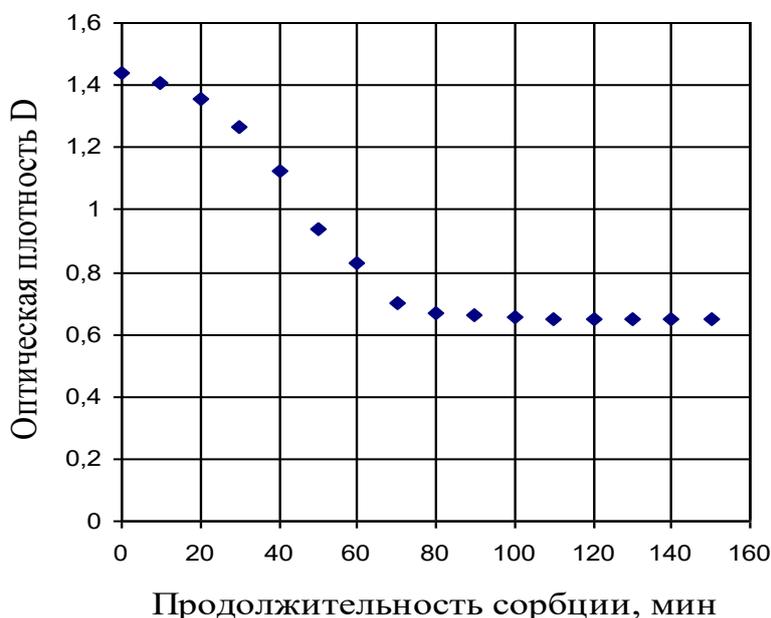


Рис. Кинетическая кривая сорбции ионов марганца из раствора сорбентом на основе золы от сжигания торфа

Сорбционную емкость сорбента, изготовленного на основе исследованных образцов золы, по отношению к ионам марганца в условиях установившегося равновесия определяли по формуле

$$A_{ст.усл} = \frac{C_{исх} - C_{равн}}{m_{сорбента}} \cdot V,$$

где  $C_{исх}$ ,  $C_{равн}$  – исходная и равновесная (остаточная) концентрации определяемого катиона в растворе, мг/дм<sup>3</sup>;  $V$  – объем исследуемого раствора, дм<sup>3</sup>;  $m_{сорбента}$  – навеска сорбента, г;  $A_{ст.усл}$  – сорбционная емкость сорбента в статических условиях, мг/г.

По данным выполненных расчетов, в условиях установившегося равновесия сорбционная емкость изготовленного в условиях эксперимента сорбента составила 0,57 мг/г (31,31 ммоль/г).

Полученные данные свидетельствуют о хороших сорбционных свойствах сорбента и позволяют сделать вывод о возможности использования золы торфяного топлива для очистки водных растворов от ионов марганца.

*Результаты исследования получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (Задание № 11.9503.2017/8.9).*

#### Список литературы

1. Гаврилов С.В. Адсорбционные свойства торфа и продуктов его переработки / С.В. Гаврилов, З.А. Канарская // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 2. – С. 422-427.
2. Дремичева Е.С. Изучение кинетики сорбции ионов меди и железа (III) из сточных вод торфом // Вода: химия и экология. – 2017. – № 1. – С. 61-66.

3. Зозуля В.Л. Поглощительная способность торфяников Верхневолжского района // Водные ресурсы / РАН. – 2006. – № 3. – С. 357-362.
4. Корнилина Н.Р. Новейшие разработки в производстве сорбента из верхового сфагнового торфа // Экология производства. – 2015. – № 11. – С. 69-71.
5. Кремчеев Э.А. Очистка поверхностных стоков фильтрами на торфяной основе / Э.А. Кремчеев, А.В. Иванов // Вода и экология: проблемы и решения. – 2016. – № 2. – С. 48-57.
6. Лаптедутьче Н.К. Сравнительная оценка эффективности сорбционной очистки сточных вод от тяжелых металлов // Вода: химия и экология. – 2014. – № 12. – С. 81-87.
7. Математические модели сорбции ионов меди и кобальта верховым торфом / А.В. Жуйкова, Н.П. Горленко, Е.Б. Чернов, Л.Б. Наумова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 3. – С. 236-242.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Худякова Д.Д.*

магистрант кафедры «Водоснабжение и водоотведение»,  
Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет, Россия, г. Москва

*Говоров В.О., Пещеркина С.Ю., Назаров Д.Я.*

студенты кафедры «Водоснабжение и водоотведение»,  
Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет, Россия, г. Москва

Статья посвящена вопросам технического и технологического аудита водопроводных очистных сооружений. Приведены цель, задачи, структура и основные этапы проведения аудита, позволяющего выявить сильные и слабые стороны работы ВОС. По результатам аудита разрабатывается перечень мероприятий и предложений по технологическому развитию и совершенствованию ВОС с целью эффективного доведения воды до питьевого качества при одновременном снижении денежных затрат.

*Ключевые слова:* технологический аудит, технический аудит, водопроводные очистные сооружения.

В условиях ухудшения качества воды поверхностных и подземных водных источников, усиления влияния на них антропогенной нагрузки, ужесточения нормативных требований к очищенной воде, морального и технического износа водочистного и насосного оборудования, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, отсутствия зачастую на станциях, построенных в 70-90-х годах прошлого столетия, приборов учета и КИПиА разработка мероприятий по повышению эффективности очистки воды, концепции и возможности модернизации, технического перевооружения или реконструкции водопроводных сооружений, а также обоснования инвестиций является актуальной проблемой для предприятий ВКХ [1, с. 138].

Основой для разработки таких мероприятий являются результаты *технического и технологического аудита*, которые необходимы при обосновании закупок нового оборудования и более эффективного использования имеющихся средств

производства в условиях постоянного сокращения финансирования – как государственного, так и частного – промышленного сектора [2].

*Технический аудит* предусматривает комплексную проверку договорной, проектно-сметной и технической документации и включает следующие основные этапы:

- экспертизу эксплуатационной и технической документации водопроводных очистных сооружений (ВОС);
- проверку документации на предмет ее соответствия требованиям российского законодательства, нормам, стандартам, инструкциям и правилам в области промышленной, экологической и пожарной безопасности;
- анализ состояния объектов водоочистных станций, в том числе основанный на результатах технических испытаний, проведенных на месте;
- проверку состояния приборов учета;
- оценку энергозатрат в целом по комплексу ВОС.

Результатом технического аудита является технический отчет, содержащий информацию по фактическому состоянию водопроводных очистных сооружений и зданий [3], степени износа оборудования, трубопроводов, арматуры и др., балансовой схеме водопотребления и водоотведения, и рекомендации на устранение выявленных проблем, а также перечень мероприятий, направленных на модернизацию ВОС с учетом развития предприятия и в перспективе увеличения производственных мощностей при одновременной минимизации денежных затрат.

*Технологический аудит* в общем смысле является способом проверки технологического состояния предприятия с помощью критериев, дающих возможность выявления их сильных и слабых сторон, что ведет к формированию стратегии, направленной на повышение эффективности работы водопроводных очистных сооружений в современных условиях, достижение соответствия качества очистки природной воды действующим нормативам при снижении затрат.

Структура технологического аудита в общем виде представляет собой: сбор информации – анализ – синтез (разработка рекомендаций) – составление отчета.

В зависимости от производительности ВОС, объема накопленных эксплуатационных данных и данных по качеству исходной и очищенной воды в сопоставлении с фактическими параметрами ведения процесса технологический аудит может проводиться с разным уровнем детализации [4, с. 7]. В качестве примера на рисунке приведена блок-схема проведения технологического аудита.

В ходе проведения технологического аудита, который применительно к ВОС направлен на оценку используемых технологий и их эффективности, оценку качества предоставляемых услуг и возможностей его повышения и рисков возникновения технологических нарушений:

- выполняется детальный анализ качества природной воды за период наблюдений не менее 10 лет по основным загрязняющим природным и антропогенным компонентам в характерные периоды года, учитывая сезонные колебания;
- выявляются корреляционные связи между отдельными показателями;
- оценивается эффективность работы существующих ВОС в целом и отдельных блоков, технологических линий по следующим критериям: производительности (фактической и проектной), показателям качества природной и очищенной воды, в том числе по ступеням очистки, параметрам работы основных сооружений и вспомогательных блоков (реагентное хозяйство, сооружения по обработке

промывных вод и водопроводных осадков), соответствию реализованной технологии процесса необходимым требованиям.

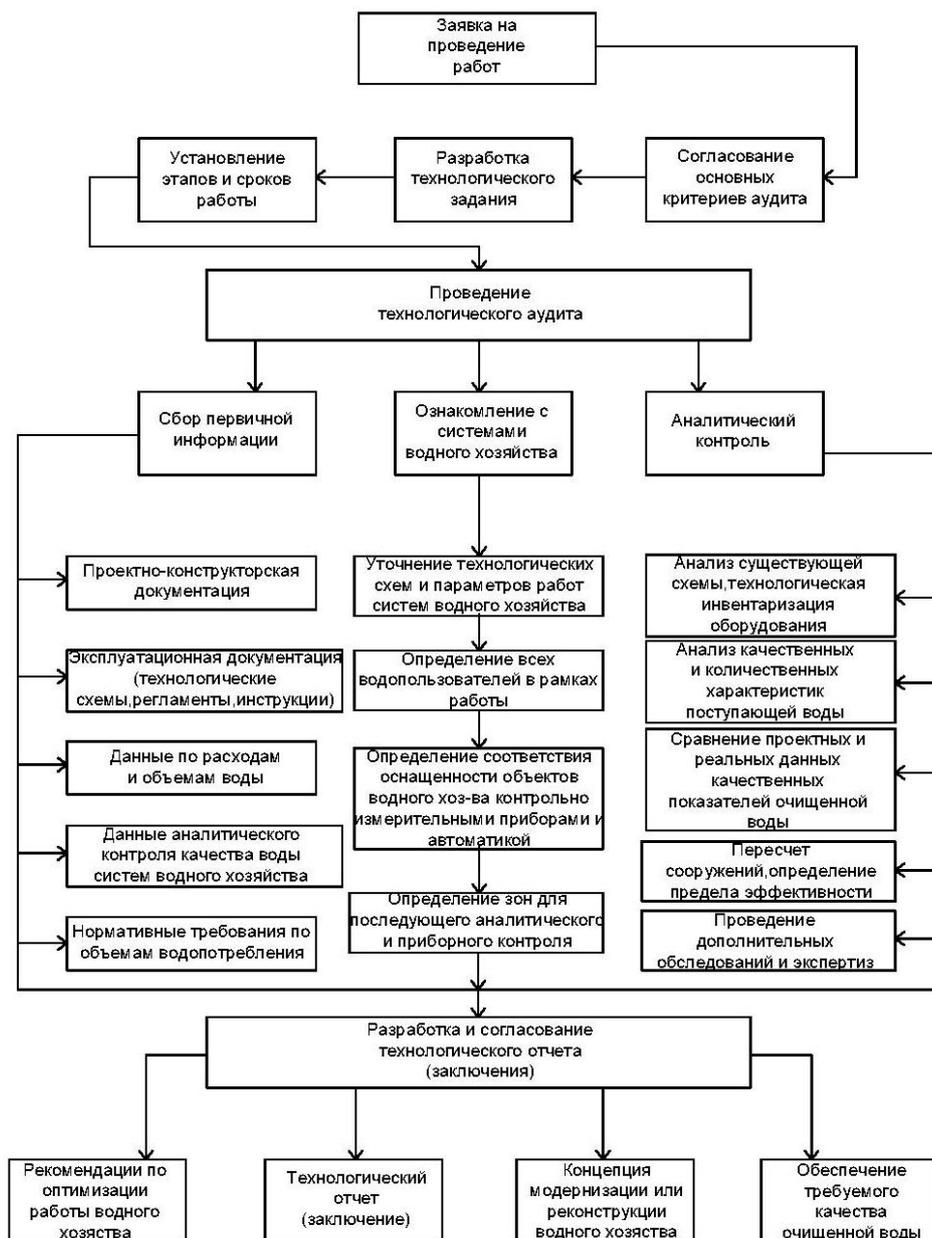


Рис. Блок-схема технологического аудита

Технологический аудит позволяет не только выявить проблемы, но и определить причины несоответствия параметров, заложенных в проект и фактических данных, разработать мероприятия и рекомендации по достижению требуемой эффективности работы действующих сооружений и выполнить их технико-экономическую оценку, а на следующем этапе – отладить работу сооружений и стабильно достигать качества очищенной воды на уровне требуемых значений.

### Список литературы

1. Говорова Ж.М., Журба М.Г. Обоснование водоочистных технологий и их инвестирования. Научное издание. М., 2012. 176 с.

2. Боровлев А. Технологический аудит как первый этап технического перевооружения предприятий на базе проектных решений // Умное производство. URL: [http://www.umpro.ru/index.php?page\\_id=17&art\\_id\\_1=602&group\\_id\\_4=85](http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=602&group_id_4=85) (дата обращения: 30.10.2017).

3. Эпов А.Н., Данилович Д.А. Техническое обследование систем водоснабжения и водоотведения как инструмент повышения эффективности эксплуатации и развития // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения, 2016. № 5. С. 26-36.

4. Пильнов Г., Тарасова О., Янковский А. Как проводить технологический аудит // Серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий». Проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий». ЕС 2006. 96 с.

Подписано в печать 09.11.2017. Гарнитура Times New Roman.  
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 9,18. Тираж 500 экз. Заказ № 278  
ООО «ЭПИЦЕНТР»

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 1  
ООО «АПНИ», 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а