

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

международный научный журнал

The Evolution  
of Culture

THE SCIENCE  
OF CULTURE

Modern Capitalist Culture



The Concept of Cultural Systems  
A Key to Understanding Tribes and Nations

14  
2016  
Часть II

16+

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 14 (118) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам

Авдюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

На обложке изображен Лесли Алвин Уайт (1900–1975) — американский антрополог, этнолог и культуролог.

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

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

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

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

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

#### **Международный редакционный совет:**

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

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

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

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, *кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)*

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

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

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

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Узаков Гулом Норбоевич, *доктор технических наук, доцент (Узбекистан)*

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

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

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

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Галина Анатольевна

**Ответственные редакторы:** Осянина Екатерина Игоревна, Вейса Людмила Николаевна

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович, Майер Ольга Вячеславовна

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

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

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.08.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### **Александров Д. Р.**

Использование энергии тела человека для обеспечения функционирования имплантируемых медицинских приборов ..... 107

#### **Астапова Ю. О., Шульга К. С., Астапов А. Е.**

Анализ влияния управляемых шунтирующих реакторов на потери в северных электрических сетях ПАО «МРСК Сибири» — «Омскэнерго»... 112

#### **Бабаев Г. Г., Матякубова П. М.,**

#### **Насимханов Л. Н.**

Изучение инфракрасного метода сушки зерна и зернистых материалов ..... 116

#### **Белоблоцкая А. А., Поздова А. К., Титов М. И.**

Разработка предложений по решению ключевых проблем создания высокоскоростных бортовых радиолиний..... 118

#### **Белоблоцкая А. А., Титов М. И.**

Разработка формирователя сигнала высокоскоростной радиолинии передачи информации «Космос-Земля» ..... 121

#### **Блиялкин П. А., Смоленков А. В.**

Выявление электронных устройств перехвата акустической речевой информации, построенных на базе средств беспроводной связи ..... 124

#### **Васенин А. С., Шумков А. Г.**

Двигатель КамАЗ 820.61–260: особенности системы питания и типовые неисправности ... 128

#### **Васенин А. С., Шумков А. Г.**

Анализ метода измерения температуры электролита аккумуляторной батареи через ее клемму ..... 131

#### **Гритчин Р. Д., Иванков Д. И.**

Способы реализации систем передачи данных при оперативно-дистанционном контроле трубопроводов в пенополиуретановой изоляции ..... 134

#### **Джураев Р. У., Хайдарова М. Э.**

Особенности бурения геологоразведочных скважин и влияние температурного режима на эффективность бурения с продувкой воздухом..... 137

#### **Ерёмина М. О.**

Вибрационная обработка сварных конструкций..... 139

#### **Зингер М. А., Клементьева К. В., Захаров И. В.**

Ветроэнергетические установки с использованием высокотемпературной сверхпроводимости..... 142

#### **Ильясов Э. С.**

Вычисление расстояния до наблюдаемого объекта по изображениям со стереопары ..... 146

#### **Ковалев В. В., Селецкая О. Ю., Покаместов Д. А.**

Формирование и обработка OFDM сигналов ... 151

#### **Маршан М. В., Оглуздина К. А.**

Способы обеспечения продольной устойчивости самолетов типа «летающее крыло»..... 154

#### **Матлашевская В. В.**

Интеллектуальные сети: Apple music как гуру музыкальных предпочтений..... 156

#### **Поезжаева Е. В., Попова А. М.,**

#### **Черемискина О. А.**

Робот: проводник-интроскоп..... 160

#### **Пономарева О. С., Махоткина Е. С.**

Диверсификация производства: использование отходов производства вторичного алюминия в доменной печи при выплавке глиноземистых шлаков ..... 163

#### **Салимов О. К.**

Определение расчетной производительности насосной станции ..... 166

#### **Сурков В. О.**

Повышение достоверности навигационных измерений в навигационных системах подвижных наземных объектов..... 168

#### **Сурков В. О.**

Анализ точностных характеристик систем навигации подвижных наземных объектов и их сравнение с требуемыми характеристиками в зависимости от решаемой задачи ..... 170

#### **Сурков В. О.**

Методы диагностирования, используемые в навигационных системах подвижных объектов..... 173

<b>Тараканова М. А.</b> Информационно-аналитическая система мониторинга и анализа взаимосвязей обеспеченности трудовыми ресурсами и здоровья населения.....	176	<b>Хайдарова М. Э.</b> Обоснование схемы вскрытия и эксплуатации урановых месторождений методом подземного выщелачивания .....	192
<b>Тюрин С. В., Бойко Г. В., Федотов В. Н., Гавриченко А. С.</b> Режимы стендовых испытаний для экспресс оценки долговечности тормозных накладок микроавтобусов семейства ГАЗ .....	178	<b>Хамзаев А. А., Хайдарова М. Э.</b> Разработка наиболее эффективной схемы управления привода вращателя бурового станка СБШ-250 МН-32, в условиях карьера «Мурунтау» .....	195
<b>Файфер Л. А.</b> Анализ нестационарных сигналов с помощью вейвлет-преобразования .....	182	<b>Чашин Д. В.</b> Моделирование процесса виброформования вертикального типа .....	199
<b>Файфер Л. А.</b> Применение вейвлет-преобразования для идентификации высокочастотных составляющих .....	186	<b>Шубина М. В., Махоткина Е. С.</b> Переработка ванадийсодержащих шлаков по содовой технологии .....	201
<b>Хайдарова М. Э.</b> Исследование сорбционных свойств ионита на основе активированного угля .....	189	<b>Эшкабилов Х. К., Бердиев Ш. А.</b> Изменение структуры и состава нитридного слоя при окислении парами воды .....	204



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Использование энергии тела человека для обеспечения функционирования имплантируемых медицинских приборов

Александров Дмитрий Рудольфович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

*Имплантируемым медицинским устройствам для работы требуются батареи, использование которых создаёт сложности в эксплуатации имплантатов. При выработке энергетических ресурсов батареи, имплантируемые медицинские устройства в своем большинстве должны быть заменены хирургическим путем. Таким образом, срок службы имплантируемого медицинского устройства в целом определяется емкостью батареи. Чтобы избежать данного ограничения, изучаются методы аккумулирования энергии человеческого тела и разрабатываются безбатарейные имплантируемые медицинские устройства.*

*Тело человека является источником энергии, которая может быть преобразована из тепла тела, дыхания, движения рук, ног или других частей тела во время повседневной деятельности. В частности, человеческое тело является источником кинетической и тепловой энергии. Кинетическая энергия преобразуется в электричество с помощью электромагнитных, электростатических и пьезоэлектрических генераторов.*

*Преобразователи энергии тела человека также различаются размерами, массой и вырабатываемой мощностью, в соответствии с данными параметрами они могут взаимодействовать с конкретными имплантируемыми медицинскими приборами. Зачастую объем, занимаемый преобразователем, не должен превышать 1 см<sup>3</sup>.*

*Доступная для преобразования энергия зависит от положения генератора в теле человека. В частности, наиболее подходящими местами расположения пьезоэлектрических преобразователей являются тазобедренный, коленный и голеностопный суставы, где они генерируют мощность до 7,2 мВт. Этой мощности достаточно для энергообеспечения самых распространенных имплантируемых медицинских приборов.*

**Ключевые слова:** *аккумулирование энергии, имплантируемые биомедицинские устройства, кинетическая энергия, безбатарейные устройства, электромагнитные генераторы, электростатические генераторы, пьезоэлектрические генераторы, термоэлектрические генераторы*

В двадцать первом веке произошел невероятный прогресс в различных областях науки и техники, что оказало немалое влияние и на развитие медицины. С достижениями в электронике и нанотехнологиях появляются новые модели и разновидности имплантируемых приборов.

Имплантат представляет собой медицинский прибор, созданный для замены отсутствующей биологической структуры или поддержания функциональности поврежденной биологической структуры. Поверхность имплантатов, которые контактируют с биологическими тканями человека, может быть изготовлена из биомедицинского материала, такого как титан, силикон, или апатит [1].

Подходы к энергообеспечению имплантируемых медицинских устройств делятся на две основные группы:

1. имплантируемые медицинские устройства, которые работают независимо от внешнего источника питания,

с- или без одноразовой батареи, работающие продолжительное время;

2. имплантируемые медицинские устройств, работающие от батареи либо без неё, но получающие при этом мощность от внешнего блока питания. На рисунке 1 представлены эти две группы.

Вместо того, чтобы эксплуатировать потенциальные источники в теле человека, энергия может подаваться в имплантируемых медицинских устройствах со внешнего блока питания, либо подзаряжать время от времени аккумулятор, либо непрерывно обеспечивать энергией безбатарейный имплантат. Это может быть сделано оптическим, ультразвуковым или электромагнитным методами. Метод оптической зарядки состоит из фотоэлемента в имплантируемых медицинских устройствах, который получает энергию от лазерного диода, как правило, работающего в ближайшей к инфракрасной или в инфракрасной

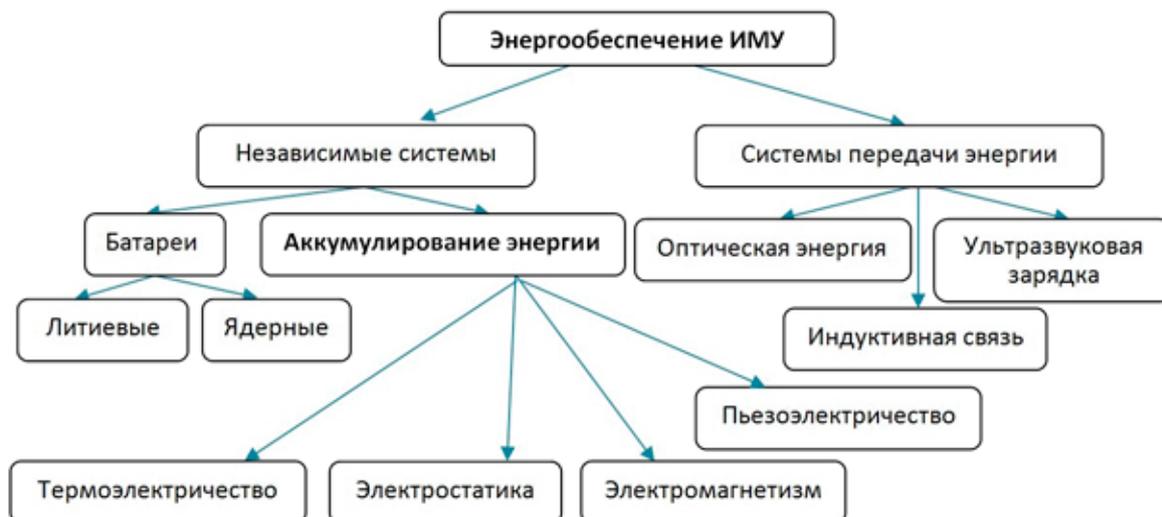


Рис. 1. Классификация методов энергообеспечения имплантируемых медицинских устройств

области спектра. Ультразвуковые устройства привлекают все больший интерес в последние годы из-за их сравнительной эффективности, компактности и устойчивости к электромагнитному излучению. Тем не менее, индуктивная передача энергии через ткани тела в настоящее время является единственным жизнеспособным решением для обеспечения достаточной мощности для различных видов имплантируемых медицинских устройств с миниатюрными размерами. В основе данного метода лежит пара катушек, с помощью которых мощность может быть передана посредством взаимной индуктивной связи.

Разработка и модернизация имплантируемых устройств для непрерывного контроля и мониторинга состояния организма является одним из основных направлений развития современной медицинской электроники. Основным источником электрической энергии для имплантируемых устройств в настоящее время являются литиевые батареи. Несмотря на достаточно хорошие операционные характеристики, элементы питания во многих случаях являются самой большой (обычно более 50% занимает батарея) и тяжелой частью беспроводных имплантируемых устройств, функционирующих внутри тела человека. Кроме того, срок работы современных литиевых батарей ограничен пятью годами, после чего источник энергии должен быть заменен при помощи опасных и дорогостоящих хирургических процедур.

С каждым годом разрабатываются имплантируемые устройства меньших размеров, способные функционировать при более низкой мощности. Это даёт почву для применения альтернативных методов энергообеспечения медицинских имплантатов, таких как методы преобразования энергии тела человека в электричество. Одним из основных недостатков энергообеспечения имплантатов с помощью энергии человека является малая получаемая мощность, до 100 мкВт. Однако данный недостаток успешно компенсируется значительными преимуществами методов использования энергии тела человека от-

носительно методов, которые используются на данный момент.

Деятельность человека является источником кинетической и тепловой энергии. В зависимости от вида деятельности и подвижности человека, предоставляется возможным аккумулировать определённое количество электрической энергии. Используя энергию спящего человека, можно собрать 81 мВт мощности, а человека во время движения — 1630 мВт [2]. Организм человека может поддерживать температуру тела даже при изменении температуры окружающего воздуха. Именно это свойство поддерживает обменные процессы, необходимые для производства энергии, даже если окружающая температура очень низкая.

Кинетическая энергия является легкодоступным источником энергии, как для имплантируемых устройств, так и для приборов, расположенных вне тела человека. Преобразовать кинетическую энергию тела человека в электрическую можно с помощью пьезоэлектрического, электромагнитного или электростатического генератора [3].

Прямой пьезоэлектрический эффект предусматривает, что электрический заряд генерируется, когда пьезогенератор подвергается механической нагрузке: сжатию, растяжению или вибрации [4]. Эквивалентная схема пьезоэлектрического преобразования изображена на рисунке 2.

В области энергообеспечения медицинских имплантатов может быть использован квадратный пьезоэлемент PZT-5A для получения максимальной мощности 2,3 мВт от колебаний артериального давления [5]. Также для этой цели могут быть использованы круглые и квадратные пластины из поливинилиденфторида [6]. Керамические пьезоэлементы, встроенные в ортопедические имплантаты, способны вырабатывать мощность 4,8 мВт [7].

Разработан наногенератор, который преобразует механическую энергию сокращения мышц тела человека в электричество. В его устройство входят нанопроволоки из оксида цинка — материала, который является пьезоэ-

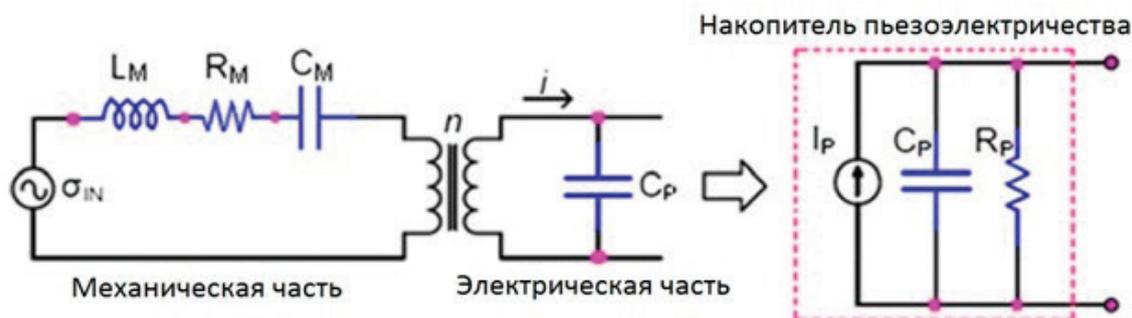


Рис. 2. Эквивалентная схема пьезоэлектрического преобразователя

лектриком и полупроводником. Электричество генерируется, когда нанопроволоки наклоняются и возвращаются в исходное положение. Нанопроволоки из оксида цинка могут быть согнуты на угол до 50° без повреждения. Оксид цинка нетоксичен в отличие от компонентов батареи, что делает его идеальным для использования внутри человеческого тела. Также в качестве источника энергии можно использовать пульсацию вен. С её помощью, можно обеспечивать энергией датчики, предназначенные для мониторинга жизненно важных функций, таких как сердцебиение и кровяное давление [8]. Основной проблемой аккумулирования энергии с помощью пьезоэлементов является большой размер пластин.

Электростатические генераторы аккумулируют энергию с помощью электростатической индукции. Эти устройства преобразуют механическую вибрацию в электрическую энергию путем перемещения преобразователя против электрического поля.

Кинетические генераторы, основанные на электростатических преобразователях, используют переменные конденсаторы. Положение пластин может быть изменено под действием внешней силы. При постоянном заряде внешняя сила изменяет напряжение на конденсаторе. При фиксированном напряжении, движение пластины генерирует ток через конденсатор. На рисунке 3 приведен структура устройства электростатического преобразователя. Резонансная структура вибрации расширяется и сжимает переменный конденсатор, что соответствует малой и большой ёмкости.

Разработан электростатический генератор мощностью 58 мкВт, который собирает энергию ударов сердца конденсатором с переменной емкостью в диапазоне от 32 до 200 нФ [9].

Для применения в медицинских имплантируемых приборах возможно использование нерезонансных микроэлектромеханических систем электростатического генератора, которые преобразуют один сердечный удар в 80 мкВт мощности. Этот генератор работает в широком диапазоне частот колебаний при постоянном заряде. Также существует пьезоэлектрический генератор из цирконата-титаната свинца, который способен генерировать 40 мкВт мощности [10]. Безкорпусный генератор из нитрида алюминия способен вырабатывать мощность величиной 60 мкВт [11].

Механические генераторы, которые производят электромагнитную энергию, делятся на два типа. Первый тип использует относительное движение, где генерирующая система закреплена на подвижной части, а второй тип использует движение неизменяемого тела дисбалансом масс. Рисунок 4 показывает типичное устройство этих генераторов. По результатам исследования второй тип более восприимчив к вибрационным движениям, чем к постоянным, поскольку он использует инерцию, то есть сопротивление движению [12].

Электромагнитные преобразователи могут вызвать изменения магнитного потока при вращении цепи вдоль оси, тем самым меняя поверхность потока. Ранее этот метод использовали, чтобы обеспечивать энергией кварцевые наручные часы [13].

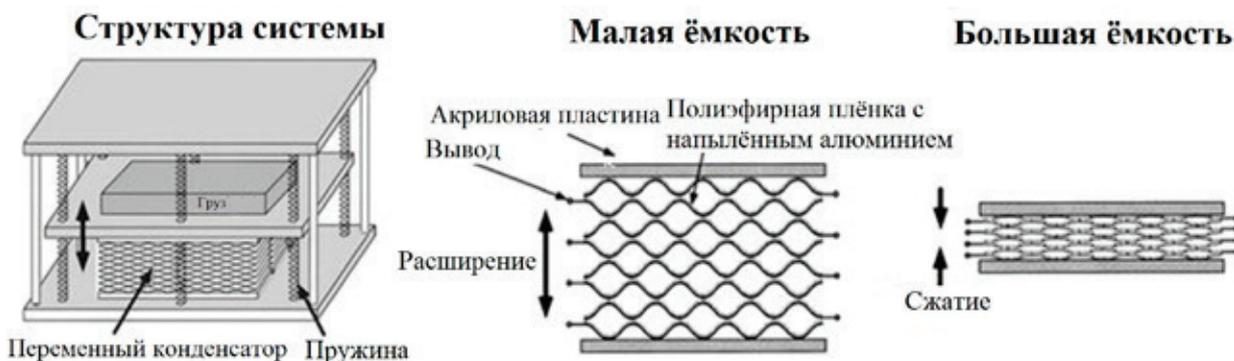


Рис. 3. Структура электростатического генератора энергии

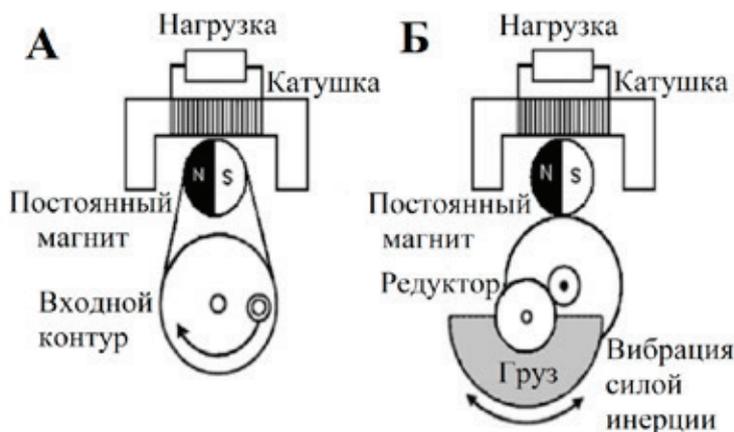


Рис. 4. Типы электромагнитных генераторов: А — с относительным движением; Б — с тяжелым телом

Возможна реализация электромагнитного генератора с управляемым напряжением резистором, который преобразует энергию, вырабатываемую при ходьбе в 400 мкВт мощности [14].

В 2009 году был изобретен генератор осевого потока, который преобразует энергию с помощью электромагнитной плоской катушки, изображенной на рисунке 5. Этот генератор включает зубчатообразную плоскую катушку и эксцентричное кольцо. Устройство фиксируется на лодыжке и аккумулирует 3,9 мкВт мощности, которой может быть достаточно для энергообеспечения маломощных биомедицинских устройств [15].

Также возможно генерировать энергию с помощью системы состоящей из микрогенератора с редуктором, магнита и катушки с двумя фазами возбуждения, которая устанавливается вне организма человека. При возбуждении катушки, вращающееся магнитное поле воздействует на магнит, имплантируемый в организм человека, и таким образом получается микрогенератор энергии. Скорость вращения микрогенератора примерно в 100 раз выше, чем скорость вращения магнита, поскольку система передачи установлена между ними. Таким образом, вырабатывается количество энергии, достаточное для энергообеспечения кардиостимулятора [16].

Аккумулирование тепловой энергии даёт возможность получить небольшое количество энергии из-за разницы температур (эффект Зеебека), которой может быть достаточно для питания медицинских имплантатов, таких как имплантированных нервных и мышечных стимуляторов, кохлеарных имплантатов и беспроводных устройств мониторинга состояния здоровья пациента.

Термоэлектрический генератор состоит из множества термопар, соединенных последовательно с высокой термостойкостью, как показано на рисунке 6. Эта структура идеально подходит для аккумулирования энергии тела человека, однако эффективность Карно (1) ограничивает процент извлекаемой энергии ( $\eta_c$ ).

$$\eta_c = \frac{T_r - T_x}{T_r} \tag{1}$$

Например,  $\eta_c = 1,6\%$  при комнатной температуре. Когда градиент температуры (разность горячей и холодной области  $T_r - T_x$  термоэлектрического генератора) равен 5 К, лучшие термоэлектрические материалы достижения имеют максимальные значения эффективности Карно до 17% [17].

Диапазон мощности термоэлектрических преобразователей низок и, как правило, не превышает несколько

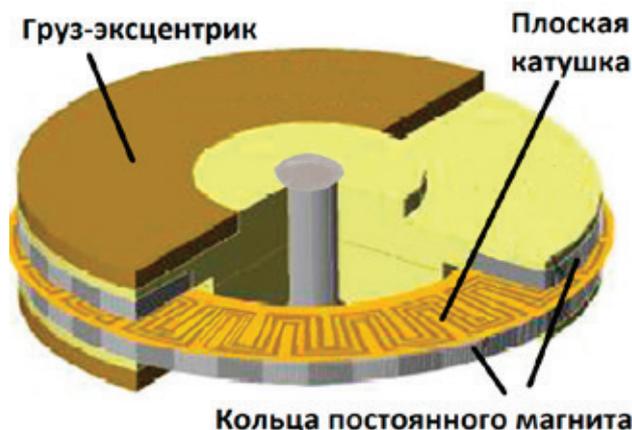


Рис. 5. Объемное изображение генератора осевого тока

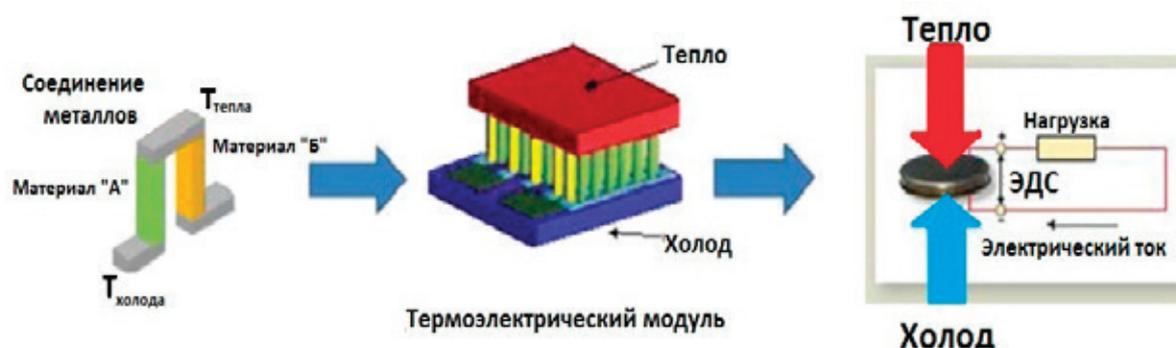


Рис. 6. Термоэлектрическая батарея, термопара и эквивалентная схема

сотен микроватт. К примеру, был изобретён термоэлектрический преобразователь мощностью 1,5 мкВт и площадью 0,19 см<sup>2</sup> при тепловом градиенте, равном 5 К [18]. Также было создано коммерчески доступное устройство, которое может производить до 30 мкВт мощности (ток 10 А с падением напряжения 3 В) с разностью температур, равной 5 К [19]. Это устройство имеет объем 95 мм<sup>3</sup> и вес 0,23 г. Небольшое количество получаемой энергии является основной проблемой данного метода.

В имплантируемых устройствах самые важные и неотъемлемые параметры — комфорт и безопасность пациентов. Каждый из описанных методов энергообеспечения медицинских имплантатов имеет свои недостатки, которые ограничивают их применение, но если доработать эти методы таким образом, чтобы они генерировали энергию более эффективно, то они смогут использоваться даже для обеспечения функционирования имплантируемых медицинских устройств, которые более требовательны к количеству получаемой мощности.

Пьезоэлектрические модули сложно интегрировать с микросистемами, однако они могут подавать достаточно высокое напряжение, не имеют механического ограничителя и обеспечивают наибольшую интенсивность энергии. Генераторы, работающие на основе электростатической индукции, напротив, легко интегрируются с электроникой и микросистемами, но им необходимы отдельный источник напряжения и механический ограничитель. Низкое выходное напряжение генераторов электростатической индукции накладывает большие ограничения на их использование для обеспечения энергией медицинских имплантатов. Генераторы на основе магнитной ин-

дукции не нуждаются в механическом ограничителе, однако их трудно интегрировать с микросистемами, и они аккумулируют энергию только во время ходьбы человека. Термоэлектрические генераторы аккумулируют малую мощность, что является их основным недостатком, а также термопары должны быть расположены располагаться в непосредственной близости к потребляющему энергию устройству. При разрешении проблемы недостаточной мощности, термогенераторы могут стать заменой батареям в медицинских имплантатах.

На данный момент медицинские имплантаты с малой потребляемой мощностью находятся в стадии активной разработки, в то время как некоторые термоэлектрические генераторы уже достаточно давно существуют в свободной продаже. В России были проведены несколько экспериментальных исследований для оценки целесообразности использования термоэлектрических генераторов, используемых для питания имплантируемых медицинских приборов, по результатам которых выявлено, что термогенераторы аккумулируют недостаточное количество энергии [22]. Однако, физиологические характеристики, такие как рост, вес, содержание жира в организме могут увеличить температурный градиент в подкожных слоях тела.

Существующие методы энергообеспечения медицинских имплантатов имеют множество недостатков, которые зачастую ограничивают их применение, но если правильно использовать энергию тела человека для обеспечения их функционирования, то имплантируемые медицинские будут иметь меньше противопоказаний, не будут вызывать дискомфорт у пациента, а также уменьшатся их вес и объем.

#### Литература:

1. Wong, J. Y., Bronzino J. D., Peterson, D. R. Biomaterials: Principles and Practices // Boca Raton. — FL CRC Press. — 2012.
2. Paulo, J., Gaspar P. D. Review and future trend of energy harvesting methods for portable medical devices // In proceedings of the world congress on engineering. — 2010.
3. Jaeseok, Y., Shwetak N., Patel M., Reynolds S., Gregory A. D. Design and performance of an optimal inertial power harvester for human-powered devices // Institute of electrical and electronics engineers Trans mobile comput. — 2011. — Vol. 10. — P. 669–683.
4. Casimiro, F., Gaspar, P. D., Gonçalves aplicação do princípio piezoelétrico no desenvolvimento de pavimentos para aproveitamento energético // In III Conferência nacional em mecânica de fluidos termodinâmica e energia. — 2009. — P. 19–23.

5. Ramsay, M. J., Clark W. W. Piezoelectric energy harvesting for biomicroelectromechanical systems applications // In proceeding of the smart structures and materials. — Newport beach. — 2001. — P. 429–438.
6. Sohn, J. W., Choi S. B., Lee D. Y. An investigation on piezoelectric energy harvesting for microelectromechanical systems power sources // Journal of mechanical engineering and sciences. — 2005. — P. 429–436.
7. Platt, S. R., Farritor S., Garvin K., Haider H. The use of piezoelectric ceramics for electric power generation within orthopedic implants // Institute of electrical and electronics engineers american society of mechanical engineers trans mechatron. — 2005. — Vol. 4. — P. 455–461.
8. Sohn, J. W., Choi S. B., Lee D. Y. An investigation on piezoelectric energy harvesting for microelectromechanical systems power sources // Journal of mechanical engineering and sciences. — 2005. — P. 429–436.
9. Tashiro, R. N., Kabei K., Katayama Y., Ishizuka F., Tsuboi K., Tsuchiya B. Development of an electrostatic generator that harnesses the motion of a living body // International journal of the japan society for mechanical engineering. — 2000. — Vol. 43. — P. 916–922.
10. Miao, P., Mitcheson P., Holmes A., Yeatman E., Green T., Stark B. Microelectromechanical systems inertial power generators for biomedical applications // Microsyst technol. — 2006. — Vol 12. — P.1079–1083.
11. Elfrink, R., Kamel T. M., Goedbloed M., Matova S., Hohlfield D., Andel V. Y., Schaijk V. R. Vibration energy harvesting with aluminum nitride-based piezoelectric devices // Journal of micromechanics and microengineering. — 2009.
12. Hosaka, H. Personal electric power generation technology for portable information equipamention // Micro Mechatronics. — 2003. — Vol. 3. — P. 38–46.
13. Hayakawa, M. A study of the new energy system for quartz watches. The effective circuit for the system // In congres europeen de chronometrie. — P. 61–85.
14. Amirtharajah, R., Chandrakasan A. Self-powered signal processing using vibration-based power generation // Institute of electrical and electronics engineers Journal of solid state circuits. — 1998. — P. 687–695.
15. Edwar, R., Robert O.W, Michael R. N. Body Motion for Powering Biomedical Devices // In proceeding of the 31<sup>st</sup> annual international conference of the Institute of electrical and electronics engineers engineering in medicine and biology society. — Minnesota, Minneapolis, USA. — 2009. — P.2752–2755.
16. Amirtharajah, R., Chandrakasan A. Self-powered signal processing using vibration-based power generation // Institute of electrical and electronics engineers Journal of solid state circuits. — 1998. — P. 687–695.
17. Rowe, D. M. Handbook of thermoelectrics // New York, London, Tokyo. — CRC Press Boca Raton. — 2005.
18. Stark, I., Stordeur M. New micro thermoelectric devices based on bismuth telluride-type thin solid films // In Proceeding of the 18th International conference on thermoelectrics. — USA. — 1999. — P. 465–472.
19. Soykan, O. Power sources for implantable medical devices // Med. Device Manuf. Technol. — 2002. — № 76.

## Анализ влияния управляемых шунтирующих реакторов на потери в северных электрических сетях ПАО «МРСК Сибири» — «Омскэнерго»

Астапова Юлия Олеговна, ассистент;  
Шульга Кирилл Сергеевич, ассистент;  
Астапов Алексей Евгеньевич, магистрант  
Омский государственный технический университет

В настоящее время наблюдается рост потребления электроэнергии, и, согласно энергетической стратегии России на период до 2035 года, принятой Министерством энергетики Российской Федерации в 2014 году, прогнозируется дальнейший рост потребления электроэнергии в 2013–2035 годах в среднем на 1,7% в год.

В связи с этим, важной задачей энергетики стало снижение потерь в распределительных сетях, в том числе в воздушных линиях электропередачи.

Из-за массовости распределительных сетей потери в них составляют большую долю суммарных потерь в энергосистемах, поэтому, даже небольшое снижение потерь дает ощутимый экономический эффект: умень-

шение потерь по сетям ФСК ЕЭС на 1% только за счет компенсации реактивной мощности высвободит для потребителей 1600 МВт, на 2% — 3200 МВт и т.д. [1]

Эффективный способ уменьшения потерь электроэнергии — регулирование перетоков реактивной мощности. Одним из источников реактивной мощности являются воздушные линии электропередачи (рис. 1). Избыточная реактивная мощность в сети уменьшает пропускную способность линии и увеличивает потери электроэнергии. В случае когда линия электропередачи мало загружена или не загружена совсем (на холостом ходу) из-за генерируемой ею реактивной мощности может возникнуть ситуация при которой уровень напряжения

в конце линии будет превышать значение уровня напряжения в начале (рис. 2). Согласно [2] «положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10% номинального или согласованного значения напряжения в течение 100% времени интервала в одну неделю». Отклонение напряжения в большую сторону от номинального уменьшает ресурс электрооборудования.

Управление потоками реактивной мощности — эффективный метод регулирования уровней напряжения

в узлах сети, также позволяющий снизить уровень напряжения в конце высоковольтной ЛЭП. Установка потребителей реактивной мощности в узлах сети является одним из наиболее эффективных способов компенсации реактивной мощности.

Управляемые шунтирующие реакторы (УШР) — современные устройства, предназначенные для решения этой задачи, которые входят в перечень устройств FACTS (Flexible alternative current transmission systems — гибкие системы передачи переменного тока).

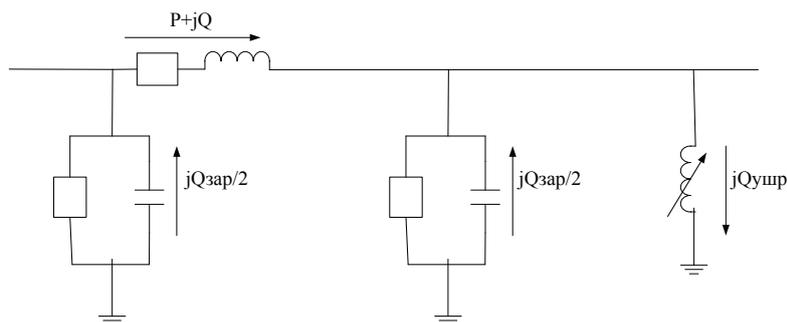


Рис. 1. Схема замещения ЛЭП с УШР

Шунтирующий реактора (ШР) поглощает избыточную реактивную мощность (РМ) для нормализации уровней напряжения (рис. 1).

Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы — это устройства автоматической компенсации реак-

тивной мощности, позволяющие стабилизировать уровень напряжения, на 15–20% [3] снизить потери при транспортировке и распределении электроэнергии потребителям и повысить надежность эксплуатации в протяженных линиях электропередачи и распределительных сетях.

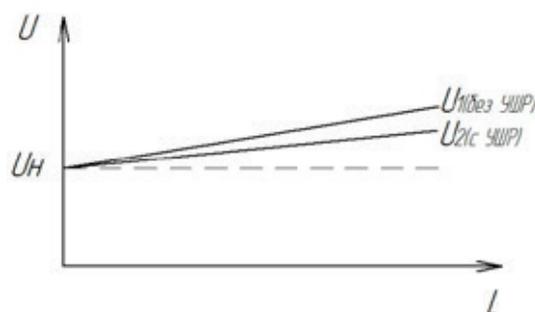


Рис. 2. Напряжение в конце малозагруженной линии или линии на холостом ходу

В электрической сети с переменным графиком нагрузки вместо нерегулируемых или ступенчато регулируемых реакторов целесообразно применять управляемые шунтирующие реакторы.

Применение управляемых реакторов — эффективный и экономичный путь оптимизации режимов электрической сети, повышения качества электроэнергии, улучшения условий эксплуатации и продления срока службы электрооборудования. [4] Управляемые реакторы — наиболее перспективные средства поперечной компенсации в протяженных линиях высокого и сверхвысокого напряжения.

По оценкам зарубежных и отечественных экспертов, применение УШР может стать одним из приоритетных

направлений технического перевооружения высоковольтной сети 110–500 кВ. Общий суммарный эффект по сети в целом — это уменьшение потерь электроэнергии на 3–4% от её выработки. [3]

В Федеральной сетевой компании — МЭС Сибири за девять месяцев 2014 года снижение потерь электроэнергии в результате применения средств компенсации реактивной мощности составило 4 000 тыс. кВт×ч. [5]

В исследовании анализировались режимы работы Северных электрических сетей ОАО «МРСК Сибири» — «Омскэнерго» с помощью программного продукта Rastr. [6] В результате был определен ряд узлов с повышенной вероятностью возникновения рисков, снижающих

надежность электроснабжения потребителей и устойчивой работы энергосистемы. В части реактивной мощности в северных районах Омской области был выявлен избыток реактивной мощности, обусловленный малыми нагрузками и большой протяженностью высоковольтных линий, что приводит к повышенным уровням напряжения на шинах подстанции (до 133 кВ).

Для решения этой проблемы были смоделированы режимы работы сети с двумя вариантами установки управляемых шунтирующих реакторов:

1. Установка УШР на напряжение 110 кВ на ПС Тара  $Q=20$  Мвар и ПС Большеречье  $Q=10$  Мвар;

2. Установка УШР на напряжение 10 кВ на ПС Тара  $Q=10$  Мвар, ПС Большеречье  $Q=5$  Мвар, ПС Новаягодная  $Q=5$  Мвар.

Расчет проводился по результатам летних контрольных замеров в Rastp для утяжеленного режима (один трансформатор отключен). Результаты расчетов приведены в таблицах 1–6.

Таблица 1. Характеристики базовых узлов до установки УШР

Название ПС	Напряжение U, кВ		Активная мощность P, МВт		Реактивная мощность Q, Мвар		tgφ	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
Саргатка	120,17	128,25	32,5	17,2	-12,6	-30,5	0,38	1,77
Ульяновская	117,21	124,22	13,1	9,1	-5,6	-11,1	0,42	1,21
Тара	118,7	131,13	14,3	9	-4,2	-11,7	0,29	1,3
Большеречье	118,46	129,47	18,6	9,1	-5,2	-15,3	0,27	1,68
Моховой привал	118,6	128,85	5,4	3,8	-4,7	-7,1	0,87	1,86
Усть-Ишим	117,74	133,59	1,9	1,6	0,7	0,5	0,37	0,31
Тевриз	118,1	133,62	4,9	2,8	-0,4	-3,1	0,08	1,1
Знаменка	119,21	132,71	8,4	5,2	-5,9	-11	0,7	2,1
Колосовка	119,8	129,65	12,6	7,1	-3,6	-10,7	0,28	1,5
Б. Уки	119,27	132,96	1	0,9	0,4	0,2	0,4	0,22
Муромцево	118,05	129,99	5,5	3,3	-2,6	-5,1	0,47	1,5
Новоягодная	119,03	133,09	0,1	0,1	1	1	1	1

Таблица 2. Характеристики базовых узлов после установки УШР на напряжение 110 кВ

Название ПС	Напряжение U, кВ		Активная мощность P, МВт		Реактивная мощность Q, Мвар		tgφ	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
Саргатка	118,55	123,91	31,9	15,8	-0,3	-8,3	0,009	0,5
Ульяновская	114,67	123,91	18,9	9,5	4,1	-4,5	0,21	0,47
Тара	113,22	122,48	14	8,6	5,2	2,9	0,37	0,33
Большеречье	114,67	122,81	18,9	9,7	4,1	3,2	0,21	0,32
Моховой привал	115,7	123,73	5,9	4,4	-1,3	-0,5	0,22	0,11
Усть-Ишим	111,75	124,4	1,9	1,6	0,7	0,5	0,37	0,31
Тевриз	112,18	124,51	4,9	2,8	-0,1	-2,5	0,02	0,89
Знаменка	113,55	123,86	8,4	5,2	-4,9	-9,4	0,58	1,8
Колосовка	116,07	123,65	12,2	6,6	2,5	-0,5	0,2	0,07
Б. Уки	113,56	124,05	1	0,9	0,4	0,2	0,4	0,22
Муромцево	113,7	122,68	5,8	3,6	-0,4	-2	0,06	0,5
Новоягодная	113,3	124,16	0,1	0,1	1	1	1	1

Таблица 3. Характеристики базовых узлов после установки УШР на напряжение 10 кВ

Название ПС	Напряжение U, кВ		Активная мощность P, МВт		Реактивная мощность Q, Мвар		tgφ	
	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
Саргатка	119,07	123,59	32	15,7	-4,2	-5,8	0,13	0,37
Ульяновская	117,1	123,88	13,4	9,6	-3,2	-4,2	0,24	0,4
Тара	114,95	120,3	14,1	8,6	2,3	7,9	0,16	0,4

Большеречье	115,88	122,46	18,9	9,8	1,2	3,6	0,06	0,36
Моховой привал	116,62	123,46	5,7	4,5	-2,4	-0,2	0,42	0,04
Усть-Ишим	113,23	117,98	1,9	1,6	0,7	0,5	0,37	0,31
Тевриз	113,64	118,16	4,9	2,8	-0,1	2,8	0,02	0,89
Знаменка	114,95	120,21	8,4	5,2	-3,2	1,5	0,58	1,8
Колосовка	117,25	122,4	12,3	6,4	0,6	1,9	0,2	0,07
Б. Уки	114,97	120,37	1	0,9	0,4	0,2	0,4	0,22
Муромцево	115	121,93	5,7	3,8	-1	-0,1	0,06	0,5
Новаягодная	114,71	119,36	0,1	0,1	1	5	1	1

Таблица 4. Снижение потерь при установке УШР на напряжение 110 кВ

Установка реакторов 110 кВ	Годовые потери, тыс. кВт·ч			
	ВЛ	Тр-ры	Общие (мес.)	Общие (6 мес.)
До установки	864	93	957	5740
После установки	352	93	445	2668
Общее снижение потерь на				3072

Таблица 5. Снижение потерь при установке УШР на напряжение 10 кВ

Установка реакторов 10 кВ	Годовые потери, тыс. кВт·ч			
	ВЛ	Тр-ры	Общие (мес.)	Общие (6 мес.)
До установки	864	93	957	5740
После установки	316	218	534	3202
Общее снижение потерь на				2538

Таблица 6. Загрузка трансформаторов (утяжеленный режим)

Название ПС	Загрузка трансформаторов, %		
	Нормальный режим	Реакторы 110 кВ	Реакторы 10 кВ
Тара	8	8	71
Большеречье	12	12	58
Усть-Ишим	19	19	19
Тевриз	19	19	87
Знаменка	19	19	19
Колосовка	11	11	11
Муромцево	20	20	20
Новаягодная	3	3	78

Как видно из приведенных результатов моделирования, установка реакторов позволит получить:

- Уменьшение нагрузочных потерь;
- Стабилизацию уровней напряжения;
- Уменьшение величины  $tg\phi$ .

Анализ двух рассмотренных вариантов показал, что после установки реакторов на напряжении 110 кВ заметно снижаются потери в сети и трансформаторах (табл. 4, табл. 5). При установке УШР на напряжении 10 кВ сум-

марные потери увеличиваются за счет величины потерь в трансформаторах.

Результаты моделирования показывают, что установка УШР позволяет уменьшить уровни напряжений в узлах сети, снизить потери электроэнергии, повысить пропускную способность линии электропередачи.

В результате установки УШР нормализуются уровни напряжения на ПС северных районов Омской области, уменьшатся потери электроэнергии, а также повысится пропускная способность линий.

Литература:

- Задачи реализации проектов повышения надежности электроснабжения потребителей и повышения технико-экономической эффективности систем электроснабжения — распределительных электрических сетей [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.rao-ees.ru/>

2. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М.: Стандартинформ, 2014. — 16 с.
3. Брянцев, А. М., Долгополов А. Г., Лурье А. И. Управляемые подмагничиванием электрические реакторы в электрических сетях ОАО «ФСК ЕЭС» // Электро. — 2006. — № 5. — с. 11–15.
4. Управляемые шунтирующие реакторы [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://forca.com.ua/>
5. ФСК ЕЭС в 2014 году на 28% повысит энергоэффективность электросетевого комплекса Сибири [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.fsk-ees.ru/>
6. Применение управляемых шунтирующих реакторов для повышения энергоэффективности работы электрических сетей северных районов Омской области (тезисы). Энергосбережение, энергоэффективность, экономика: матер. междунар. науч. — техн. конф. / Фёдоров В. К., Грунин В. К., Рысев Д. В., Прусс С. Ю., Козлова Н. А. и др. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. — с. 46–51.

## Изучение инфракрасного метода сушки зерна и зернистых материалов

Бабаев Гайбулла Гафурович, кандидат технических наук, доцент;  
 Матякубова Парагат Мойлиевна, кандидат технических наук, профессор;  
 Насимханов Лутфулло Назириллович, студент  
 Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни

Одна из глобальных проблем человечества — продовольственная. Большую роль в ее решении играет зерновое хозяйство. Оно является системообразующим для остальных секторов агропромышленного производства.

Проблема качества зерна, идущего на производство муки — отнюдь не новая. Еще в 60-е годы прошлого столетия специалисты отрасли и публицисты с тревогой говорили о том, что пшеница теряет в содержании и качестве клейковины и белка

В последние десятилетия ситуация лишь усугубилась. Требования к зерну, причисляемому к продовольственному, значительно снизились. Если раньше пшеница четвертого класса не могла претендовать на статус продовольственного зерна, то теперь она занимает все большую долю в урожае. Определение качественных показателей как влажности зернистых материалов осуществляется с помощью разнообразных методов:

- Прямые методы;
- Физические методы;
- Высокочастотный метод;
- Сверхвысокочастотные методы;
- Теплофизические методы;
- Метод ядерного магнитного резонанса;
- Радиометрические методы;
- Акустические методы;
- Сорбционно-резистивный метод;
- Сорбционно-емкостный метод;
- ИК-методы;
- Рефрактометрические методы и т.д.

Применяемые в настоящее время в зерноперерабатывающей промышленности аналитические методы определения влажности не обеспечивают повсеместное, точное и быстрое получение информации о ней. В связи с этим,

одной из актуальных задач дальнейшего развития производства зерновой продукции и повышения эффективности оценки выпускаемой продукции является разработка и внедрение современных методов и технических средств измерения влажности зерна и зернопродуктов. С помощью современных методов, основанных на физических методах исследования состава и свойств веществ, при этом используется элементная база физики полупроводников, оптоэлектроники и т.д. С помощью этих современных отраслей физики можно создать эффективные информационно-измерительные системы. Для зерноперерабатывающей промышленности эти методы и оптоэлектронный контроль являются новыми [1, 2].

Зерно, которое хранится на элеваторах, специально предназначенных для этих целей, представляет собой природный продукт, неизменно содержащий в своём составе некоторое количество влаги. Кроме того, зерно способно впитывать её из окружающей среды. Пшеница, высушенная, например, только до 15% влажности, непригодна для длительного хранения. Приемлемая влажность зерна зависит от его будущего использования и продолжительности хранения до реализации. Для хранения сроком на 6 месяцев пшеница должна иметь влажность — 14%, а сроком на год — 13%. Поэтому немаловажно полностью продумать этот процесс и, по возможности, максимально оптимизировать.

Существует множество способов сушки зернистых материалов осуществляется с помощью разнообразных методов зерна и зернопродуктов:

- конвективная сушка нагретым воздухом;
- сушка током высокой частоты;
- сушка инфракрасным излучением;
- вакуумная сушка;
- контактная сушка.

Исследования последних лет направлены на совершенствование методов сушки, обеспечивающих наиболее высокую интенсивность процесса при максимальном сохранении пищевой ценности и вкусовых достоинств каждого конкретного продукта.

По результатам современных исследований, одним из наиболее перспективных способов является сушка инфракрасным излучением.

Инфракрасное излучение (IR) имеет длину волны от 780 нм до 1. Следуя классификации Международной комиссии по освещению (CIE), этот диапазон спектра подразделяется на излучение типа IRA (от 780 нм до 1,4), IRB (от 1,4 до 3,0) и IRC (от 3,0 до 1,0 мкм). Такое подразделение приблизительно соответствует зависящим от длины волны характеристикам поглощения IR в тканях и возникающим вследствие этого различным биологическим эффектам.

Процесс сушки начинается с того, что галогенными лампами генерируется инфракрасное излучение, которое проходит затем через слой материала, преобразуясь в тепловую энергию. Он нагревает материал, выпаривая из него влагу. Такая технологическая схема обеспечивает неизменную толщину слоя зерна по высоте аппарата. Вследствие этого, толщина слоя оказывается равна ширине зазора, образованного перфорированным цилиндром и вращающимися дисками. Поэтому процесс сушки протекает равномерно и эффективно [2, 3].

В настоящее время интенсификация процесса ведется в различных направлениях. Так, например, теоретически и экспериментально установил, что удельные энергозатраты при нагреве крупы до заданной температуры или до начала момента потемнения снижаются с ростом облученности, что доказывает целесообразность повышения облученности в рабочих зонах ВТМ установок, увеличивая плотность размещения ИК генераторов. При фиксированных энергозатратах (при определенном количестве линейных излучателей) их следует располагать вдоль транспортера с возрастающим шагом, что меняет облученность в зоне ИК — обработки. В этом случае растет температурный импульс при постоянной энергетической экспозиции и, соответственно, глубина термоактивируемых процессов. Диапазон плотности укладки крупы на транспортере не оказывает существенного влияния на температуру продукта на выходе. Диапазон составляет 0,5–1,5 от максимально возможной плотности укладки монослоем.

В результате теоретических и экспериментальных исследований выявлено, что для разработанной экспериментальной установки оптимальная ширина неизлучающей полосы составляет 0,12–0,15 к ширине инфракрасной зоны. Также доказана возможность замены системы дискретно расположенных ИК излучателей полупрозрачным экраном с той же температурой (с тем же потоком излучения), что соответствует вырождению особой системы интегральных уравнений в систему алгебраических уравнений. Такой подход позволяет сохранить весьма высокую

точность расчетов, следовательно, автором найдена упрощенная методика расчета таких систем.

Большинство исследователей склоняются к выводу, что при сушке семян пшеницы инфракрасными лучами, оптимальной с точки зрения сохранения семенных качеств, является температура нагрева до 35...45°C. Что же касается длительности воздействия определенной температуры на зерно показали, что продолжительность пребывания зерна при данной температуре сказывается на семенных качествах зерна в гораздо меньшей степени, нежели незначительное повышение температуры выше предельной [1,2].

Кроме того, немаловажно чередование периодов нагрева и самопроизвольного охлаждения зерна. Экспериментальные исследования кинетики нагрева зерна сои показали, что вследствие интенсивного нагрева радиационным излучением в режиме непрерывного облучения постоянным потоком в материале возникает значительный температурный перепад между центром и поверхностью зерновки, который составляет 50–60°C за время нагрева 50 с. Это приводит к неравномерному прогреву зерна и частичному обгоранию поверхности отдельных зерновок. Во избежание этого явления рекомендован особый, осциллирующий режим ИК-обработки, который состоит из последовательности чередования периодов облучения и периодов отлежки без облучения.

В работе доказана возможность увеличения скорости сушки капиллярно-пористых материалов с использованием термодиффузии, проявляющейся при повторно-кратковременном облучении материала с помощью малоинерционных ИК излучателей. Результаты решения задачи могут быть использованы при проектировании и эксплуатации систем инфракрасных нагревательных устройств, предназначенных для тепловых испытаний различных материалов и конструкций, а также для термической обработки, как пищевых продуктов, так и других изделий (лакокрасочных покрытий, кожи, ткани и т.д.).

На основании полученных аналитических зависимостей были определены параметры рационального размещения ИК-генераторов в рабочей камере установки для термообработки зернового сырья. Предложено ИК-генераторы объединять в тепловые блоки и размещать их вдоль ленты транспортера в одной плоскости относительно поверхности облучения с шагом 100 мм. Также были экспериментально исследованы терморadiационные и оптические характеристики зерна пшеницы и ячменя в расширенном диапазоне длин волн (0,4–4,0) мкм, определена область наибольшего пропускания ИК-излучения — от 0,5 до 2,1 мкм. Установлено, что для ИК-обработки наиболее эффективными являются длины волн в диапазоне от 0,4 до 1,5 мкм [2].

Таким образом, можно сделать выводы, что преимущества, предоставляемые инфракрасной сушкой, позволяют эффективно использовать инфракрасные излучатели в самых различных областях, начиная от сушки красок и эмалей, и заканчивая сушкой сельхозпродукции и рыбы.

Инфракрасная сушка имеет существенные преимущества перед традиционным конвекционным методом. В первую очередь это, безусловно, экономический эффект. Скорость и затрачиваемая энергия при инфракрасной сушке в разы меньше тех же показателей при традиционных методах.

Современные разработки и исследования подтверждают, что экономичность и эффективность сушильных аппаратов напрямую зависят как от толщины слоя продукции на ленте транспортера, так и от времени и темпе-

ратуры нагрева. Инфракрасные излучатели, размещенные вдоль транспортера с возрастающими промежутками, позволяют прогревать зерно более постепенно, не допуская его пригорания и последующей утраты посевных свойств зерна или его пищевой ценности. В итоге можно отметить, что при комбинировании вышеуказанных методов возможно еще больше интенсифицировать процесс сушки, не повышая количество затрачиваемой энергии, что положительно скажется и на экономике сельского хозяйства, и на качестве продукции АПК [2].

Литература:

1. Бобоев, Г. Г., Тураев Ш. А. Анализ методов и приборов контроля влажности зерна в потоке и технологических процессах, // «Агроилм журналы», 6-илова, 2015 йил, 25–26 бет
2. Музычева, О. С., Беззубцева М. М. Современные методы инфракрасной сушки зерна и зернопродуктов // Международный студенческий научный вестник. — 2015. — № 6.
3. Азимов, Р. К., Тураев Ш. А., Бобоев Г. Г., Машарипов М. Состояние современной влагометрии сельскохозяйственных материалов. //Журнал «ПРИБОРЫ», № 12, 2015 год, Россия, 44–46 стр.

## Разработка предложений по решению ключевых проблем создания высокоскоростных бортовых радиолиний

Белоблоцкая Алёна Алексеевна, студент;

Поздова Алина Константиновна, студент;

Титов Михаил Игоревич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В настоящее время информационные потоки с высокодетальной аппаратуры наблюдения перспективных космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) ожидаются до 10 Гбит/с и более. При условии работы аппаратуры наблюдения в течение длительной части каждого витка суточный объём целевой информации с одного КА может достигать значений, сопоставимых с 1 Тбайт. В настоящее время пропускная способность высокоскоростных радиолиний (ВРЛ) отечественных КА составляет около 300 ... 600 Мбит/с, ведутся работы по созданию ВРЛ с пропускной способностью 600 ... 1000 Мбит/с, что недостаточно для перспективных систем ДЗЗ. В рамках данной работы ставится задача разработки предложений по решению ключевых проблем создания бортовых ВРЛ с пропускной способностью до 3 Гбит/с и выше.

**Обоснование структурной схемы ВРЛ.** Высокоскоростная радиолиния (ВРЛ) предназначена для передачи целевой информации от аппаратуры ДЗЗ на землю. ВРЛ включает в себя бортовую аппаратуру (БА) КА и наземную аппаратуру (НА). С учётом относительно коротких сеансов передачи информации на Землю (не более 10 минут на один пункт приёма) и ожидаемой скорости информационных потоков до 10 Гбит/с, возникает необходимость иметь в составе БА ВРЛ бортовой накопитель информации (БНИ).

БА ВРЛ выполняет прием информационного потока (ИП) от целевой аппаратуры, хранение принятой информации до передачи на Землю, передачу накопленной информации по высокоскоростному радиоканалу на Землю. Наземная аппаратура ВРЛ обеспечивает прием ИП с КА с заданной вероятностью ошибки, регистрацию принятой информации в подсистеме долговременной памяти с одновременной и/или последующей передачей ее в аппаратуру обработки.

Структурная схема БА ВРЛ представлена на рисунке 1 и на рисунке 2.

Для резервирования и информационного сопряжения составных частей ВРЛ с целевой аппаратурой ДЗЗ должны быть предусмотрены информационные коммутаторы с высокоскоростными унифицированными интерфейсами, такими как SpaceWire, SpaceFibre, GigaSpaceWire. На сегодняшний день уже имеется элементная база коммутаторов, стойкая к космическим воздействиям (например, микросхема 1892ХД10Я — коммутатор-адаптер с портами Serial Rapid IO и SpaceFibre) и данное направление продолжает развиваться [2]. Построение радиочастотной аппаратуры предполагается на базе унифицированных модулей приёма/передачи бортовой и наземной аппаратуры со следующими основными характеристиками:

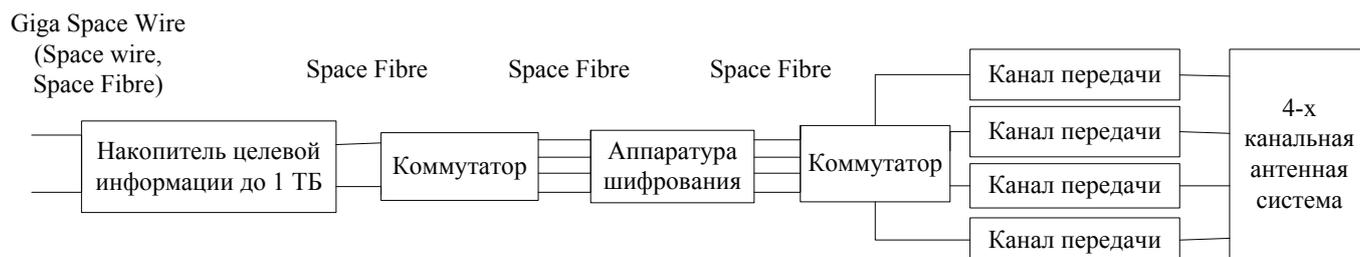


Рис. 1. Структурная схема передающей аппаратуры ВРЛ

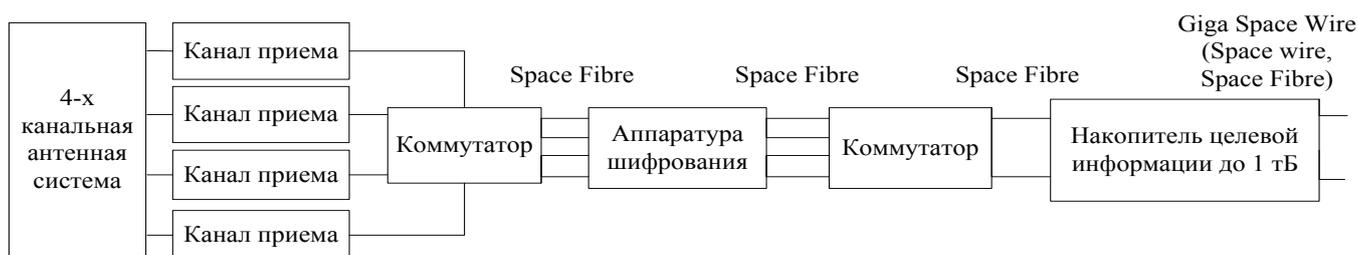


Рис. 2. Структурная схема приёмной аппаратуры ВРЛ

- коэффициент прямоугольности спектра сигнала равен 0,2;
- в полосе 375 МГц (до 300 млн. технических символов в секунду);
- промежуточная частота унифицированных модулей 3,5...4,5 ГГц;
- используемое помехоустойчивое кодирование — (8176,7154) LDPC с относительной скоростью 7/8 согласно стандарту CCSDS 131.0-B-2;
- вид модуляции QPSK/8-PSK/16-QAM/64QAM;
- конструкции приемника и передатчика — модульные, в состав модуля передачи входит помехоустойчивый кодер, формирователь сигнала, интерфейс, в состав модуля приема — демодулятор, помехоустойчивый кодер, интерфейс;
- каждый модуль обеспечивает передачу/прием одного сигнала в полосе частот 375 МГц. При работе в X-диапазоне используются один или два (с поляризационной развязкой) модуля, в Ka-диапазоне — до четырех модулей;
- пропускная способность одного модуля при выбранном кодеке и коэффициенте скругления спектра 0,2–270 млн. информационных (300 млн. технических) символов в секунду.

Важным ограничением энергетики является шумовая температура приёмной системы, которая в основном определяется коэффициентом шума МШУ. Для расчётов использованы справочные данные типовых МШУ фирмы Hittite [3]. В X диапазоне коэффициент шума составляет 2 дБ, в диапазоне Ka — 3 дБ. Потери приёмного тракта до МШУ принимаются 0,5 дБ.

Оценка потребляемой мощности БА ВРЛ делается на основе данных о КПД выходных каскадов усилителей

мощности. В X диапазоне в режиме насыщения он составляет до 40%, в Ka диапазоне до 30%. Для уменьшения затрат энергетики и внеполосных излучений необходима линейаризация усилителей мощности путем внесения предварительных нелинейных искажений. В расчётах подразумевается, что усилитель линейаризован, модуляция QAM по сравнению с QPSK и 8-PSK имеет на 1,5 дБ больший пик-фактор [4] и соответственно ниже коэффициент полезного действия. Модуляция QPSK и 8-PSK с коэффициентом прямоугольности спектра 0,2 имеют пик-фактор 3,5 дБ (по методике [4]).

Основные потери энергии радиоволн в атмосфере — это потери на гидрометеорологических явлениях. Расчёты для Ka диапазона делались для дождя 3 мм/ч (при трассе 40 км), что соответствует вероятности наличия канала связи 0,997 в год в Московском регионе. Расчёты для X диапазона делались для дождя 10 мм/ч (при трассе 40 км), что соответствует вероятности наличия канала связи 0,997 в год в Московском регионе [5].

Возможность применения модуляции 64-QAM даёт возможность работы в X диапазоне, но с применением поляризационной развязки. Пороговое отношение  $E_b/N_0$  в варианте с ретранслятором на ГСО позволяет работать с наземной антенной диаметром 2,4 м. В целом расчёты показывают, что выбор помехоустойчивого кодирования и технических характеристик унифицированных модулей позволяет на их базе создавать ВРЛ с заданными характеристиками.

Функциональные схемы трактов приема и передачи. Функциональные схемы трактов приёма и передачи представлены на рисунке 3 и рисунке 4. Модуль формирователя сигналов состоит из интерфейса GigaSpaceWire,

помехоустойчивого кодера с формирователем спектра, ЦАП, квадратурного модулятора с фильтрами защиты от наложения спектра, синтезатора частот.

Преобразователи частоты объединены в один конструктивный модуль с синтезаторами, контроллер управления объединён с вторичным источником электропитания.



Рис. 3. Функциональная схема тракта передачи ВРЛ



Рис. 4. Функциональная схема тракта приёма ВРЛ

**Выводы:** были обоснованы схемно-технические и программно-алгоритмические решения для построения ключевых элементов радиолиний с пропускной способностью до 5 Гбит/с. Работа выполнена с учётом рекомендаций международных стандартов. Выбраны решения, позволяющие унифицировать эле-

менты приёмо-передающего тракта аппаратуры в X и Ka диапазонах. Предложен вариант построения ВРЛ с четырёхканальным трактом приёма/передачи и информационным коммутатором для объединения информационных потоков на базе унифицированных высокоскоростных интерфейсов.

Литература:

1. Тепляков, И. М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Уч. пособие.— М.: МИЭТ, 2003. — 264 с.: ил.
2. «МУЛЬТИБОРТ» — отечественный комплект радиационно-стойких микросхем с каналами SpaceWire/GigaSpaceWire/SpaceFibre для аэрокосмических применений [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://multicore.ru/fileadmin/user\\_upload/mc/publish/multiboard\\_chipset.pdf](http://multicore.ru/fileadmin/user_upload/mc/publish/multiboard_chipset.pdf), свободный. — Загл. с экрана (дата обращения 15.04.16)
3. Hittite.com ICs — Amplifiers — Low Noise (ИМС малозумящих усилителей)[Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://hittite.com/products/index.html/category/242>, свободный. — Загл. с экрана (дата обращения 20.04.16)
4. Окунев, Ю. Б. Цифровая передача информации фазоманипулированными сигналами. — М.: Радио и связь — 1991.
5. Бортнев, В. А., Болотов Г. В., Быков В. Л. и др. Спутниковая связь и вещание: Справочник. / под ред. Кантора Л. Я. — М.: Радио и связь. — 1997.

## Разработка формирователя сигнала высокоскоростной радиолинии передачи информации «Космос-Земля»

Белоблоцкая Алёна Алексеевна, студент;

Титов Михаил Игоревич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В настоящее время информационные потоки с высокодетальной аппаратуры наблюдения перспективных космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) ожидаются до 10 Гбит/с и более. При условии работы аппаратуры наблюдения в течение длительной части каждого витка суточный объём целевой информации с одного КА может достигать значений, сопоставимых с 1 Тбайт. С учётом относительно коротких сеансов передачи информации на Землю даже при условии увеличения количества пунктов приёма потребная пропускная способность каналов передачи целевой информации на Землю составляет десятки Гбит/с. Высокоскоростные радиолинии (ВРЛ) становятся одним из критически важных элементов спутниковых систем наблюдения нового поколения.

Функциональная схема тракта передачи представлена на рисунке 1. Модуль формирователя сигналов состоит из интерфейса GigaSpaceWire, помехоустойчивого кодера с формирователем спектра, ЦАП, квадратурного модулятора с фильтрами защиты от наложения спектра, синтезатора частот.

Преобразователи частоты объединены в один конструктивный модуль с синтезаторами, контроллер управления объединён с вторичным источником электропитания.

**Выбор и обоснование облика формирователя сигнально-кодовой конструкции высокоскоростной радиолинии.** Функциональная схема формирователя сигнально-кодовой конструкции представлена на рисунке 2. Передатчик выполнен по схеме прямого преобразования, данная схема позволяет наиболее эффективно использовать рабочую полосу ЦАП и обеспечивает максимальное количество символов в секунду при использовании конкретных схем ЦАП.

Цифровая часть формирователя сигнала формирует поток выборок с тактовой частотой 1200 МГц 4-ре вы-

борки на символ. Далее сигналы проходят через фильтры защиты от наложения спектра и поступают на модулятор.

**Требования к фильтрам защиты от наложения спектра.** Реализация устройств обработки сигналов в гибридном, частично цифровом и частично аналоговом виде, неизбежно порождает эффекты квантования на стыке этих частей. Квантование по уровню сигнала можно представить как некий вносимый преобразователем аддитивный белый «шум оцифровки» и в таком виде учесть в балансе погрешностей.

Гораздо сложнее дело обстоит с квантованием по времени, из-за которого спектр сигнала на выходе ЦАП содержит паразитные составляющие, зеркально отображающие полезный сигнал в полосах частот от  $F_s - F_b$  до  $F_s + F_b$  (где  $F_s$  — частота обновления ЦАП), от  $2 \cdot F_s - F_b$  до  $2 \cdot F_s + F_b$ , и т.д. Аналогичные проблемы наличествуют и у АЦП, поскольку синусоида с частотой  $F_s - F$  после оцифровки неотличима от синусоиды частоты  $F$  (эффект стробоскопа); то же справедливо и для частот  $F_s + F$ ,  $2 \cdot F_s - F$  и т.д.

Второй эффект «ступенчатого» вида выходного сигнала ЦАП, в котором соответствующей выборке идеальный дельта-импульс заменяется на прямоугольник длительностью  $1/F_s$ , эквивалентен приложению к сигналу воображаемого цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой в виде прямоугольного «окна» длительностью  $1/F_s$ . Типовой спектр выходного сигнала ЦАП показан на рисунке 3.

Таким образом, требования к антиалиас-фильтрам можно разделить на три группы:

- в полосе пропускания от нуля до  $F_b$  требуется внести в сигнал минимально возможные амплитудно-фазовые искажения;
- в полосах задержания от  $F_s - F_b$  до  $F_s + F_b$ , от  $2 \cdot F_s - F_b$  до  $2 \cdot F_s + F_b$ , и т.д. необходимо обеспечить должный уро-



Рис. 1. Функциональная схема тракта передачи ВРЛ

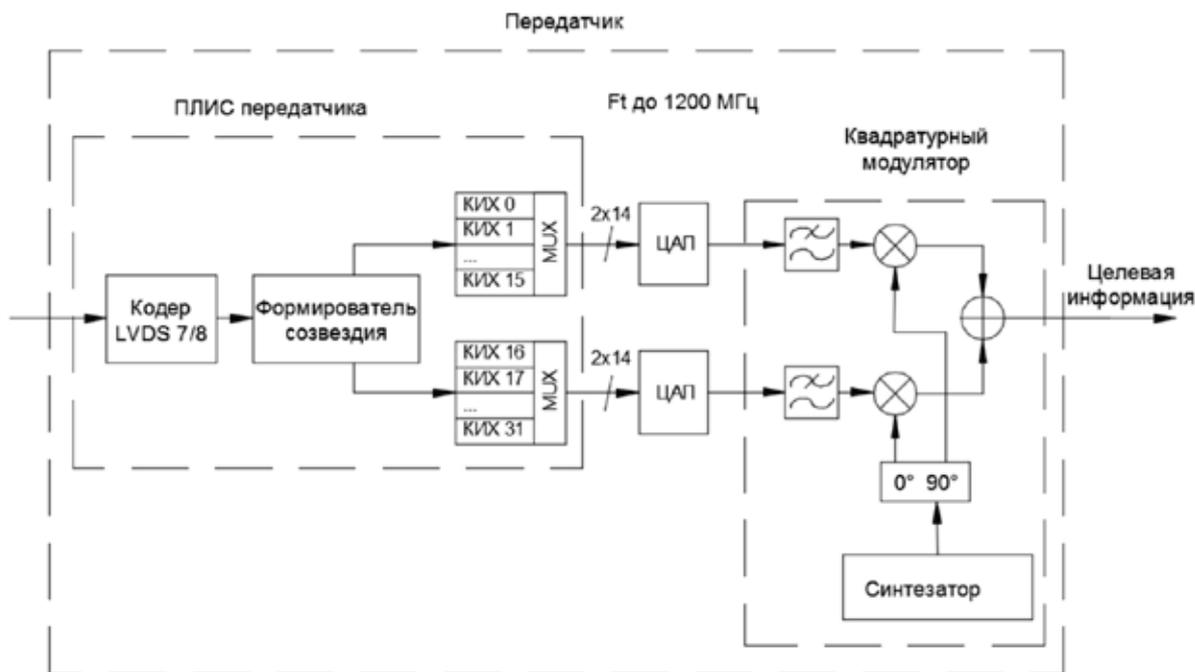


Рис. 2. Функциональная схема формирователя сигнально-кодовой конструкции

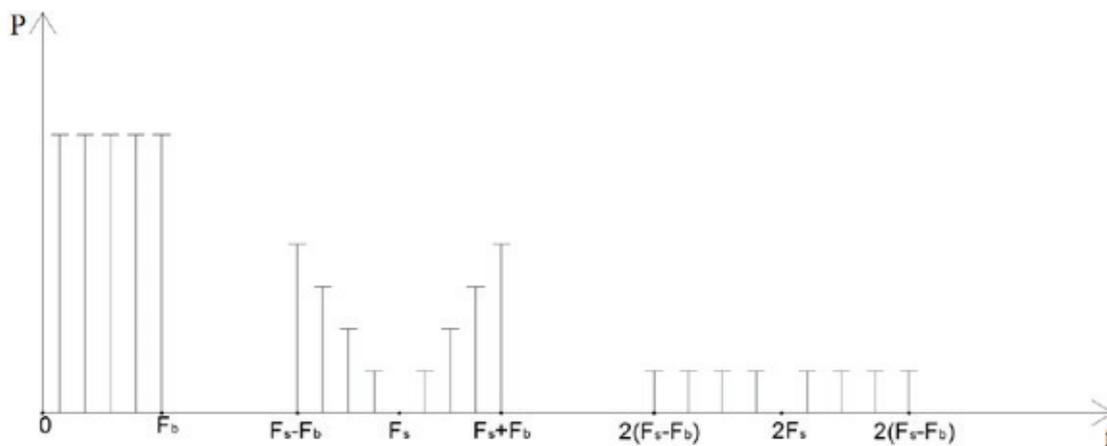


Рис. 3. Типовой спектр выходного сигнала ЦАП

вень подавления нежеланных компонент выходного сигнала ЦАП/входного сигнала АЦП;

– в расположенных между ними переходных полосах достаточно обеспечить ослабление соседних каналов (только для АЦП), достаточное для гарантированного соблюдения динамического диапазона АЦП. В таблице 1 представлены численные значения частотных полос.

Вторая колонка отображает значения для версии DAC5670-SP/ADC12D1600 с полным занятием полосы 375 МГц, третья — для макета на AD9739/ADS5409.

**Выбор ЦАП передатчика.** К сожалению, математически-выверенные методики расчета потребного числа разрядов ЦАП для успешного выполнения им заданной функции в данном случае совершенно неприменимы.

Во-первых, завышенные по сравнению с низкоскоростными ЦАП значения дифференциальной и интегральной нелинейности, а также более высокий (вслед-

ствие более широкой полосы сигнала) уровень аналоговых шумов приводят к занижению оценки разрядности эквивалентного «идеального» ЦАП. Во-вторых, для большинства высокоскоростных ЦАП время установления (например, с точностью 0,1%) на порядок-два превышает период выдачи отсчетов. Таким образом, следует сосредоточиться на адаптации к нашим потребностям опубликованных изготовителем интегральных параметров качества конкретных ЦАП.

Наиболее просто интерпретировать параметр SFDR (Spurious-Free Dynamic Range), ограничивающий предельный уровень побочных спектральных составляющих. Очевидно, что для полного соответствия требованиям ГКРЧ достаточно  $SFDR > 60$  дБ, а с учетом аналогового антиалиас-фильтра на выходе ЦАП допустимым представляется и значение 50 дБ. Также следует обратить внимание на величину IMD3 (Third-order Two-tone Intermodulation),

Таблица 1. Численные значения частотных полос

Виды полосы	Скорость (млн. символов/с) / Кол-во выборок на символ	
	286/4	225/4
Пропускание, МГц	0..180	0..140
Переходная, МГц	180..964	140..760
Задержание, МГц	964..1324	760..1040
Переходная, МГц	1324..2108	1040..1660
Задержание, МГц	2108..2468	1660..1940

порождающей шумоподобный «шлейф» по бокам основного спектра, которая тоже не должна превышать 50 дБ.

По итогам поиска подходящими признаны два ЦАП: AD9739 фирмы Analog Devices и радиационно-стойкий

DAC5670-SP фирмы Texas Instruments, имеющие также радиационно-стойкие аналоги китайского производства.

Ключевые параметры выбранных ЦАП сведены в таблице 2.

Таблица 2. Ключевые параметры выбранных ЦАП

Параметр	AD9739 [1]	DAC5670-SP [2]
Разрядность, бит	14	14
Кол-во каналов	1	1
Быстродействие, млрд. выборок/с	2,4	2,4
SFDR, дБ	69	55
IMD3, дБ	94	57

Как видно из таблицы 2 ЦАП AD9739 удовлетворяет всем требованиям ВРЛ с немалым запасом и оснащен средствами межкристальной синхронизации, позволяющими построить синхронно функционирующую I/Q пару преобразователей.

ЦАП DAC5670-SP проходит по характеристикам «на грани», в надежде на то, что эксплуатация его на пониженной тактовой частоте поможет несколько улучшить качество выходного сигнала. Средствами межкристальной синхронизации он не обладает.

Совместно с новейшими быстродействующими цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП) Analog Devices используется буфер сигналов синхронизации/данных ADCLK914 с крайне высоким быстродействием [3].

заци/данных ADCLK914 с крайне высоким быстродействием [3].

**Выводы:** проведены выбор и обоснование облика формирователя сигнально-кодовой конструкции радиолинии. Принимаемые технические решения определяются характеристиками перспективной элементной базы, пригодной для бортового исполнения аппаратуры, а также повышением требований к линейным характеристикам тракта приёма/передачи. Предложена схема формирователя сигнально-кодовой конструкции с распараллеливанием обработки данных, что позволяет работать с выходной полосой сигнала 375 МГц на элементной базе, стойкой к воздействиям факторов космического пространства.

Литература:

1. AD9739 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9739.pdf>, свободный. — Загл. с экрана (дата обращения 08.04.16).
2. DAC5670-SP 14-Bit 2.4-GSPS Digital-to-Analog Converter (DAC) (Rev. F) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ti.com/product/DAC5670-SP/datasheet>, свободный. — Загл. с экрана (дата обращения 08.04.16)
3. ADCLK914 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADCLK914.pdf>, свободный. — Загл. с экрана (дата обращения 08.04.16)

## Выявление электронных устройств перехвата акустической речевой информации, построенных на базе средств беспроводной связи

Блиялкин Павел Андреевич, студент;

Смоленков Артем Владимирович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Ни у кого не возникает сомнений, что в наше время информация носит исключительный характер. Получение информации лицами, для которых она не предназначена, может привести к различным негативным последствиям: от потери компанией клиентов, до развязывания войны — масштабы могут быть разными. Носители информации имеют совершенно различные воплощения: бумажный документ с секретными сведениями, USB-накопитель с годовым планом компании, пленка с видеозаписью преступления. Но, наверное, самым первым и одним из самых ценных носителей является человек, в частности его речь. Очень многие важные вопросы решаются именно в устной форме. Поэтому зачастую усилия злоумышленников направлены как раз на получение акустической речевой информации.

Перехват речевой информации по прямому акустическому каналу в частности осуществляется при помощи закладных устройств (ЗУ) или закладок. Закладки — это электронные устройства, скрытно устанавливаемые в предполагаемое место проведения конфиденциального разговора, с целью передачи перехваченного разговора злоумышленнику, причём, независимо от того, передаётся ли перехватываемая информация «в прямом эфире», или только после её предварительной записи на внутреннюю память ЗУ, либо от других факторов, ключевой особенностью таких закладных устройств является именно способ передачи информации [1].

На фоне бурно развивающихся стандартов беспроводной связи перед злоумышленником открывается большой выбор способов передачи информации, причём основной проблемой для человека, нежелающего быть прослушанным, является то, что эти устройства негласного перехвата разговоров, работают по широко распространённому, используемому в повседневной жизни, стандартам. Таким образом, выявление таких закладок можно сравнить с поиском «иголки в стогу иголок» — их поиск сводится к решению задачи выделения сигнала от нелегально установленного ЗУ на фоне многочисленных сигналов от легальных устройств, имеющих абсолютно такой же вид.

К этой проблеме добавляется ещё одна проблема, также вызванная широкой распространённостью стандартов беспроводной передачи данных. Раздобыть и настроить такую закладку не составит большого труда — на рынке представлен широкий ассортимент различных закладных устройств и их настройка ничем не отличается от настройки других устройств, работающих по таким же стандартам.

### Общие подходы к выявлению закладочных устройств, построенных на базе средств беспроводной связи

Обнаружение закладочных устройств, как и любых других объектов, осуществляется по их демаскирующим признакам. Демаскирующие признаки закладных устройств — объективно существующие и устойчиво повторяющиеся признаки функционирования или физического присутствия объекта позволяющие обнаружить, распознать объект и получить другую необходимую информацию о нём. Вероятность обнаружения объекта тем выше, чем больше демаскирующих признаков и чем они информативнее в признаковой структуре. Одним из видов демаскирующих признаков являются сигнальные признаки. Сигнальными признаками ЗУ является вид, моменты появления и параметры излучаемого ими сигнала. Такими признаками, например, могут быть вид модуляции, метод расширения спектра, несущая частота, мощность сигнала, случайные изменения напряжения в телефонной линии и т.п.

Поиск по сигнальным признакам осуществляется с помощью специальных технических средств, способных визуализировать или представить излучаемый закладкой сигнал в другом, удобном для анализа, виде. Например, такими устройствами могут быть анализаторы спектра, селективные вольтметры, индикаторы поля. Анализатор спектра — прибор для наблюдения и измерения относительного распределения энергии электрических (электромагнитных) колебаний в определённой полосе частот.

Для скрытия канала передачи информации разработчики закладок используют множество методов и алгоритмов, среди которых выделяется использование стандартных каналов связи. Это значит, что нелегально установленные закладочные устройства передают перехваченную информацию в частотных диапазонах легальных стандартов, используют их протоколы передачи информации, имеют ту же самую частотную характеристику — являются по сути такими же легальными устройствами и отличаются от них только фактом нелегальной установки для негласного получения информации. Под стандартными каналами передачи информации понимаются широко распространённые, повседневно используемые большим количеством устройств стандарты, к которым можно отнести Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee [2].

### **Методика по выявлению электронных устройств перехвата акустической речевой информации, построенных на базе средств беспроводной связи**

1. Развертывание комплекса по обнаружению закладных устройств, определение зоны уверенного приема комплекса, исключение из зоны уверенного приема всех функционирующих средств беспроводной связи.

Для выявления ЭУНПИ, построенных на базе средств беспроводного доступа, помимо непосредственно мер по выявлению ЗУ (технических мер), нужно провести ряд подготовительных (организационных) мероприятий.

Организационные меры направлены на упрощение оператору задачи по выявлению закладных устройств, а именно на исключение из зоны приёма антенны устройства, используемого для выявления ЭУНПИ, легальных устройств, работающих в рассматриваемом диапазоне частот. Производится удаление или отключение всех источников сигналов беспроводной связи из зоны уверенного приёма. Такие сигналы "засоряют" спектрограммы, полученные поисковыми комплексами, что в свою очередь затрудняет работу оператора поискового комплекса, который вынужден их фильтровать и отсеивать. Если такая возможность имеется, в пределах зоны уверенного приёма удаляются или выключаются все устройства, работающие в диапазоне 2,4 ГГц. В противном случае делается манёвр временем, заключающийся в проведении поисковых мероприятий в нерабочее, в частности ночное время [3].

2. Поочерёдное включение оператором различных легальных устройств в режим опроса.

Технические методы поиска начинаются с включения устройств стандартов Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, находящихся у оператора в режим опроса, для выявления устройств, которые работают не в скрытом режиме и дадут ответ на опросный сигнал.

Если можно с уверенностью сказать, что в реальной зоне уверенного приёма нет функционирующих устройств, работающих в диапазоне 2,4 ГГц, и при опросе было обнаружено неизвестное устройство, то делается вывод о наличии в зоне поиска нелегально установленного устройства, работающего по технологии устройства, с помощью которого делался опрос, и принимается решение о дальнейших действиях по локализации ЭУНПИ.

Поиск ЭУНПИ, построенных на базе технологии беспроводной связи Wi-Fi, методом опроса можно осуществить с помощью устройств, в которые встроены Wi-Fi-модуль. Опрос проводится с помощью специального программного обеспечения, например MAC Address Scanner, которое формирует опросные пакеты (probe request) и анализирует полученные ответы, сопоставляя список запрошенных сетевых адресов с MAC-адресами, позволяя таким образом получить список физических адресов устройств, находящихся в зоне досягаемости встроеного Wi-Fi-модуля. При условии отсутствия в зоне уверенного приёма других устройств, работающих в диапазоне 2,4 ГГц, таким образом будет получен физический

адрес закладного устройства, работающего не в скрытом режиме, а значит и подтверждение факта его наличия [4].

Поиск ЭУНПИ, построенных на базе Bluetooth, методом опроса можно осуществить с помощью устройств, в которые встроены Bluetooth-модуль. Почти все современные мобильные телефоны, планшетные компьютеры и ноутбуки имеют такие модули. Поэтому этот этап технических мер заключается в банальном включении функции «Поиск устройств» и последующем наблюдении списка найденных Bluetooth-устройств. Опрос осуществляется с помощью специальных ID-пакетов, которые содержат только код доступа к каналу поиска опроса, который не зависит от адресов устройств. В случае, когда были проведены организационные меры и закладное устройство не находится в скрытом режиме, на устройстве, проводящем опрос, в списке найденных устройств появится сетевое имя или MAC-адрес закладного устройства [5].

Опрос закладных устройств ZigBee следует проводить с помощью ZigBee устройства, работающего в режиме координатора. Устройство координатор должно выполнить команду поиска устройств в сети, при которой в сеть отправляется широкополосный пакет с командой определения узла. Закладка, получив эту команду, отправит в ответ пакет, содержащий в себе свой символический идентификатор, 16-битный сетевой адрес и 64-битный физический адрес (в модулях XBee Series 2) [6].

3. Включение поискового комплекса на сканирование диапазона частот 2,4 ГГц.

Скорее всего, злоумышленник, настраивая и устанавливая закладку, понимает, что работая не в скрытом режиме, она рискует быть быстро и без применения специализированной аппаратуры обнаруженной. Поэтому вероятность функционирования её в скрытом режиме намного больше и простыми устройствами с Wi-Fi, Bluetooth и ZigBee модулями уже не обойтись. Для этих случаев целесообразно применять специальные поисковые устройства, наподобие анализатора спектра.

Если с помощью процедуры опроса закладка не была обнаружена, включается поисковый комплекс и проводится сканирование диапазона выбранных частот, с целью накопления порогов (получения максимального уровня шума) и получения первоначальной спектрограммы, для дальнейшего анализа.

Но если на этом этапе не было обнаружено сигналов (что крайне вероятно, учитывая, что вероятность случайного обнаружения закладного устройства крайне мала), то делается один из следующих двух шагов (или один за другим, в случае, если во время осуществления первого ничего обнаружено не было).

4. Отключение электропитания всех электронных устройств в зоне уверенного приёма и их последующее поочерёдное включение.

На данном этапе исходим из предположения о том, что закладка питается от различных электронных приборов. Исходя из анализа протоколов Wi-Fi, Bluetooth и ZigBee, следует, что устройство, построенное на базе этих стан-

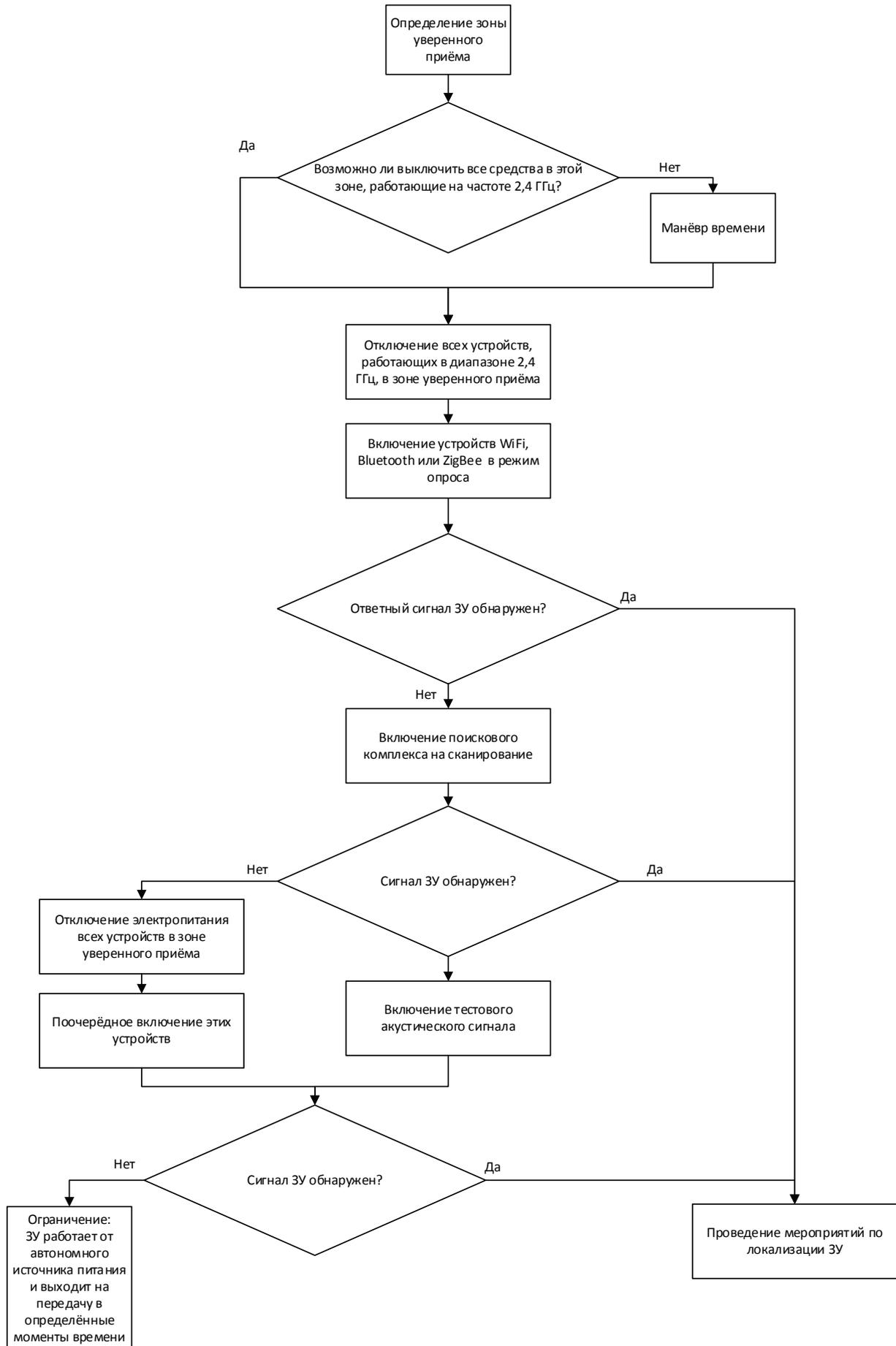


Рис. 1. Алгоритм методики выявления ЗУНПИ построенных на базе средств беспроводной связи

дартов, выдаст в эфир сигналы определённого вида в момент их включения, проводя процедуру самотестирования, по которым можно установить факт их присутствия. До начала включения устройств снова фиксируется уровень шумов. После каждого включения очередного устройства в сеть показания поискового комплекса фиксируются оператором. При появлении на поисковом устройстве сигнала, устройство, в момент включения которого был обнаружен сигнал, выключается и заново включается для подтверждения систематичности появления сигнала. В случае повторного появления сигнала делается вывод о присутствии закладного устройства, и проводятся дальнейшие мероприятия по локализации ЗУ [7].

#### 5. Включение тестового акустического сигнала.

Активация закладного устройства озвучкой объекта тестовым акустическим сигналом — исходит из предположения о том, что закладка управляется системой типа VAS и выходит на передачу при наличии звукового сигнала в зоне действия её микрофона.

Во время проведения данного этапа должна соблюдаться тишина. После установления тишины заново проводится фиксация уровня шумов. Затем включается тестовый акустический сигнал, и оператором фиксируются показания поискового комплекса. В случае появления сигнала в сканируемом диапазоне, как и при отключении/включении электропитания электрических приборов, включение тестового сигнала проводится повторно. После обнаружения сигнала во второй раз делается вывод о наличии в зоне уверенного приёма закладного устройства и принимается решение о проведении мероприятий по определению конкретного местоположения закладного устройства [7].

#### 6. Локализация местоположения закладного устройства.

Следует из того факта, что описанные выше методы позволяют определить только факт наличия ЗУ в зоне уверенного приёма поисковой антенны, и для определения конкретного местоположения ЗУ, потребуется провести поиск с помощью других методов и средств, например с помощью нелинейных локаторов, индикаторов поля и тепловизоров.

Алгоритм методики выявления демаскирующих признаков устройств перехвата акустической речевой информации, построенных на базе средств беспроводной связи, проиллюстрирована при помощи блок-схемы на рисунке 1.

Таким образом, основываясь на анализе протоколов беспроводной связи, а также демаскирующих признаках устройств, построенных на их базе, были разработаны технические меры по выявлению устройств перехвата акустической речевой информации, построенных на базе средств беспроводной связи, среди которых меры по выявлению Wi-Fi, Bluetooth и ZigBee устройств. Технические меры направлены на то, чтобы заставить ЗУ отправить в радиозфир сигнал, по которому оператор сможет выявить его на поисковом комплексе.

Разработанная методика не является универсальной и применимой для всех случаев. В зависимости от границ контролируемой зоны, а также от типа ЭУНПИ, у методики были выявлены ограничения, делающие её неприменимой в некоторых случаях или применимой, но с некоторыми оговорками. Так закладные устройства, работающие от автономного источника питания и выходящие на передачу только в заранее настроенные злоумышленником моменты времени могут быть обнаружены только по совпадению, а функционирующие в зоне уверенного приёма легальные устройства, выключить которые не представляется возможным, могут помешать обнаружению активированной закладки.

#### Литература:

1. Хорев, А. А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. Т. 1. Технические каналы утечки информации. — М.: НПЦ «Аналитика», 2010. — 436 с.
2. Торокин, А. А. «Инженерно-техническая защита информации: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальностям в обл. информ. безопасности». — М.: Гелиос АРВ, 2005. — 960 с.
3. Бузов, Г. А., Калинин С. В., Кондратьев А. В. «Защита от утечки информации по техническим каналам». Учебное пособие. — М.: Горячая линия-телеком, 2005. — 416 с.
4. Власов, А. Беспроводные офисная связь: DECT и Wi-Fi. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.dect.ru/dect.html> Дата обращения: 05.05.2016
5. Столлинс, В. Беспроводные линии связи и сети. — М.: Вильямс, 2003. — 640 с.
6. Пушкарёв, О. Е. Построение ZigBee сети с Mesh-топологией на базе модулей XBee Series 2 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.wireless-e.ru/articles/bluetooth/2007\\_4\\_42.php](http://www.wireless-e.ru/articles/bluetooth/2007_4_42.php) Дата обращения: 05.05.2016
7. Статья «Незаконно действующие передатчики. Алгоритмы поиска, требования к аппаратуре». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.inspectorsoft.ru/article.php?id=326> Дата обращения: 05.04.2016

## Двигатель КамАЗ 820.61–260: особенности системы питания и типовые неисправности

Васенин Александр Сергеевич, студент;

Шумков Арсений Геннадьевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*Статья содержит информацию о перспективном типе двигателя — двигателе, спроектированном для работы на сжатом природном газе. В работе рассмотрен состав системы питания двигателя КамАЗ 820.61–260, произведен анализ часто возникающих неисправностей, установлены причины возникновения неисправностей. Предложены мероприятия для устранения неисправностей.*

**Ключевые слова:** КамАЗ-820.61–260, редуктор газовый, форсунка топливная, сжатый природный газ, отказ

Одним из актуальных направлений развития современного автомобилестроения является создание двигателей, использующих в качестве топлива сжатый природный газ [1]. Сжатый природный газ — метан — в отличие от сжатого природного газа — смеси пропана и бутана — имеет следующие преимущества: меньшая стоимость 1 литра метана по сравнению с пропан-бутаном, наиболее низкая токсичность отработавших газов. Кроме того, расширение парка подвижного состава, использующего в качестве топлива метан, поддерживается Правительством Российской Федерации [2]. В частности, на все большее количество автобусов, предназначенных для перевозки пассажиров в черте города, устанавливаются двигатели, использующие в качестве топлива сжатый природный газ. Учитывая особенности использования сжатого природного газа в качестве топлива, выявление причин отказов топливной системы двигателя и оперативное обнаружение неисправностей позволят создать рекомендации для правильной эксплуатации подвижного

состава с двигателями, использующими в качестве топлива метан.

Для использования сжатого природного газа в качестве топлива Нефтекамским автомобильным заводом был спроектирован двигатель КамАЗ-820.60–260.

Рабочий объем двигателя 11,762 л, при этом номинальная мощность составляет 260 л.с. при 2200 об/мин.

Для работы двигателя на сжатом природном газе и повышения мощности степень сжатия снижена до 12 единиц; система питания двигателя представляет собой распределенный впрыск с 1 форсункой на цилиндр [3]. Система зажигания электронная, имеет индивидуальные катушки зажигания свечи зажигания на каждый цилиндр. Модификации 820.60–260 и 820.61–260 не имеют конструктивных различий: первая устанавливается на шасси автомобилей КамАЗ, вторая — на шасси автобусов НефАЗ.

Рассмотрим основные конструктивные элементы системы питания двигателя КамАЗ 820.61–260, схема представлена на рисунке 1.

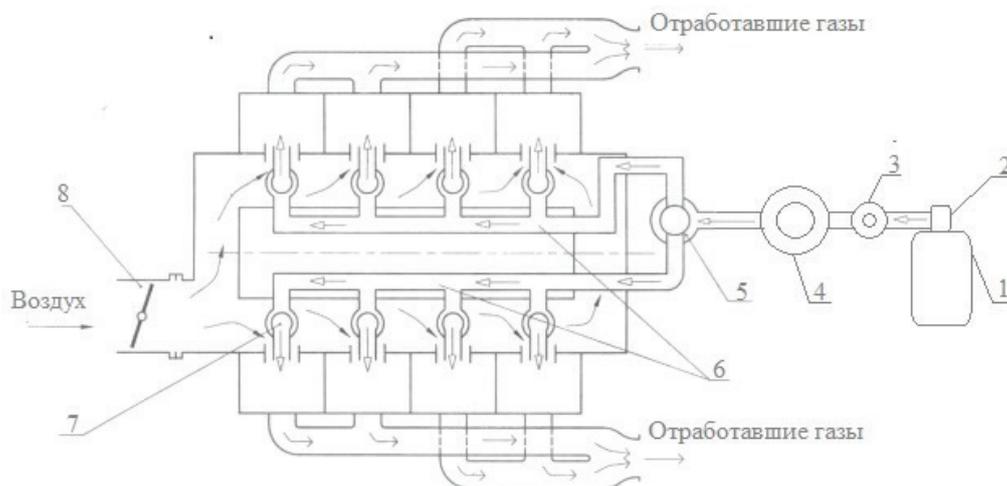


Рис. 1. Схема системы питания двигателя КамАЗ 820.61–260: 1 — Баллон газовый, 2 — Вентиль, 3 — Фильтр магистральный, 4 — Редуктор газовый двухступенчатый, 5 — Клапан электромагнитный низкого давления, 6 — Рампа топливная, 7 — Форсунка топливная, 8 — Заслонка дроссельная

а) Баллон газовый. Основной особенностью метана как химического соединения является его низкая плотность по сравнению с атмосферным воздухом: плотность метана в 2 раза меньше плотности воздуха, температура перехода метана из газообразного состояния в жидкое происходит при температуре —  $168^{\circ}\text{C}$  — именно поэтому для обеспечения приемлемого запаса хода транспортного средства метан сжимают до давления 20 МПа [3]. Соответственно баллоны, в которых хранится метан, обладают следующими требованиями:

- рабочее давление баллона 20 МПа.
- давление наполнения 26 МПа
- разрушающее давление не менее 48 МПа [5]

Вследствие высокого рабочего давления баллоны изготавливают из металлокомпозита. Для снижения массы применяют переменную толщину стенки баллонов. Периодичность освидетельствования баллонов необходима 1 раз в три года, срок службы — 15 лет [5].

б) Вентиль, которым оснащен блок газовых баллонов, имеет 5 степеней защиты

1) Ручной вентиль для перекрытия подачи газа — используется при длительных простоях транспортного средства / при ремонтных воздействиях, связанных с отсоединением элементов системы питания [5].

2) Устройство для аварийного сброса давления — представляет собой плавкий предохранитель, который в случае пожара предотвратит нарастание давления и последующее разрушение баллона. Температура срабатывания предохранителя  $110^{\circ}\text{C}$ . Следует отметить, что температура воспламенения метана  $640\text{--}650^{\circ}\text{C}$  в соответствии с рисунком 5, концентрация для образования взрывоопасной смеси должна в 4 раза превышать концентрацию пропан-бутановой смеси, что позволяет отнести метан к 4 классу воспламеняющихся веществ.

3) Устройство, обеспечивающее сброс метана при превышении давления в 37 МПа.

4) Электромагнитный клапан высокого давления — обеспечивает оперативное управление открытием баллонов с рабочего места водителя и предназначен для использования во время рабочей смены транспортного средства.

5) Скоростной клапан, представляющий собой дроссель. Необходим для ограничения скорости потока газа и предотвращения мгновенного падения давления через разгерметизованное соединение [5].

в) Фильтр магистральный является следующим элементом системы питания. Фильтр необходим для очистки газа от веществ, ухудшающих эксплуатационные свойства: в частности при перекачивании газа на компрессорных станциях в него попадают продукты износа поршневой группы насосов и конденсат воды — таким образом, фильтр состоит из фильтрующего элемента тонкой очистки газа и осушителя для удаления паров воды из топлива.

г) Трубопроводы газовые высокого давления представляют собой трубки, выполненные из нержавеющей стали. Толщина стенки составляет 1 мм, внешний диаметр 8 мм.

Герметизация трубопроводов при соединении происходит за счет ниппельного соединения по наружному конусу [5].

д) Редуктор газовый двухступенчатый предназначен для снижения давления компримированного природного газа с 20 МПа до 0.37 МПа и поддержания давления 0.37 МПа на всех режимах работы двигателя до падения давления в баллонах ниже 0.37 МПа [9]. Редуктор включает в себя клапан аварийного снижения давления в первой ступени при повышении давления выше расчетных значений, а также систему подогрева для предотвращения замерзания клапанов первой и второй ступеней в процессе понижения давления. Система подогрева связана с системой охлаждения двигателя, т.е. редуктор обогревается охлаждающей жидкостью [5].

е) Клапан электромагнитный низкого давления для управления топливной магистралью низкого давления служит запорным механизмом для управления потоком природного газа после редуктора. Установлен на топливной рампе [5].

ж) Форсунки топливные являются исполнительными устройствами системы питания. Ввиду особенностей конструкции двигатель КамАЗ 820.61—260 имеет 2 топливные рампы, непосредственно в которую интегрированы топливные форсунки с электромагнитным управлением. В верхней части форсунки расположен соленоид, при подаче напряжения на который якорь форсунки поднимается и происходит подача газа во впускной коллектор данного цилиндра. При отсутствии напряжения якорь возвращается на место под действием пружины [5].

Система питания двигателя КамАЗ 820.61—260 не лишена недостатков, которые приводят к отказам, представленным в таблице 1.

*Отказ редуктора газового с повреждением мембраны камеры высокого давления.* Газовый редуктор для топливной системы КамАЗ 820.61—260 двухкамерный, первая камера понижает давление с 200 МПа до 50 МПа, вторая — с 50 МПа до 3 МПа [6]. Повреждение мембраны представляет собой сквозной прорыв в виде полумесяца, представленное на рисунке 2, вследствие чего редуктор не может эффективно понижать давление [6].

Признаки отказа: неустойчивая работа двигателя на холостом ходу, невозможность пуска холодного двигателя — из-за превышения порога давления в 4.6 МПа топливные форсунки могут не открыться. Причиной данной неисправности является низкая мощность встроенного подогрева редуктора, составляющая 20 Вт. В отличие от би-топливных систем питания, в которых пуск и прогрев двигателя происходит на бензине или дизельном топливе и, как следствие, при включении газовой системы питания редуктор омывается теплой охлаждающей жидкостью, двигатель КамАЗ 820.61—260 запускается непосредственно на компримированном природном газе. Именно для предотвращения обмерзания клапанов редуктора, и потери эластичности мембран необходим встроенный подогрев, так как при расширении и понижении давления газ резко охлаждается.

Таблица 1. Отказы системы топливной

Причина	Следствие	Отказ
Недостаточная мощность встроенного подогревателя редуктора	Потеря эластичности мембраны камеры высокого давления с последующим прорывом	Повреждение мембраны камеры высокого давления
Износостойкость материала пружины не соответствует условиям эксплуатации	Изгиб возвратной пружины в рабочем колодце	Отказ топливной форсунки с заклиниванием запорного клапана в открытом положении
Величина хода якоря значительна (составляет 0.63 мм)	Появление повреждений в форме концентрических окружностей на седле якоря	Неисправность топливной форсунки, связанная с потерей герметичности



Рис. 2. Повреждение мембраны редуктора газового

Отказ топливной форсунки с заклиниванием якоря в открытом положении. Заклинивание форсунки в открытом состоянии происходило, предположительно, из-за перекоса возвратной пружины — витки возвратной пружины с одной стороны имеют потертости до металлического блеска, тогда как основной оттенок пружины — матовый, пружина представлена на рисунке 3 [7].

Возвратная пружина необходима для перемещения якоря и прекращения подачи газа. Кроме того, сила упругости пружины должна быть подобрана таким образом, чтобы позволять наиболее быстрое открытие форсунки и наиболее быстрое закрытие, противодействуя магнитному полю катушки, которое нелинейно исчезает при

снятии управляющего импульса. Следует отметить, что газовая форсунка, в отличие от бензиновой, управляется сигналом широтно-импульсной модуляции вследствие малого сопротивления обмотки катушки. Таким образом, за время впрыска на катушку форсунки подается напряжение в виде пульсаций определенной скважности, причем частота пульсаций высока, так что катушка не перегревается. Для сравнения сопротивление форсунки бензинового двигателя составляет 16–17 Ом, тогда как сопротивление обмотки катушки газовой форсунки — около 7 Ом — вследствие чего при подаче на нее постоянного напряжения возможен перегрев и перегорание обмотки катушки [7].



Рис. 3. Пружина возвратная

Для устранения выявленных отказов могут быть осуществлены следующие мероприятия:

1) Увеличение мощности встроенного подогревателя газового редуктора позволит предотвратить снижение эластичности мембраны камеры высокого давления и избежать ее повреждения.

2) Заменить материал изготовления пружины с более высокими показателями износостойкости, т.е. более подходящий для условий эксплуатации данного элемента.

В статье поэлементно рассмотрена система питания двигателя КамАЗ 820.61–260, определены наиболее частые отказы ее элементов, установлены причины отказов и предложены мероприятия для их устранения.

Литература:

1. Пронин, Евгений. Перспективы метана на транспорте [Электронный ресурс]. — Электрон. текст. дан. — Режим доступа: <http://www.gazpronin.ru/GazPronin2013.shtml>, свободный. (Дата обращения: 1.06.2016).
2. О использовании природного газа в качестве моторного топлива [Текст]: Распоряжение Правительства РФ от 13 мая 2013 г. // Собрание законодательства. — 2013. — № 20. — Ст. 2551.
3. Семейство газовых двигателей КамАЗ 820.60 [Электронный ресурс]. — Электрон. текст. дан. — Режим доступа: <http://www.kamaz.ru/production/related/semeystvo-gazovykh-dvigatelay-kamaz-820-60/>, свободный. (Дата обращения: 25.05.2016).
4. Инструкция по диагностике электронной системы управления газовых двигателей КамАЗ, мод. 820.60–260 (820.61–260) — Н. Челны: ОАО «КамАЗ», 2012–20 с.
5. Двигатель на метане [Электронный ресурс]. — Электрон. текст. дан. — Режим доступа: <http://garitek-gba.ru/met/>, свободный. (Дата обращения: 26.05.2016).
6. Двигатели транспортные газовые КАМАЗ-820.52–260, КамАЗ-820.53–260 [Электронный ресурс]. — Электрон. текст. дан. — Режим доступа: <http://www.remkam.ru/trangazdv82/>, свободный. (Дата обращения: 1.06.2016)
7. Особенности работы и сервисного обслуживания газовых форсунок автомобильных двигателей [Электронный ресурс]. — Электрон. текст. дан. — Режим доступа: <http://kostagas.ru/content.php?id=56>, свободный. (Дата обращения: 30.05.2016)

## Анализ метода измерения температуры электролита аккумуляторной батареи через ее клемму

Васенин Александр Сергеевич, студент;  
Шумков Арсений Геннадьевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*Зачастую холодный период года усложняет эксплуатацию автомобиля. Под большим влиянием низких температур оказывается аккумуляторная батарея (АБ). Безусловно, существует множество приспособлений, позволяющих обеспечить работоспособное состояние АБ, которые основываются на поддержании температуры электролита. Для оперативного контроля температуры аккумулятора применяется контроль температуры аккумулятора по величине температуры отрицательной клеммы. Авторы статьи поставили цель проверить правильность применения метода контроля температуры электролита по контролю температуры клеммы аккумуляторной батареи.*

**Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, измерение температуры аккумулятора, упрощение эксплуатации

Эксплуатация автомобиля в холодный период времени, по-прежнему, доставляет много проблем автолюбителям. Одним из ключевых факторов работы автомобиля является возможность без затруднений запустить его двигатель при отрицательных температурах окружающей среды. Главным образом, на пуск двигателя влияет система пуска, в частности такой ее элемент как аккумуля-

торная батарея. Сохранение заряда аккумуляторной батареи может быть обеспечено различными способами, одним из основных решений этого вопроса является использование специальных устройств, поддерживающих оптимальную температуру электролита. При снижении температуры от +20 до –25°C пусковые характеристики аккумулятора снижаются в два-три раза. При этом одно-

временно возрастает сопротивление прокручиванию вала двигателя, что приводит к увеличению тока стартера и, соответственно, к увеличению тока разряда аккумулятора. Резко ухудшаются условия смесеобразования и воспламенения горючей смеси в цилиндрах, поэтому пуск двигателя осуществляется за три-четыре (а то и более) попыток запуска. Приведённая температура ( $-25^{\circ}\text{C}$ ) является температурным пределом пуска, если не применяются средства его облегчения, либо подогрев батареи или двигателя. Снижение способности батареи принимать заряд можно охарактеризовать тем, что ток заряда, принимаемый ею, при понижении температуры электролита в указанных пределах, при прочих равных условиях уменьшается в 5–10 раз. Это означает, что энергия, отданная батареей при пуске двигателя, возвращается ей в зимний период за более продолжительное время.

При понижении температуры окружающего воздуха существенно увеличивается расход энергии аккумулятора на пуск холодного двигателя, кроме того, включаются дополнительные потребители (обогрев салона, стёкол и др.). Из-за сокращения светового дня значительное время движения происходит при включенном внешнем и внутреннем освещении. Включение потребителей происходит при работе двигателя на различных частотах вращения коленчатого вала (т.е. — при изменяющейся от минимума до максимума отдаче энергии генератором). Потребители могут не выключаться и при остановке двигателя, поэтому аккумулятор может разряжаться на значительную величину.

При систематическом невосполнении энергии, поступающей от генератора к батарее, степень её заряженности снижается и может достигнуть недопустимо низкого предела. В этом случае не исключена полная потеря работоспособности аккумулятора, особенно при холодном пуске двигателя. Работа аккумулятора при низкой заряженности приводит к ускоренному осыпанию активной массы электродов и сокращению срока надёжной работы аккумулятора в целом.

Вместе с тем оперативный контроль температуры аккумулятора является неотъемлемой частью

функционирования современных систем экономии топлива — таких как «Start and Go», т.к. необходимо постоянно контролировать уровень заряда аккумуляторной батареи, избегая ее полного разряда. Следует отметить, что зарядка свинцового аккумулятора возможна в диапазоне температур от  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . При увеличении температуры, напряжение заряда должно быть меньше обычного, чтобы избежать перезарядки. А если зарядка аккумулятора производится при пониженной температуре, напряжение зарядки нужно увеличить, чтобы избежать недозарядки. Обычно рекомендуется использовать температурную компенсацию  $-3\text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ . Для определения величины зарядного тока необходимо знать температуру электролита, для чего служат нижеприведенные методы:

1. Измерение степени заряженности по величине значения напряжения разомкнутой цепи. Представляет собой вольтметр, подключенный параллельно аккумуляторной батарее.

2. Измерение степени заряженности по значению напряжения под нагрузкой. В качестве нагрузки бортовой компьютер использует лампы головного света автомобиля, проверка осуществляется в ручном режиме.

3. Измерение степени заряженности по значению внутреннего сопротивления. Измерение осуществляется датчиком, установленным на отрицательной клемме аккумуляторной батареи. В состав датчика входит электронный блок обработки данных на печатной плате, датчик температуры клеммы аккумуляторной батареи и резистор, по силе тока на котором и определяется степень заряженности аккумуляторной батареи.

Для определения заряженности аккумулятора в одном из методов включен в систему датчик температуры аккумулятора, расположенный на клемме. Применимость данного метода решено проверить исследовательским путем.

Оценка измерения температуры клеммы аккумулятора проводилась непосредственно на автомобиле. Для этого была собрана схема, представленная на рисунке 1.

Размещение датчиков температуры на стартерной аккумуляторной батарее представлено на рисунке 2.

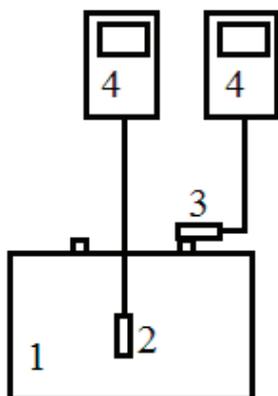


Рис. 1. Схема для измерения температуры: 1 — Аккумуляторная батарея; 2 — Датчик температуры в корпусе аккумулятора; 3 — Датчик температуры на клемме аккумулятора; 4 — Прибор для измерения сопротивления

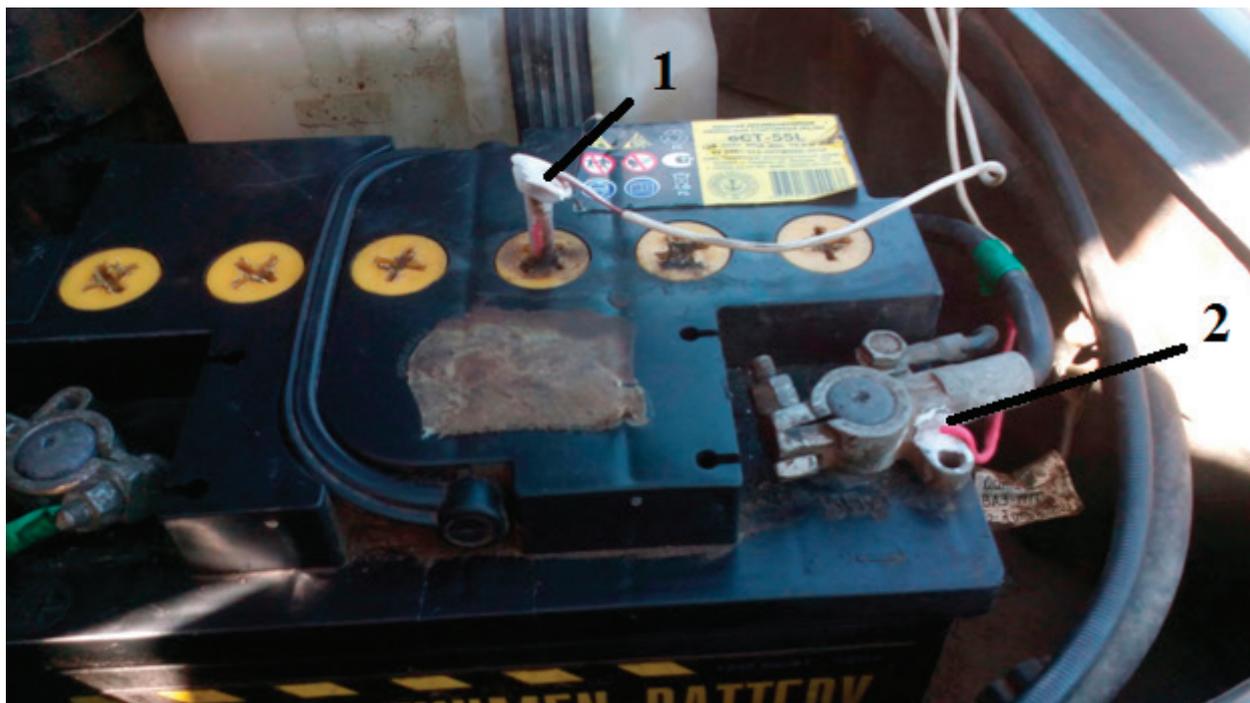


Рис. 2. Размещение датчиков температуры:  
 1 — Датчик температуры электролита; 2 — Датчик температуры клеммы



Рис. 3. Датчик температуры терморезистивный

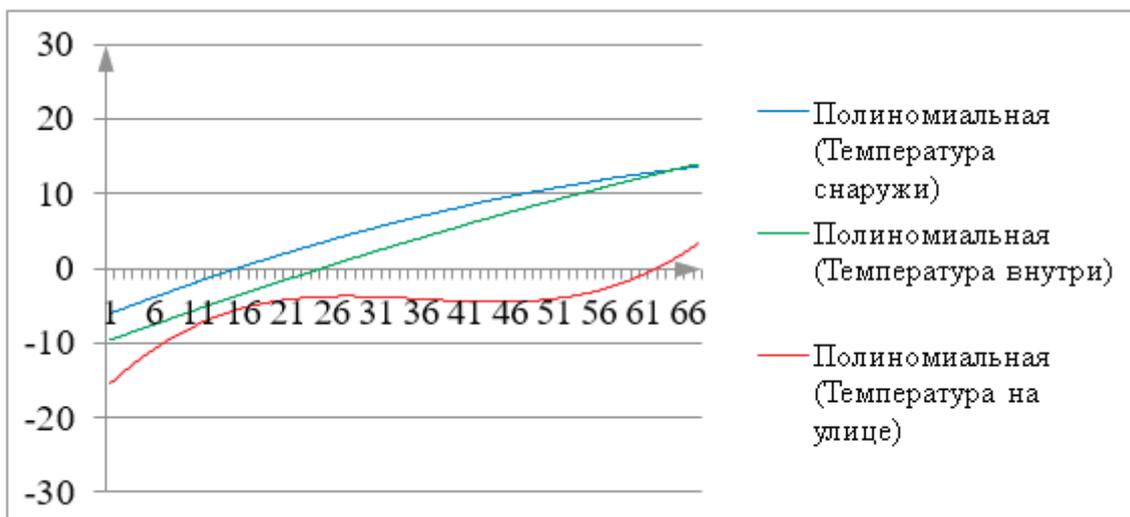


Рис. 4. График зависимости температур

Исследование проводилось с февраля 2016 года по май 2016 года с целью охвата широкого диапазона температур — как положительных, так и отрицательных. Для измерения температуры использовались терморезистивные датчики, представленные на рисунке 3, т.е. датчики, сопротивление которых изменяется в широком диапазоне в зависимости от температуры.

Значения температуры были получены путем перевода значения сопротивления по тарифовочной таблице, которая поставляется совместно с датчиками температуры. В ходе работы произведено более 60 измерений, после

чего по полученным данным был построен график зависимости температуры клеммы и температуры электролита от температуры окружающей среды. Температуры окружающей среды была измерена штатным бортовым компьютером автомобиля ВАЗ-2114.

Проанализировав график, представленный на рисунке 4, можно сделать вывод о наличии корреляции между значениями температуры окружающей среды и температуры электролита — т.е. с учетом введения поправочного коэффициент температура электролита может быть измерена по температуре отрицательной клеммы аккумуляторной батареи.

Литература:

1. Аккумулятор на автомобиле [Электронный ресурс]. — Электрон. текст. дан. — Режим доступа: <http://www.avtomosopt.ru/accumulators/folder12/>, свободный. (Дата обращения: 28.05.2016).
2. Зарядка аккумулятора при высоких и низких температурах [Электронный ресурс]. — Электрон. текст. дан. — Режим доступа: [http://hobbyarea.ru/article\\_info.php?articles\\_id=120/](http://hobbyarea.ru/article_info.php?articles_id=120/), свободный. (Дата обращения: 28.05.2016).

## Способы реализации систем передачи данных при оперативно-дистанционном контроле трубопроводов в пенополиуретановой изоляции

Гритчин Роман Дмитриевич, магистрант;  
Иванков Дмитрий Игоревич, магистрант  
Тульский государственный университет

*Рассматриваются возможные способы передачи данных при оперативно-дистанционном контроле трубопроводов в пенополиуретановой (ППУ) изоляции.*

**Ключевые слова:** оперативно-дистанционный контроль, СОДК, пенополиуретановая изоляция, изоляция стальных трубопроводов

Система оперативного дистанционного контроля (СОДК) предназначена для контроля состояния теплоизоляционного слоя пенополиуретана (ППУ) предизолированных трубопроводов и обнаружения участков с повышенной влажностью изоляции. Повышение влажности тепловой изоляции трубопроводов может быть вызвано проникновением влаги через наружный гидроизоляционный слой трубопровода (полиэтиленовую оболочку), а также за счет утечки теплоносителя из стального трубопровода вследствие коррозии или дефектов сварных соединений. Для оперативного обнаружения участков увлажнения теплоизоляции труб применяется система ОДК, которая основана на измерении электрической проводимости теплоизоляционного слоя трубопроводов. Для контроля состояния влажности тепловой изоляции используются сигнальные медные проводники с сечением 1,5 мм<sup>2</sup> и удельным сопротивлением 0,012–0,015 Ом/м, устанавливаемые в слое пенополиуретановой изоляции всех элементов трубопроводов (трубы, отводы, тройники, задвижки и т.п.) [1].

В настоящее время более всего распространены две системы оперативного контроля:

- первая система ОДК, работающая по принципу закона Ома (Brandes). В этой системе участок дефекта изоляции определяется из отношения длины участка, который контролируется ОДК, к расстоянию до проблемной зоны.
- вторая система (Nordik) работает по принципу отражения импульса. То есть она обнаруживает смешанность параметров электросопротивления контактов, которая возникает в случае повышения влажности тепловой изоляции или повреждения сигнальной проводки [2].

В целом система ОДК включает:

- сигнальные проводники в теплоизоляционном слое трубопроводов, расположенные по всей длине теплосети;
- терминалы для подключения приборов в точках контроля и коммутации сигнальных проводников;
- кабели для соединения сигнальных проводников с терминалами в точках контроля, а также для соединения сигнальных проводников на участках трубопроводов, где устанавливаются неизолированные элементы;

- детектор (стационарный 220 В или переносной 9 В);
- локатор (импульсный рефлектометр);
- тестер изоляции [1].

Рассмотрим несколько способов реализации систем передачи данных при обеспечении оперативного дистанционного контроля трубопроводов в пенополиуретановой изоляции.

Первый способ — это интеграция стационарных детекторов повреждений в качестве первичных источников информации в архитектуру действующих систем телеметрии, выполняющих задачи мониторинга и управления технологическим оборудованием тепловых пунктов. Реализация данного способа возможна при наличии у детектора системы оперативного дистанционного контроля (СОДК) аппаратной возможности передачи данных на входные линии удаленного контроллера (детектор должен быть оснащен специальными выходами для передачи данных типа «токовый выход» или «сухой контакт»). Сотрудники тепловых сетей при этом должны обладать высокими профессиональными навыками для успешной визуализации, анализа и хранения данных детекторов на диспетчерском пульте.

Применяются как кабельные, так и GSM-каналы передачи данных. Этот способ передачи данных реализован для мониторинга и управления рядом тепловых пунктов в Москве, Мытищах, Реутове, Санкт-Петербурге, Астане [4].

Второй способ использует возможности систем GSM-телеметрии, которые нашли применение в электроэнергетике, газовом хозяйстве, банковской сфере, комплексах охранно-пожарной сигнализации. Высокая конкуренция между производителями таких комплексов является причиной возникновения большого количества надежных и дешевых GSM-контроллеров, применение которых в целях мониторинга параметров состояния трубопроводов в пенополиуретановой изоляции является экономически эффективным и простым в реализации решением [3]. Требованиями, предъявляемыми к системам GSM-телеметрии, являются возможность передачи данных от детектора к контроллеру и наличие программного обеспечения диспетчерского пульта. На рисунке 1 изображена типовая схема диспетчеризации для локального диспетчерского пункта (ЛДП) с применением беспроводных GSM-контроллеров.

Программное обеспечение диспетчерского пункта должно обеспечивать:

- непрерывный неограниченный контроль за удаленными объектами;
- визуализацию местоположения контролируемых объектов на карте населенного пункта;
- визуальное и акустическое уведомление диспетчера в случае аварии;
- индивидуальное конфигурирование уровня сигнала «Авария» для каждого из объектов;

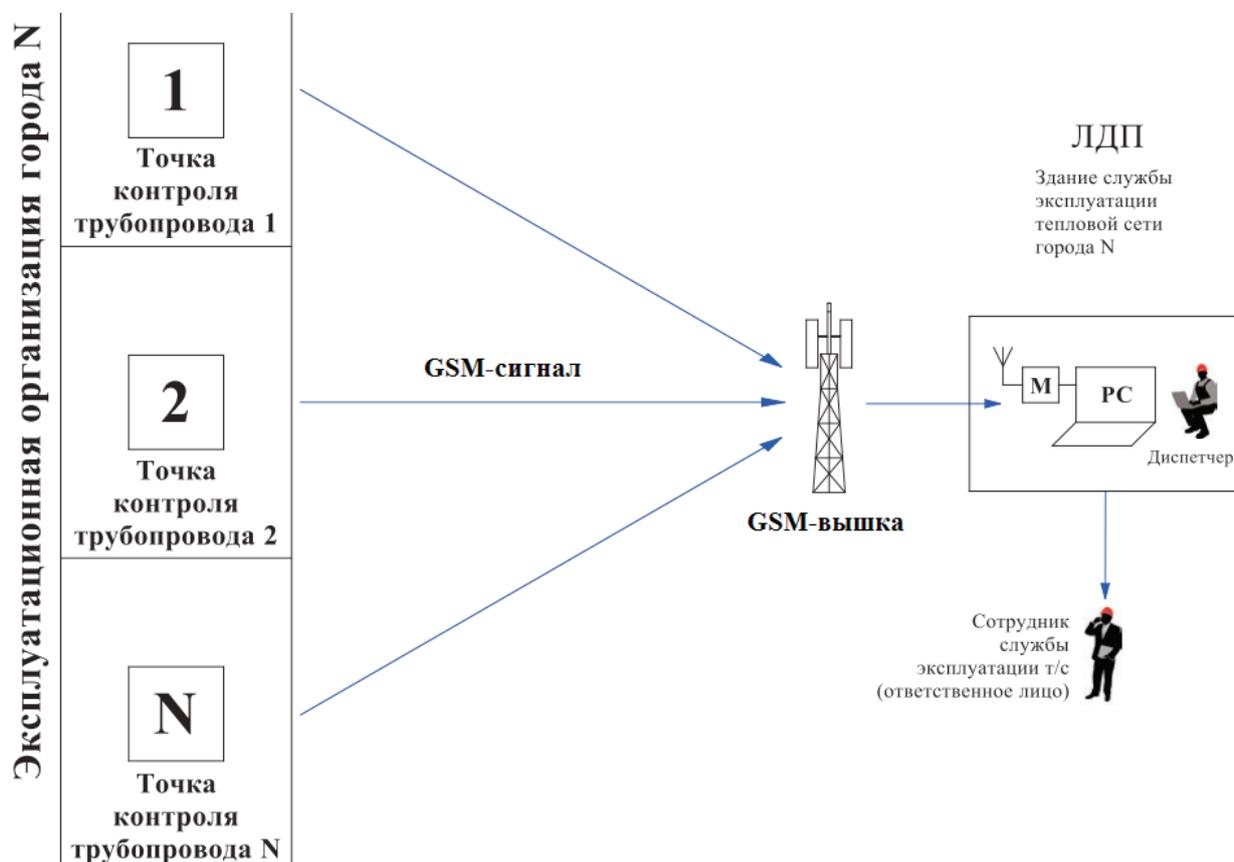


Рис. 1. Типовая схема диспетчеризации для локального диспетчерского пункта (ЛДП) [3]

- стабильность передачи данных при дублировании различными видами передачи данных (модемное соединение, СМС, голосовое соединение);
- возможность передачи и визуализации данных от охранных датчиков, датчиков температуры, давления и т.д.;
- возможность автоматического опроса объектов;
- отсылка СМС на телефоны ответственных лиц при возникновении аварийных ситуаций;
- персонализированное управление и хранение информации о действиях оператора в журнале событий;
- интуитивно понятный интерфейс, бесперебойность работы, простоту эксплуатации и т.д.

Коммутация GSM-контроллеров с детекторами, монтаж и конфигурирование удаленных контроллеров осуществляются самостоятельно сотрудниками отделов КИПиА или специальных подразделений, что значительно упрощается ввиду наличия подробных инструкций. Формирование локального диспетчерского пульта (ЛДП) на уровне предприятия тепловых сетей является относительно простой задачей, так как заключается в установке и настройке бесплатного (зависит от применяемого контрольного оборудования) и интуитивно понятного программного обеспечения. Данный способ реализован предприятиями Новосибирска, Мытищ, Железнодорожного, Дмитрова [4].

Третий способ диспетчеризации показаний детекторов СОДК [3]. В случае если эксплуатирующая организация не видит необходимости в создании собственного ЛДП (отсутствие должного финансирования, персонала или сторонней организации соответствующего уровня подготовки, малое количество объектов), возможно использование сервисов объединенного диспетчерского пульта (ОДП). На ОДП, расположенный в Щелково Московской области, стекается информация от сконфигурированных для работы с ОДП GSM-контроллеров, установленных на территории РФ, РК и РБ.

При возникновении аварийной ситуации экстренное оповещение ответственного лица эксплуатирующей организации происходит любым доступным для него (личный кабинет на сайте ОДП, электронная почта, сотовый телефон, диспетчерская служба и т.д.). Также предусматривается плановый опрос по графику, утвержденному эксплуатирующей организацией.

#### Литература:

1. Система оперативного дистанционного контроля. — URL: [http://tbk-spb.ru/d/246664/d/9\\_sistema\\_operativnogo\\_distancionnogo\\_kontrolya.pdf](http://tbk-spb.ru/d/246664/d/9_sistema_operativnogo_distancionnogo_kontrolya.pdf) (Дата обращения 09.07.2016).
2. Система оперативного дистанционного контроля (ОДК) состояния тепловой изоляции. — URL: [http://www.teplotgi.ru/article\\_control.php](http://www.teplotgi.ru/article_control.php) (Дата обращения 09.07.2016).
3. ООО «Термолайн». Альбом технических решений по проектированию систем оперативно-дистанционного контроля трубопроводов в пенополиуретановой изоляции. М., 2014. — URL: [http://www.termomufta.ru/downloads/albom\\_tekhnicheskikhresheniy.pdf](http://www.termomufta.ru/downloads/albom_tekhnicheskikhresheniy.pdf) (Дата обращения 09.09.2016).
4. Оперативно-дистанционный контроль трубопроводов в ППУ-изоляции. — URL: [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6162](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6162) (Дата обращения 09.07.2016).

Эксплуатирующая организация должна обеспечить в месте установки детектора и удаленного GSM-контроллера сохранность установленного оборудования, его бесперебойное питание и удовлетворительный уровень GSM-сигнала (при необходимости применение репитера).

Впоследствии возможен дистанционный перевод данных на вновь созданный эксплуатирующей организацией ЛДП. Таким образом, использование услуг ОДП становится тестовым вариантом организации собственного ЛДП.

Способ диспетчеризации показаний детекторов определяется на уровне проектных работ, так как спецификация, а значит и дальнейшее финансирование, формируется специалистом проектной организации, поэтому одной из важных задач эксплуатирующей организации является оформление полного технического задания с указанием требований по диспетчеризации проектируемого трубопровода.

На основании предоставленного технического задания проектировщик должен определить местоположение и комплектацию точки контроля СОДК трубопровода, оснащенной детектором повреждений. Обязательным условием постоянного функционирования такой точки контроля является наличие в ней питания 220 В, 50 Гц. Также поставляются комплекты точек контроля СОДК для работы в автономном режиме [3], однако их применение возможно только в исключительных случаях, так как вне зависимости от типа источника питания (солнечная панель или батареи) комплекты для автономной работы обеспечивают только периодический контроль состояния изоляции трубопровода, что является основным способом снижения энергопотребления.

Опыт внедрения и поставки оборудования для диспетчеризации показаний детекторов состояния трубопроводов в ППУ-изоляции свидетельствует о своевременности, достаточно высоком уровне оснащенности и экономической эффективности данного направления. Профессиональный подход позволяет полностью автоматизировать процесс оповещения об аварийных ситуациях на трубопроводах тепловых сетей, что возможно только для трубопроводов, оснащенных СОДК. При этом предложены различные способы реализации мониторинга показаний детекторов для различного уровня профессиональной подготовки персонала тепловых сетей [4].

## Особенности бурения геологоразведочных скважин и влияние температурного режима на эффективность бурения с продувкой воздухом

Джураев Рустам Умарханович, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Хайдарова Малохат Эркиновна, студент  
Навоийский государственный горный институт (Узбекистан)

*Совершенствование техники и технологии геологоразведочного бурения, повышение эффективности буровых работ и снижение их себестоимости является актуальной задачей разведки месторождений полезных ископаемых. Одним из прогрессивных и высокоэффективных способов бурения в определенных условиях является бурение скважин с продувкой воздухом и другими газообразными агентами. Бурение с продувкой воздухом является эффективным в самых неблагоприятных для жидкостной промывки условиях: при бурении в зонах значительных потерь циркуляции, при затруднениях с водоснабжением, высокогорной или труднопроходимой местности или в районах с суровым климатом.*

*В данной статье рассматриваются также преимущества и недостатки бурения скважин с применением воздуха.*

**Ключевые слова:** бурение, температурный режим, давление, забой, скважина, продувка воздухом, коронка, неблагоприятные условия

*Improvement of technics and technology of prospecting, improving the efficiency of drilling operations and reduce cost is an urgent task of mineral exploration. One of the most progressive and efficient ways of drilling in certain conditions, is drilling wells with scavenging air and other gaseous agents. Drilling with a purge air is effective in the most adverse conditions for liquid washing, when drilling in zones of considerable losses of circulation, in case of difficulties with water supply, a mountain or difficult terrain or in areas with severe climate.*

*In this article discusses the advantages and disadvantages of drilling wells using air.*

**Key words:** drilling, conditions of temperature, pressure, bottom, borehole, purge air, cutter head, rugged environment

Совершенствование техники и технологии геологоразведочного бурения, повышение эффективности буровых работ и снижение их себестоимости является актуальной задачей разведки месторождений полезных ископаемых.

Для повышения эффективности проходки возникает необходимость внедрения высокопроизводительных технологических процессов.

В настоящее время, одним из прогрессивных и высокоэффективных способов бурения в определенных условиях является бурение скважин с продувкой воздухом и другими газообразными агентами.

В области бурения разведочных скважин, весьма важной для обеспечения минерально-сырьевой базы народного хозяйства, одно из перспективных направлений научно-технического прогресса — рациональное применение газообразных очистных агентов вместо промывочной жидкости. Сущность этого способа заключается в том, что для очистки забоя от разбуренной породы применяется газообразный агент, в частности сжатый воздух. Из компрессора воздух поступает через нагнетательный шланг в бурильные трубы. При выходе из-под торца режущего инструмента воздух, расширяясь, поднимается по затрубному пространству, увлекая за собой разбуренную породу в выкидную линию и затем в шламособорник, где шлам улавливается специальными приспособлениями, а воздух, свободный от породы, уходит в атмосферу [2, с. 9].

Практикой бурения доказано, что применение сжатого воздуха как очистного агента обеспечивает значительное повышение механических скоростей бурения и снижает затраты времени на ликвидацию геологических осложнений, благодаря чему резко возрастают производительность и экономичность буровых работ.

Наибольшая эффективность бурения с продувкой достигается в устойчивых породах при отсутствии водотоков. Оно успешно производится в обломочных породах, которые имеют слабую связь между частицами и при бурении с промывкой дают обвалы.

Без всяких осложнений происходит бурение в сухих породах, набухающих или разрушающихся при смачивании водой: мел, глины, аргиллиты, угли, различные растворимые соли и т.д.

Бурение с продувкой воздухом является эффективным в самых неблагоприятных для жидкостной промывки условиях: при бурении в зонах значительных потерь циркуляции, при затруднениях с водоснабжением, высокогорной или труднопроходимой местности или в районах с суровым климатом.

Бурение скважин с применением воздуха в благоприятных условиях обладает рядом существенных преимуществ:

— по сравнению с бурением с промывкой, механическая скорость проходки увеличивается от 4÷5 раз в более твердых и в 2÷3 раза в мягких породах вследствие умень-

шения гидростатического давления на забой скважины, отсутствие на забое фильтрационной глинистой корки или толстого ламинарного подслоя, которые препятствуют удалению продуктов разрушения породы с забоя [4, с. 9];

- исключаются расходы на приобретение и транспортировку воды, глины и реагентов для обработки глинистых растворов, что особенно важно при сильных морозах, в безводных местностях и т.д.;

- в ряде случаев можно беспрепятственно бурить интервалы полного поглощения промывочной жидкости. При этом исключаются затраты времени и средств на борьбу с поглощениями;

- улучшаются условия работы буровой бригады, особенно при низких температурах атмосферного воздуха;

- упрощаются и облегчаются монтажные работы, так как не требуется устраивать отстойники, желобную систему и т.п. Такое преимущество особенно важно при массовом бурении мелких скважин самоходными буровыми установками в мягких породах;

- устраняются выпучивания, размыв стенок скважин и обвалы в породах, естественная структура которых нарушается при смачивании водой;

- облегчаются гидрогеологические наблюдения в скважинах, легко обнаруживаются водоносные, нефтеносные и газоносные горизонты;

- устраняются загрязнения и обводнения призабойной зоны в разведочных скважинах, вследствие чего значительно облегчается освоение скважин и увеличивается их дебиты при эксплуатации;

- устраняется загрязнение, размыв и растворение керна;

- исключаются простои буровых бригад и оборудования из-за недостатка промывочной жидкости;

- облегчения производства измерений искривлений, температур в стволе скважины и т.п.

- улучшаются условия обнаружения литологических контактов по шламу при бескерновом бурении, так как частицы шлама, отделяемые от забоя, не смешиваются в скважине с частицами шлама вышележащих горизонтов и, имея большую скорость подъема, быстро выносятся на поверхность;

- вследствие подачи в скважину сжатого воздуха или водовоздушной смеси можно бурить при помощи пневматических забойных двигателей — пневмоударников, которые благодаря своей высокой эффективности получили широкое распространение в горнорудной промышленности.

Благодаря перечисленным выше преимуществам промывки стоимость 1 м проходки по сравнению с бурением с жидкостной промывкой снижается иногда до 50% [4, с. 11].

Бурение геологоразведочных скважин с очисткой забоя воздухом, в определенных условиях имея ряд пре-

имуществ по сравнению с жидкостной промывкой, также и имеет некоторые недостатки.

Так как воздух имеет низкую теплоёмкость по сравнению с жидкостными промывочными растворами, таким образом, возникает отрицательное действие температурного фактора, сказывающегося на работе породоразрушающего инструмента через высокие контактные температуры с необратимыми последствиями как деформации матриц, разрушение алмазов, зашлифования, снижение твердости алмазов и прижоги инструмента [2, с. 10].

При бурении с продувкой повышается энергоёмкость бурения за счет применения компрессорных установок, мощность привода которых значительно больше, чем у насосов, применяемых в аналогичных условиях.

Также, не маловажным фактором, влияющим отрицательно на эффективность бурения с продувкой воздухом, является высокие температуры, возникающие на забое, за счет перехода механической энергии работающего инструмента в тепловую.

Так как воздух имеет низкую теплоёмкость по сравнению с жидкостными промывочными растворами, таким образом, возникает отрицательное действие температурного фактора, сказывающегося на работе породоразрушающего инструмента через высокие контактные температуры с необратимыми последствиями как деформации матриц, разрушение алмазов, зашлифования, снижение твердости алмазов и прижоги инструмента.

В контактах объемных алмазов с забоем при разрушении твердых пород возникают температуры 600–800°C и выше, которые вызывают снижение абразивных качеств алмазов на 30–60% от первоначальных значений [1, с. 4].

При бурении с продувкой воздухом температурный фактор также отрицательно влияет на состояние керна, в процессе прогрева и охлаждения керна испытывает температурные напряжения, в определенный момент достигающие максимальных значений, при которых происходит разрушение его целостности [1, с.33].

Также в работе [3, с. 142] приводится отрицательное влияние высоких температур на работу бурильных и обсадных труб. При глубоком бурении температурные напряжения, возникающие в колонне бурильных труб, могут привести к изгибу труб.

Все эти особенности приводит к снижению роста производительности и качества разведочного бурения с продувкой воздухом.

Предотвращение отрицательных факторов, снижающих эффективность бурения геологоразведочных скважин с продувкой воздухом, возможно решением задач, связанных со снижением энергетических затрат компрессора и нормализацией температурного режима.

#### Литература:

1. Горшков, Л. К., Гореликов В. Г. Температурные режимы алмазного бурения. — М.: Недра, 1992.
2. Джураев, Р. У. Исследование температурного режима при бурении геологоразведочных скважин с продувкой воздухом и использованием системы утилизации тепла. Диссертация кандидата технических наук. Москва, 2015.

3. Есьман, Б. И. Дедусенко Г. Я. Яишников Е. А. Влияние температуры на процесс бурения глубоких скважин. М.: Недра, 1962.
4. Филатов Б.С., Макурин Н.С., Абрамсон М.Г., Кирсанов А.И. Бурение геологоразведочных скважин с продувкой воздухом. М.: Недра, 1964.

## Вибрационная обработка сварных конструкций

Ерёмина Мария Олеговна, магистрант  
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

*Разработаны методы эффективной виброобработки сварных соединений, изготовленных из простых малоуглеродистых сталей. Приведено влияние вибро- и термообработки на критическую температуру хрупкости сварных соединений.*

**Ключевые слова:** остаточные напряжения, малоуглеродистые стали, вибрационная обработка, ударная вязкость

На сегодняшний день в строительном производстве используется огромное количество самых разнообразных машин и механизмов. На один вид работ их может приходиться сразу несколько. Сама по себе строительная машина — это устройство, совершающее полезную работу с преобразованием одного вида энергии в другой. По существу, строительная машина представляет собой ряд механизмов, объединенных общим корпусом рамой или станиной.

Главным показателем для большинства деталей машин и механизмов является прочность, т.е. способность детали сопротивляться изменению формы под воздействием внешних нагрузок. Надежность деталей зависит от изготовления, качества используемого материала и правильного выбора режимов работы. Основными материалами для изготовления деталей машин являются стали, чугуны, цветные металлы и сплавы. Многие стальные конструкции строительных машин являются составными. При их сборке зачастую используют сварку. К таким деталям можно отнести опорные рамы машин, кузова и кабины, выносные опоры (как гидравлические, так и без привода), стрелы, мачты, вспомогательные рамы для крепления навесного оборудования и многое другое.

В данной работе рассматриваются грузоподъемные краны. Существует несколько видов кранов: башенный, стреловой и козловой. Наибольший интерес в этих машинах для исследования представляют стрелы. Расчетная схема стрелы крана — это балка, шарнирно-закрепленная с одного конца, к которой в разных точках прикладывается сосредоточенная нагрузка. Под действием такой нагрузки стрела крана работает на ударный изгиб.

При укрупненной сборке стрелы используются сварные соединения. Непосредственно в процессе сборки и сразу после, данная конструкция имеет высокую геометрическую точность, однако после дальнейшей механической обработки или вылеживания в течение нескольких недель, изменяются пределы допусков и они

требуют дальнейшей обработки. Причины изменения — остаточные напряжения сварных соединений. Возникновение остаточных напряжений связано с развитием неоднородных линейных и объемных деформаций в смежных объемах материала.

Николай Николаевич Давиденков разработал классификацию остаточных напряжений и выделил 3 рода. Такая классификация может быть представлена следующим образом:

— напряжения I рода или уравнивающиеся в пределах областей, размеры которых одного порядка с размерами тела. Данные напряжения, как правило, вызваны неоднородностью силового, температурного или материального поля внутри тела (в зависимости от своей природы) и характеризуются при их обнаружении по способу разрезки — деформацией отрезанных элементов, по рентгенографическому способу — изменением параметров кристаллической решетки. Эти напряжения определяют расчетом, исходя из теории упругости и пластичности, а также экспериментально.

— напряжения II рода (их можно было бы назвать кристаллитными) уравниваются в объемах одного порядка с размерами зерен и выражаются в размытии линий на рентгенограммах. Эти напряжения не имеют определенной направленности и не зависят от формы изделий. Находят эти напряжения опытным путем.

— напряжения III рода (их можно назвать элементарными) уравниваются в объемах одного порядка с элементарной кристаллической ячейкой и выражаются в ослаблении интенсивности линий высших. Они также не имеют определенной направленности и определяются экспериментально по степени изменения интенсивности линий на рентгенограммах.

В расчетах строительных конструкций определяют напряжения только I-го рода. По направлению действия выделяют линейные, плоскостные и объемные остаточные напряжения. По направлению действия разли-

чают продольные и расположенные поперек оси сварного шва линейные сварочные напряжения. Одноосное напряженное состояние стали вызывается центральным растяжением или сжатием, чистым изгибом, внецентренным растяжением или сжатием малогибких элементов. Работа стали при указанных силовых воздействиях выражается диаграммой растяжения или сжатия.

Нельзя забывать, что строительные машины используются в самых разных климатических условиях, в том числе и при больших значениях отрицательных температур. Одной из проблем использования строительных машин при низких температурах это невысокая хладостойкость металлоконструкций. Зачастую, именно по этой причине происходят отказы строительной техники, которые связаны с развитием микротрещин в сварных соединениях.

Исходя из этого, встает вопрос о том, как повысить хладостойкость сварных соединений металлоконструкции строительных машин и снизить в них остаточные напряжения.

В последние десятилетия получил распространение малоэнергоёмкий способ стабилизации геометрических размеров металлоконструкций под названием «вибрационная обработка». Сущность способа заключается в создании металлоконструкции после сварки или в процессе переменных напряжений определенной величины с помощью специальных вибровозбудителей (вибраторов). Переменные напряжения суммируются со сварочными, и при достижении предела текучести происходит пластическая деформация, способствующая снижению и перераспределению напряжений первого рода. Одновременно

протекают процессы на микроуровне, связанные с генерированием, перемещением и закреплением дислокаций, что в свою очередь приводит к снижению и перераспределению напряжений второго рода и повышению сопротивляемости материала самопроизвольному деформированию.

Целью научного исследования является выбор режимов виброобработки сварных конструкций для снижения остаточных напряжений.

Вибрационной обработке подвергают сварные конструкции не только из углеродистых сталей, но и изготовленные из алюминиевых и титановых сплавов. На рисунке показана схема виброобработки сварных конструкций. Сварная конструкция 1 установлена на виброизолирующих опорах 2, к ней прикреплен струбцинами или болтами вибровозбудитель 3 с регулируемой частотой колебаний. На пульте управления виброустановки 4 расположены приборы, регистрирующие частоту и амплитуду колебаний с помощью датчика 5, прикрепленного к сварной конструкции. При плавном изменении частоты колебаний от минимальной до максимальной регистрируют резонансные частоты системы «сварная конструкция—вибровозбудитель». Затем производят виброобработку на выбранных резонансных частотах.

Основными параметрами вибрационной обработки являются амплитуда и время (длительность) вибронагружения. Чем выше амплитуда переменных напряжений, тем интенсивнее происходит релаксация остаточных напряжений. Необходимо отметить, что слишком высокие амплитуды переменных напряжений и большая продол-

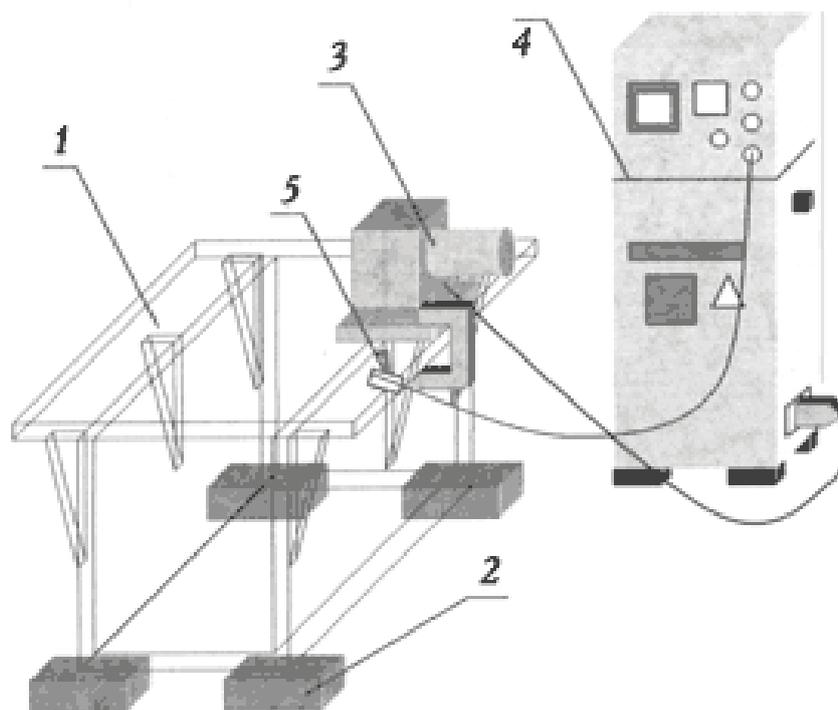


Рис. 1. Схема виброобработки сварных конструкций: 1 — сварная конструкция; 2 — виброизолирующие опоры; 3 — вибровозбудитель; 4 — пульт виброустановки; 5 — датчик, регистрирующий частоту и амплитуду колебаний

жительность виброобработки могут стать причиной усталостных повреждений сварных конструкций.

При правильно выбранных режимах относительное снижение остаточных напряжений при виброобработке на первой резонансной частоте составляет 40–45%, на второй — дополнительно 10–12%, на третьей, четвертой и пятой — 5–8%. Для виброобработки металлоконструкций наибольшее применение получили механические инерционные дебалансные вибровозбудители. Дебалансные вибровозбудители развивают усилия до  $7 \cdot 10^4$  Н в частотном диапазоне до 200 Гц. При вибрационном нагружении используют различные методы оперативного контроля эффективности обработки. Их можно разделить на три: неразрушающий контроль величины остаточных напряжений, определение величины изменения энергии, потребляемой электродвигателем возбудителя колебаний, запись амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) до и после вибрационной обработки металлоконструкций.

Недостатком первого метода контроля является то, что по величине остаточных напряжений, тем более определяемых в отдельных зонах, еще нельзя судить о степени стабилизации геометрических размеров. Этот метод контроля используют, как правило, в сочетании с другими методами оценки эффективности обработки. Контроль эффективности вибрационной обработки по мощности, потребляемой электродвигателем вибровозбудителя, основан на предположении о том, что энергия колебаний изменяется пропорционально мощности электродвигателя. Снижение и стабилизация силы тока свидетельствует о стабилизации геометрических размеров. К недостаткам вышеупомянутого метода контроля следует отнести его чувствительность к качеству закрепления вибровозбудителя, трению в подшипниках и получение косвенных характеристик стабилизации геометрических размеров обрабатываемого изделия.

При записи амплитудно-частотных характеристик отслеживают положение вершины резонансного пика, либо определяют изменение логарифмического декремента затухания колебаний. Современные методы контроля эффективности виброобработки, построенные на

использовании записи АЧХ, развиваются по пути совершенствования обработки и накопления полученной информации, использования электронно-вычислительных машин и других устройств. Хотя контроль эффективности обработки путем записи АЧХ, в особенности в сочетании с автоматическим поддержанием резонанса, и дает более четкую документальную картину результатов вибронагружения, он не имеет существенных преимуществ перед энергетическим методом, рассмотренным выше.

Виброобработка существенно уменьшает структурную неоднородность, дисперсия значения ударной вязкости при 243 К снижается с 7,54 до 0,06. Верхняя граница температурного интервала хрупкости сдвигается на 10 К влево и составляет 233 К. Разницы во влиянии на хладостойкость обоих исследованных режимов виброобработки не обнаружено. Виброобработка существенно повышает работу распространения трещины в интервале температур 213...293 К. Критическая температура хрупкости снижается на 10 К, т.е. до 228 К.

В сварных соединениях стали ВСт.Зсп интервал температур 233...243 К, в котором обнаружено резкое снижение работы распространения трещин. Поэтому основной причиной охрупчивания сварных соединений при 243 К служит снижение сопротивления развитию разрушения.

Виброобработка сварных соединений из этой стали смещает верхнюю границу температурного интервала хрупкости в область более низких температур на 10 К. Высокий отпуск резко уменьшает сопротивление развитию трещины. Тот факт, что охрупчивание наступает именно за счет снижения работы распространения трещины, говорит об отрицательном влиянии исследованного режима термообработки на хладостойкость реальных металлоконструкций. В таблице приведены критические температуры хрупкости сварных соединений.

### Заключение

Результаты исследований позволяют оценить влияние виброобработки на работоспособность реальных металлоконструкций.

Таблица 1. Влияние вибро- и термообработки на критическую температуру хрупкости сварных соединений

Вид обработки	Критическая температура хрупкости, К	
	09Г2С	ВСт. Зсп
Сварка	238	243
Высокий отпуск	238	253
Виброобработка, $\sigma_{\text{вibr}}=20$ МПа	228	233
Виброобработка, $\sigma_{\text{вibr}}=60$ МПа	228	233

Литература:

1. Сагалеви́ч, В. М., Аверин А. С. Методы стабилизации размеров сварных конструкций из низкоуглеродистой стали послесварочной вибрационной обработкой. — М.: МВТУ им. Баумана. Деп. НИИМаш, 1982. — № 19. — 14 с.
2. Семенов, В. М., Соломатин В. Е., Новоселова Т. М. Виброобработка крупных сварных конструкций тяжелого машиностроения // Сварочное производство. — 1981. — № 8. — с. 15–26.
3. Мрыка, Е. Устранение остаточных напряжений с помощью нагружения и вибрации // Сб. науч. статей: Современные проблемы сварки и специальной электрометаллургии. — К.: Наукова думка, 1980. — 65–84 с.
4. Сутырин, Г. В. Снижение остаточных напряжений сварных соединений низкочастотной вибрационной обработкой // Сварочное производство. — 1983. — № 2. — с. 22–24.
5. Янус, Ю. Р. Исследование влияния вибрационного воздействия на релаксацию остаточных напряжений, структуру и свойства конструкционных сталей и алюминиевых сплавов // Автореферат диссерт. на соиск. ученой степени. — С.: 1988. — 21 с.
6. Sedek, P., Rawicz F. Wplyw drgan na stabilizacje wymiarowa Konstrukcji spawanych // Przegląd spawalnictwa — 1980. — № 2. — S. 7–11.
7. Скаковский, В. Д. Разработка технологии вибрационной обработки сварных конструкций рамного типа // Автореферат диссерт. на соиск. учен. степени. — К.: Издательство ИЭС им. Е. О. Патона, 1987. — 16 с.
8. Лашенко, Г. И. Вибрационная обработка сварных конструкций. — К.: Сварщик. — 2000. — № 5. — с. 6–7.

## Ветроэнергетические установки с использованием высокотемпературной сверхпроводимости

Зингер Мария Александровна, студент;

Клементьева Ксения Вячеславовна, студент;

Захаров Игорь Вячеславович, доктор технических наук, профессор

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова (Казахстан)

Республика Казахстан является индустриальным государством. Особенность электроэнергетики Республики Казахстан состоит в том, что выработка электроэнергии и тепла производится за счет использования твердого топлива [1]. Производство электроэнергии в Казахстане в 2015 году составило 94,5 миллиардов кВт/ч при потреблении электроэнергии 113 кВт/ч. Наблюдается устойчивая динамика увеличения потребления и производства электроэнергии, что связано с развитием экономики. При существующих генерирующих мощностях наблюдается дефицит производства электроэнергии. Общая установленная мощность электростанций составляет около 18,7 тысяч МВт. Однако, существующие генерирующие мощности имеют значительный срок эксплуатации (25 и более лет), в связи с чем располагаемая мощность составляет порядка 14,6 тысяч МВт. В структуре генерирующих мощностей тепловые электростанции составляют 15,4 МВт, или 87% от общей мощности, доля гидроэлектростанций — около 12%, другие — около 1%.

Учитывая значительную изношенность основных фондов, потребуются значительные инвестиции в строительство новых электростанций для удовлетворения спроса на электроэнергию.

Республика Казахстан расположена в центре Евразийского континента. В значительной части его территории

наблюдаются достаточно сильные воздушные течения, преимущественно северо-восточного, юго-западного направлений. В ряде районов Казахстана среднегодовая скорость ветра составляет более 6 м/с, что делает эти районы привлекательными для развития ветроэнергетики.

По экспертным оценкам, ветроэнергетический потенциал Казахстана оценивается в 1820 млрд. кВтч электроэнергии в год. Хорошие ветровые районы имеются в центральной части Казахстана, в Прикаспийском регионе, а также в ряде мест на юге, юго-востоке и юго-западе Казахстана [2].

Однако, в условиях существующего рынка электроэнергии ветроэнергетические ресурсы Казахстана практически не осваиваются. Основной причиной является не конкурентоспособность ветроэнергетики на рынке электроэнергии. Стоимость электроэнергии от ветроэлектростанций с учетом возврата инвестиций может составлять порядка 8–12 тг/кВт·ч. Стоимость электроэнергии на шинах энергопроизводящих организаций составляет в настоящее время — 2–4,5 тг/кВтч. Прогнозируемая стоимость электроэнергии у энергопроизводящих организаций в ближайшие годы может составить: от 5,0 до 8,5 тг/кВтч.

Практическая ветроэнергетика в Казахстане начинает развиваться. Следует сказать, что до 2030 года в Республике по расчетам министерства энергетики



Рис. 1. Ветроэлектростанция под Астаной, на площадке Ерейментау

и минеральных ресурсов будет построено 46 ветроэлектростанций.

Первые шаги в этом направлении уже сделаны. В 2013 году «Самрук-Энерго» начало строительство первого этапа Ерейментауского ветропарка (Рисунок 1).

В 2014 году запущена первая в Казахстане (Жамбульская область, Кордайский перевал) промышленная ветроэлектростанция мощностью 21 МВт, построенная компанией «Изен-Су» (Рисунок 2).

OurOffset Kazakhstan планирует построить ветроэлектростанцию мощностью 75 МВт в Южно-Казахстанской области в районе поселка Ачисай, возле города Кентау. Стоимость проекта 235 млн. долл США. Сейчас проект на стадии разработки технико-экономического обоснования.

В последние годы разработано технико-экономическое обоснование «Строительство ВЭС «Байдибек-1» мощностью 210 МВт в Жамбылской области [3].

Концерн Vestas Wind Systems A/S (Германия), который известен своими высококачественными ветрогенераторами, активно разрабатывает программу вло-

жения в Казахстанскую ветроэнергетику. Ожидается, что немецкие партнеры вложат 200 млн. евро чтобы построить ветроэлектростанции суммарной мощностью 500 МВт. Местами их расположения будут Ерейментау и Шелекский коридор. Согласно прогнозам, по мере увеличения производства в Казахстане отечественные производители будут поставлять часть оборудования для ветропарков.

Следует сказать, что во всем мире существует интерес к развитию ветроэнергетики, особенно на базе последних достижений науки и техники. Примером этого могут служить ветрогенераторы с использованием высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Например, профессор Хьюстонского Университета и главный консультант по технологиям компании Superpower В. Сельва-маникам видит большой потенциал ВТСП устройств в использовании ветрогенераторов на основе ВТСП мощностью свыше 10 МВт [4].

Современное состояние ветрогенераторов на основе ВТСП характеризуют заключенные и исполняемые проекты в этой области [5].



Рис. 2. Кордайская ветроэлектростанция

Таблица 1. Проекты по ВТСП ветрогенераторам

Устройства	Название проекта	Производитель	Сроки выполнения	Характеристики	Стоимость, \$
Ветряные генераторы	Испытание отдельных компонентов ветрогенератора, создание макетного образца, проект	AML, Emerson Electric, Argonne, Creare, BEW Engineering	2012–2014	Ветрогенератор 10 МВт на основе $MgB_2$	Этап I-700000 Этап II-2500000
Сверхпроводниковые двигатели	Fully Superconducting Direct-Drive Generator for Large Wind Turbines, Phase I&II	AML	2012–2015	Ветрогенератор с прямым приводом 8–10 МВт	Этап I-700000 Этап II-500000
	Generator for Wind Turbine, Incorporating LTS	AML	2012–2015	Ветрогенератор 15 МВт	Этап I-700000 Этап II-2000000

По сообщению информационного сайта Австралии Renew Economy в институте Сверхпроводников и материалов электронной техники австралийского университета Вуллонгонга разработан проект ветрогенератора, имеющего на 40% меньшую массу по сравнению с традиционным исполнением. Отказ от редуктора и использование обмоток из диборида магния, позволит не только уменьшить массу, но и сократить стоимость ветроустановки с 15 до 3–5 млн. долларов. Отсутствие массивного и ненадежного редуктора также снизит и эксплуатационные расходы. Для Австралии с ее значительной береговой линией переход в течение ближайших пяти лет на ветрогенераторы с ВТСП сможет заметно снизить стоимость электроэнергии от ветряных установок.

Китайская компания Dongfang Corporation (DEC) разрабатывает сверхпроводниковый ветрогенератор мощностью 10 МВт. Для обмоток ветрогенератора будут использованы как ВТСП проводники 2-го поколения, так и  $MgB_2$  проводники. Рабочая температура в 30 К достигается при помощи охлаждения криокулерами через тепловые мосты. ВТСП проводники используются лишь в обмотках, работающих при сравнительно высоких магнитных полях, остальные обмотки выполнены из  $MgB_2$ , данное решение позволило значительно снизить стоимость сверхпроводника.

В Таблице 2 представлены параметры разрабатываемого Huazhong University of Science and Technology

(HUST) сверхпроводникового ветрогенератора на основе ниобий-титановых проводников. Основной особенностью генератора является отсутствие вращающегося криостата, что значительно упрощает систему криогенного обеспечения. Мощность ветрогенератора будет достигать 12 МВт.

Для отработки технических решений был изготовлен и испытан макетный образец на основе ВТСП-2 (Рисунок 3).

В Московском авиационном институте (Национальном исследовательском университете, МАИ) проводятся работы по созданию электромеханических преобразователей и другого электрооборудования на основе ВТСП материалов начиная с 1994 г. Работы выполнялись в рамках проекта Госкорпорации «Росатом» «Сверхпроводниковая индустрия» в составе проекта «Инновационная энергетика» по приоритетному направлению «Энергоэффективность» при президенте Российской Федерации и госконтракту «Сверхпроводимость» с МИНПРОМТОРГОм.

МАИ совместно с АО «НИИЭМ» (г. Истра), МГТУ им. Баумана, ИФВЭ (г. Протвино), АО «ВПО Точмаш» (г. Владимир) и ГУАП (г. Санкт-Петербург) в конце 2015 года завершил работы по созданию сверхпроводниковых электродвигателей, генераторов, кинетического накопителя энергии, замкнутой системы криогенного обеспечения, а также были созданы испытательные стенды и проведены испытания всех устройств.

Таблица 2. Основные характеристики разрабатываемых в Китайской Народной Республике сверхпроводниковых ветрогенераторов

Item	DEC	HUST
Rated power	10 MW	12 MW
Rated voltage	3,5 kV	3,3 kV
Rated current	840 A	2100 A
Rated speed	11 rpm	9 rpm
Rated frequency	2 Hz	3 Hz
Phase	6	3
Air-gap magnetic field	2 T	2,2 T
Operation temperature	20 K	4,2 K

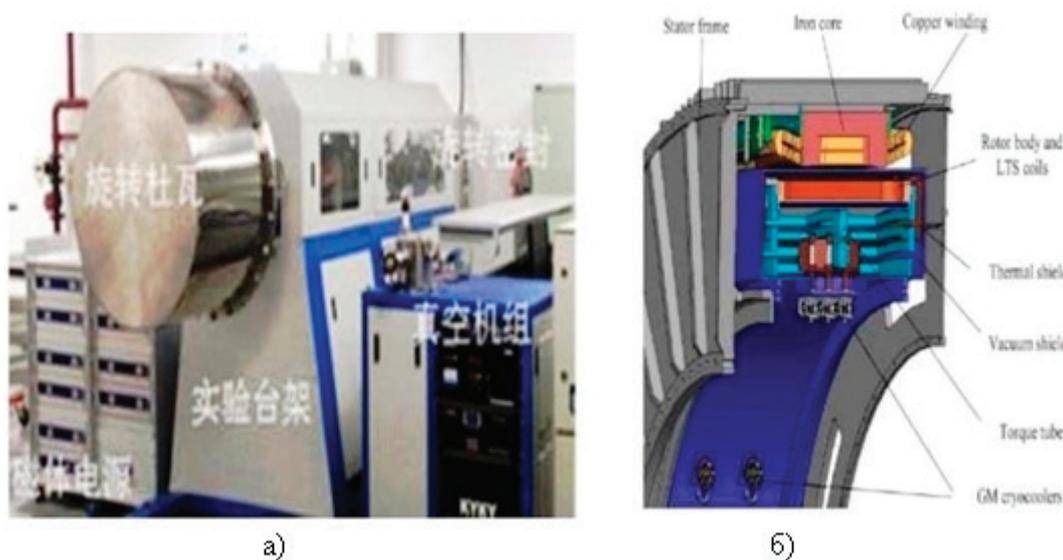


Рис. 3. Макетный образец ветрогенератора DEC а), проект ветрогенератора HUST б), [6]

Созданный ВТСП генератор (Рисунок 4) не имеет мировых аналогов. Основные его характеристики представлены в таблице 3 [7].

Разрабатываемые в мире безмультипликаторные ветрогенераторы большой мощности имеют удельную массовую мощность порядка 0,07 кг/кВт и КПД 95%. Производство ветрогенераторов больших размеров, помимо

технологических сложностей, связанных с изготовлением, доставкой, сборкой, монтажом, имеет долгое время окупаемости, что значительно снижает их рентабельность и экономическую привлекательность.

Основной областью применения разработанного генератора являются ветроэнергетические установки. Применение сверхпроводящих материалов позволяеткратно



Рис. 4. Первый в мире синхронный ветрогенератор мощностью 1 МВ·А с обмотками из ВТСП второго поколения

Таблица 3. Основные характеристики синхронного ВТСП ветрогенератора

Номинальная мощность, кВ·А	1000
Номинальное напряжение, В (линейное/фазное)	1195/690
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	600
Номинальная частота, Гц	50
Номинальный момент, Н·м	16000
Номинальный ток статора, А	500
Диаметр расточки, мм <sup>2</sup>	800
Активная длина, мм	400
Коэффициент мощности	0,99
Коэффициент полезного действия	0,99

сократить массу и габаритные размеры ветрогенератора при сохранении его мощности, или повысить номинальную мощность при сохранении массы.

В последние годы в ведущих научных центрах по всему миру возрос интерес к разработке нового электротехнического оборудования на основе ВТСП материалов. Это

связано, прежде всего, с тем, что уровни производимой и потребляемой мощностей электроэнергии растут, а топливные ресурсы весьма ограничены. Поэтому необходимо повышать эффективность за счет усовершенствования уже существующего и разработок принципиально нового электрооборудования.

Литература:

1. Анализ развития и распространения передовых технологий в области энергоэффективности и возобновляемой энергетики в Казахстане. Проект Европейской Экономической Комиссии ООН. Алматы, 2012.
2. Национальная Программа развития ветроэнергетики в Республике Казахстан до 2015 г. с перспективой до 2024 г. Проект Программы развития ООН и Правительства Казахстана «Казахстан — инициатива развития рынка ветроэнергетики», Алматы-Астана, 2007.
3. Госсен, Э., Трофимов А., Маринушкин Б. Первая промышленная ветроэлектростанция в Казахстане введена на полную мощность <http://kazenergy.kz/arhiv/55/31-33.pdf>.
4. Сверхпроводники для электроэнергетики. Информационный бюллетень. — 2008. — Том 8, выпуск 3. с.7.
5. Сверхпроводники для электроэнергетики. Информационный бюллетень. — 2014. — Том 11, выпуск 2. с.10–11.
6. Сверхпроводники для электроэнергетики. Информационный бюллетень. — 2015. — Том 12, выпуск 3. с.10–11.
7. Сверхпроводники для электроэнергетики. Информационный бюллетень. — 2016. — Том 13, выпуск 1. с.3–4.

## Вычисление расстояния до наблюдаемого объекта по изображениям со стереопары

Ильясов Эдуард Сергеевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В данной работе предлагается алгоритм для вычисления расстояния до наблюдаемого объекта по изображениям со стереопары.

Актуальность данной работы заключается в том, что определение расстояния до объекта по изображениям с двух камер — одна из ключевых задач систем компьютерного зрения. В лабораториях по всему миру ведутся исследования практического применения стереозрения для извлечения информации об окружающем мире.

Одно из применений стереозрения — навигация подвижных роботов. Например, Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космических пространств (НАСА) разработала робота (марсоход Mars Exploration Rover) для исследования поверхности планеты Марс. С помощью системы стереозрения робот может определять расстояние до препятствия и успешно обходить его.

### Используемое в работе оборудование

1. две USB-камеры;
2. шаблон шахматной доски размера 594 x 841 мм;
3. ноутбук с операционной системой MacOS, Python 2.7;
4. рулетка измерительная.

### Подготовительные работы перед разработкой алгоритма

1. Изготовление шаблона шахматной доски размером 594 x 841 мм на основе стандартного шаблона библиотеки с открытым исходным кодом OpenCV. Данный шаблон имеет 6 узлов по вертикали и 9 узлов по горизонтали.

2. Создание стенда из двух USB-камер, закрепленных на твердой, ровной поверхности, расположенных на фиксированном расстоянии друг от друга.

### Разработка алгоритма

На рисунке 1 представлен алгоритм вычисления расстояния до наблюдаемого объекта. Приведем подробное пояснение каждого из шагов.

Шаг 1. На первом шаге производится сбор изображений, на которых изображен шаблон шахматной доски в различных положениях, с левой и правой камер стереопары. Для корректной работы реализации алгоритма необходимо, чтобы шаблон шахматной доски полностью попадал в область видимости камер стереопары и занимал как можно большую площадь кадра.

Шаг 2. На втором шаге производится поиск узлов шаблона шахматной доски на изображениях, полученных на

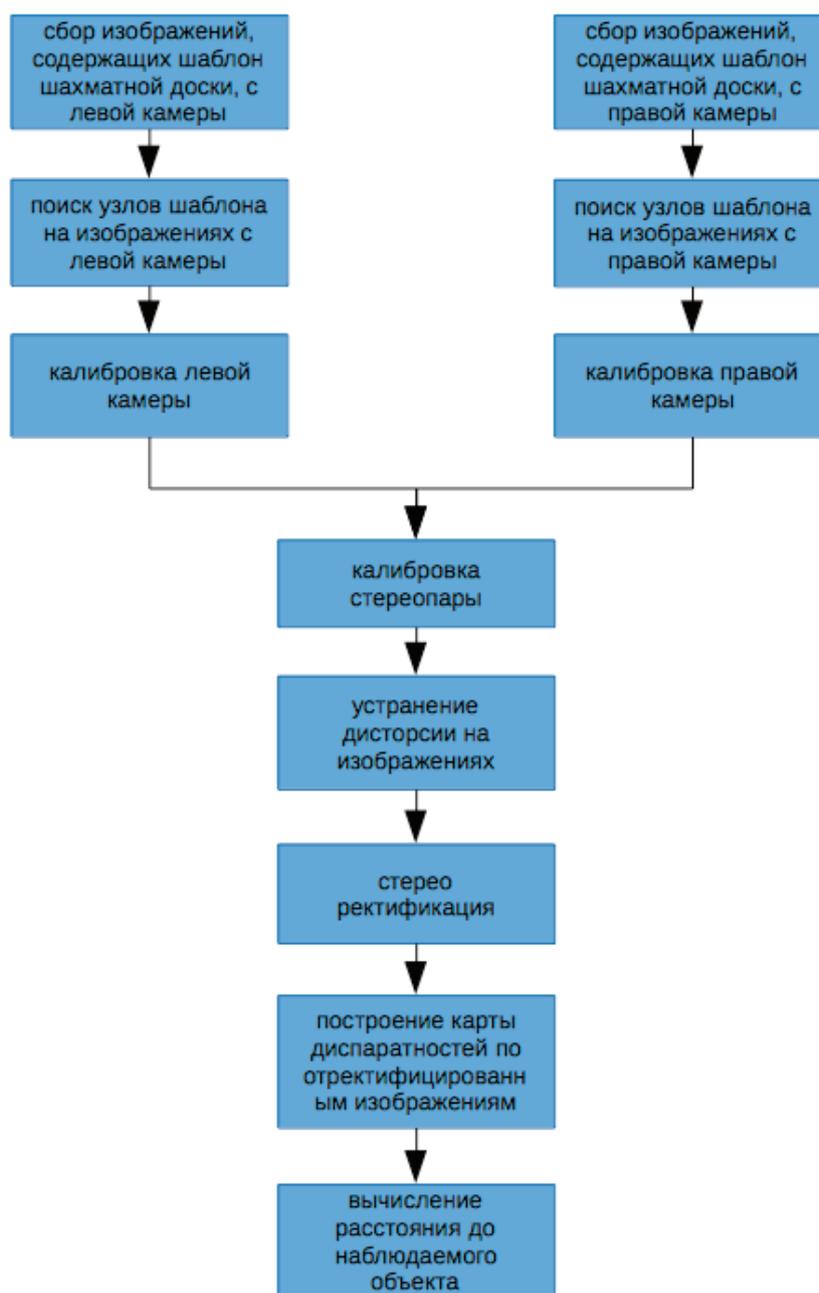


Рис. 1. Алгоритм вычисления расстояния до объекта

шаге 1. Поиск узлов шаблона осуществляется при помощи библиотечной функции OpenCV `findChessboardCorners()`. Координаты узлов шаблона сохраняются для дальнейшего использования.

Шаг 3. На третьем шаге производится калибровка каждой из стереопар по-отдельности. Калибровка камер стереопары осуществляется при помощи библиотечной функции OpenCV `calibrateCamera()`.

Шаг 4. На четвертом шаге производится калибровка всей стереопары. Данные, полученные на третьем шаге подаются на вход библиотечной функции OpenCV `stereoCalibrate()`, которая считывает внутренние параметры стереопары. После процедуры стерео калибровки мы получаем фокусное расстояние камер в пикселях и координаты принципиальных точек камер.

Шаг 5. На пятом шаге производится устранение дисторсии на изображениях, полученных на первом шаге. Устранение дисторсии производится при помощи библиотечных функций OpenCV `initUndistortRectifyMap()` и `remap()`. После выполнения данного шага, все прямые линии наблюдаемых объектов окружающего мира становятся прямыми линиями на изображении.

Шаг 6. На шестом шаге производится ректификация изображений, полученных на шаге 5. Ректификация заключается в выравнивании деформированных изображений, полученных на шаге 5, таким образом, чтобы эпиполярные линии изображений с левой камеры совпадали с эпиполярными линиями изображений с правой камеры. Данную процедуру выполняет библиотечная функция OpenCV `stereoRectify()`.

Шаг 7. На седьмом шаге для каждой пары соответствующих изображений с левой и правой камер производится построение карты диспаратностей (или карты глубины (depth map)) по изображениям, полученным на шестом шаге. Каждый пиксель карты диспаратностей содержит в себе информацию о том, сколько пикселей по оси OX находится между соответствующими пикселями изображений объекта с левой и правой камер. Построение карты диспаратностей осуществляется на основе алгоритма SGBM при помощи библиотечной функции OpenCV Stereo SGBM.

Шаг 8. На восьмом шаге производится вычисление расстояния до наблюдаемого объекта. Вычисление расстояния до объекта напрямую связано с информацией, которую несет в себе карта диспаратностей, построенная на седьмом шаге.

Приведем вывод формулы для нахождения расстояния до наблюдаемого объекта.

Дано:

1. расстояние между камерами стереопары (базовое расстояние, base length)
2. фокусное расстояние камеры стереопары  $f$
3. карта диспаратностей

Найти: расстояние до наблюдаемого объекта  $Z$

Решение:

$P$  — наблюдаемый объект

$base$  — расстояние между камерами стереопары (в метрах)

$f$  — фокусное расстояние камеры стереопары (в пикселях)

$x_0$  — координата по оси OX точки объекта  $P$  на изображении с левой камеры

$x_0 - d$  — координата по оси OX точки объекта  $P$  на изображении с правой камеры

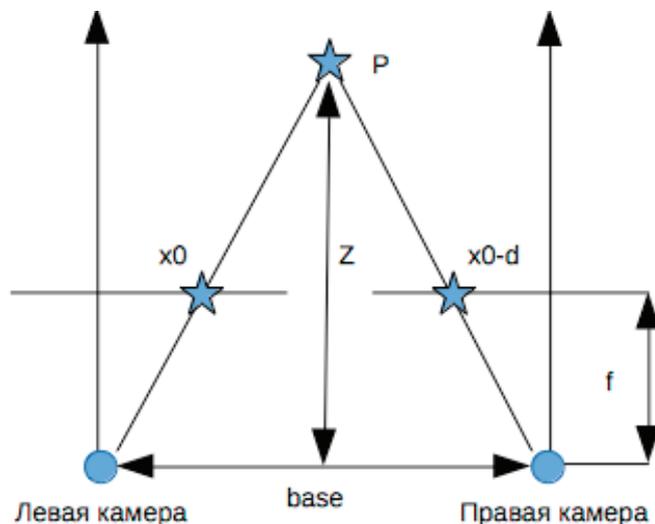


Рис. 2. Пояснительный рисунок

$d$  — диспаратность точки  $x_0$  объекта  $P$  (в пикселях)

$Z$  — расстояние до наблюдаемого объекта (в метрах)

Посмотрев на Рисунок 2, можно заметить подобные треугольники. Из подобных треугольников следует соотношение:  $(base - d)/(Z - f) = base/Z$

Из данного соотношения следует, что  $Z = f * base/d$

Получили формулу, для вычисления расстояния до наблюдаемого объекта.

Проанализировав данную формулу, можно сделать следующие выводы:

1. Расстояние до точки объекта обратно пропорционально диспаратности данной точки. Это свидетельствует о том, что точки, расположенные дальше от плоскости стереопары имеют меньшую диспаратность, нежели точки, расположенные ближе к плоскости стереопары.

2. Значение диспаратности прямо пропорционально расстоянию между камерами. Чем больше расстояние между камерами, тем выше диспаратность.

3. Разрешение карты диспаратностей линейно зависит от разрешения изображения. Чем выше разрешение изо-

бражения, тем более аккуратной получается карта диспаратностей.

### Экспериментальная часть

В данной части работы пройдемся по шагам алгоритма и рассмотрим артефакты, полученные на каждом шаге описанного выше алгоритма. Также построим зависимость ошибки определения диспаратностей от расстояния до наблюдаемого объекта.

Приведем наглядные иллюстрации результата работы алгоритма и построим зависимость ошибки определения диспаратностей от расстояния до наблюдаемого объекта.

Под ошибкой определения диспаратности будем понимать модуль разности значения диспаратностей, соответствующего вычисленным расстояниям (на основе базового расстояния, фокусного расстояния и значения диспаратностей) и значения диспаратностей, соответствующего действительным расстоянием.

Таблица 1. Действительные расстояния от плоскости стереопары до наблюдаемых объектов

Объект	Расстояние от стереопары до объекта (м)
Поверхность стола	2.3
Первая книга	3.11
Вторая книга	3.45
Третья книга	3.72
Доска	4.15

Таблица 2. Значения диспаратностей точек наблюдаемых объектов, взятые из карты диспаратностей

Объект	Координата точки объекта (x, y)	Значение диспаратности
Поверхность стола	(324, 274)	56.5
Первая книга	(508, 207)	42.0
Вторая книга	(415, 199)	37.6875
Третья книга	(335, 200)	35.0625
Доска	(230, 116)	31.0

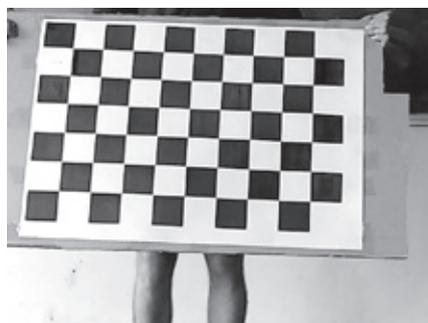


Рис. 3. Изображение с правой камеры (этап сборки кадров с камеры с изображением шахматной доски)

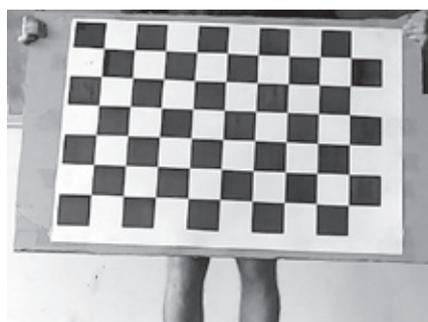


Рис. 4. Изображение с левой камеры (этап сборки кадров с камеры с изображением шахматной доски)

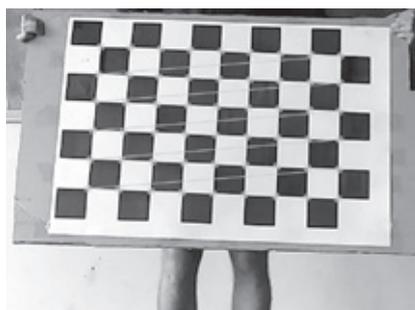


Рис. 5. Изображение с левой камеры с найденным шаблоном (этап поиска узлов шаблона шахматной доски на изображениях)

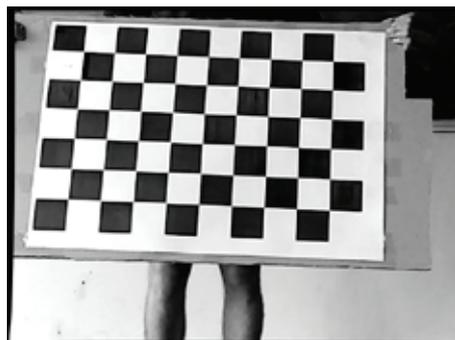


Рис. 6. Отректифицированное изображение с правой камеры с устраненной дисторсией (этап ректификации и устранения дисторсии)

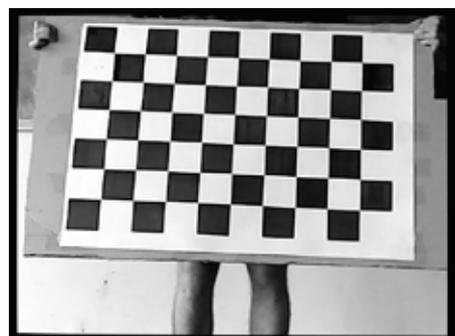


Рис. 7. Отректифицированное изображение с левой камеры с устраненной дисторсией (этап ректификации и устранения дисторсии)



Рис. 8. Изображение сцены с наблюдаемыми объектами (стол, три книги и доска, расположенные на расстоянии друг от друга)



Рис. 9. Карта диспаратностей для изображений с правой и левой камеры (стол, три книги и доска, расположенные на расстоянии друг от друга)

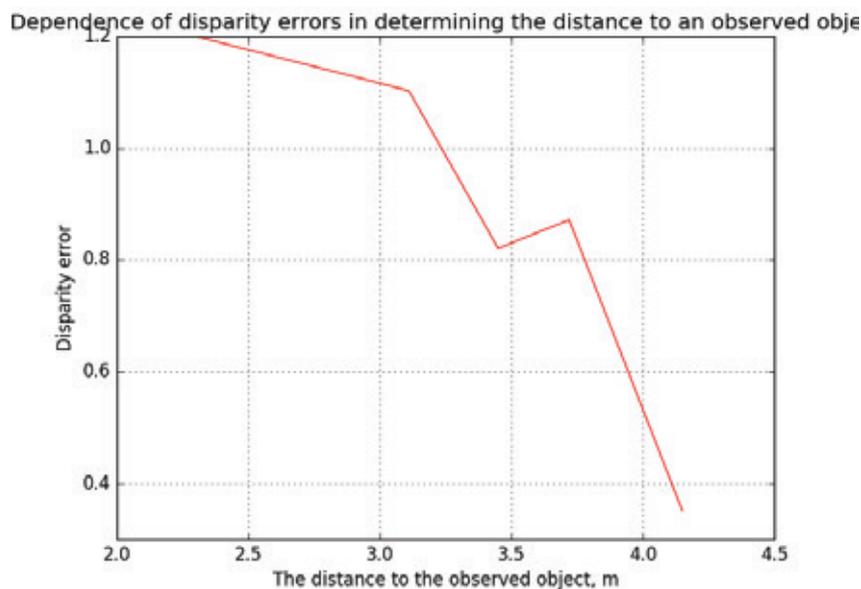


Рис. 10. Зависимость ошибки определения диспаратности от расстояния до наблюдаемого объекта

**Вывод**

По графику видно, что наибольшее значение ошибки определения диспаратности для расстояния до наблюдаемого объекта от 2.30 до 4.15 метров составляет всего 1.2, что свидетельствует о хорошем качестве карты диспаратностей.

**Заключение**

В данной работе был разработан алгоритм вычисления расстояния до наблюдаемого объекта по изображениям со стереопары. Приведены расчеты ошибки определения диспаратностей в зависимости от расстояния до наблюдаемого объекта.

Литература:

1. Richard Hartley, Andrew Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision, 2<sup>nd</sup> Edition
2. <https://www.python.org/>
3. <http://opencv.org/>

**Формирование и обработка OFDM сигналов**

Ковалев Василий Васильевич, студент;  
 Селецкая Оксана Юрьевна, студент;  
 Покаместов Дмитрий Алексеевич, аспирант  
 Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Системы связи играют ключевую роль в современной жизни человека. Ежедневно нам приходится пользоваться различными устройствами для передачи информации друг другу. Важными параметрами таких систем являются скорость передачи, помехозащищённость, дальность связи, максимально возможное число абонентов и т.д.

Разработчики телекоммуникационных систем сталкиваются с постоянной проблемой ограниченности ресурса среды передачи, будь то время, пространство, частота или

код. Поэтому при передаче нескольких потоков данных для одного или нескольких пользователей приходится решать задачу множественного доступа к среде. Наиболее распространёнными являются такие методы решения этой задачи, как частотное разделение (FDMA) (на каждого абонента выделяется свой диапазон частот), временное разделение (TDMA) (для каждого абонента выделяется своё время доступа к среде передачи) и кодовое разделение (CDMA) (каждый абонент в среде передачи идентифицируется по своему коду) [1].

В этой статье рассмотрены общие методы приёма и передачи OFDM сигналов, канальное кодирование для систем связи четвертого поколения и реализация математической модели в среде MatLAB.

OFDM представляет собой технологию мультиплексирования с ортогональным частотным разделением [2]. Это означает, что весь диапазон частот делится между  $N$  поднесущими, на каждой из которых передаётся  $1/N$  часть общего потока информации параллельно. Поднесущие являются ортогональными, что позволяет произвести разделение абонентов и исключить их взаимное влияние.

Особенность этой технологии заключается в устойчивости к многолучевому распространению. Это явление заключается в наложении друг на друга копий исходного сигнала с разными амплитудами и задержками и чаще всего негативно отражается на передаче данных — часть несущих может быть «вырезана» из спектра сигнала. Но вследствие того, что передача осуществляется на нескольких поднесущих, а не на одной, теряется не весь поток данных, а лишь его часть, которая может быть с некоторой точностью восстановлена.

Структурные схемы приёмника и передатчика OFDM сигналов приведены на рис. 1 и 2. На рис. 3 приведена структурная схема блока канального кодирования.

Схема канального кодирования, изображенная на рис. 3, является типовой для систем связи 4-го поколения LTE и WiMAX, а также для современного семейства стандартов цифрового телевидения DVB. Последовательно рассмотрим этапы выполнения канального кодирования.

Скремблирование представляет собой сложение по модулю два передаваемых битов с элементами псевдослучайной последовательности, которую формирует генератор с задающим полиномом [3]. Целью скремблирования является придание битовому потоку свойств псевдослучайной последовательности и снижение вероятности появления в нём длинных последовательностей нулей или единиц, а также периодических фрагментов. Помехоустойчивое кодирование необходимо для нахождения и исправления одиночных ошибок [4]. При передаче сигнала в условиях многолучевого распространения могут пропадать целые блоки передаваемых символов, вследствие чего возникают групповые ошибки. Перемежение позволяет преобразовать групповые ошибки в одиночные, которые декодер легко исправляет. Модуляция (манипуляция) представляет собой изменение сигнала в зависимости от передаваемого кода. Чем больше позиций манипуляции, тем большее количество данных можно передать, однако при этом снижается помехоу-

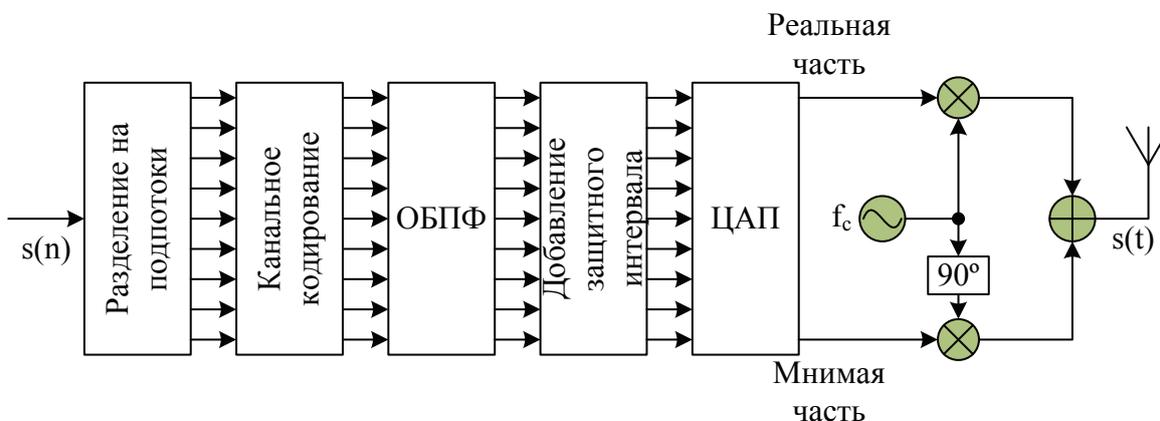


Рис. 1. Структурная схема передатчика OFDM сигналов

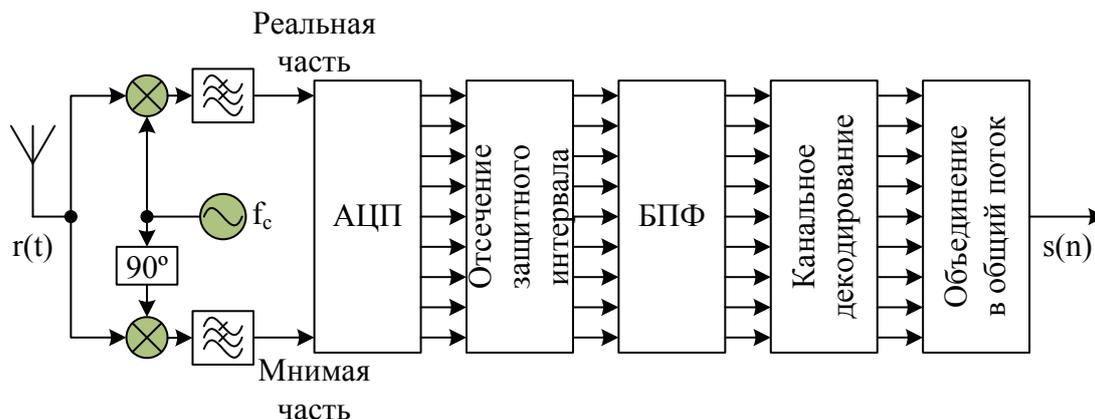


Рис. 2. Структурная схема приёмника OFDM сигналов



Рис. 3. Схема блока канального кодирования

стойчивость. В этой работе используются три вида манипуляции — BPSK, QPSK и QAM-16 [5].

Так же для защиты сигналов от возможных искажений в условиях многолучевого распространения вводится дублирование конца каждого OFDM символа в защитном интервале, предшествующем его передаче, так называемый циклических префикс. Чем больше его длина, тем в более тяжёлых условиях многолучевого распространения может передаваться сигнал, но в то же время уменьшается скорость его передачи.

Симуляция канала распространения представляет собой наложение белого гауссовского шума на передаваемый сигнал. На рис. 4 представлен график зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум для системы связи, схема которой приведена на рис. 1–3. При симуляции были использованы следующие параметры:

- Количество поднесущих — 2048;
- Количество OFDM символов — 100;
- Величина защитного интервала в долях OFDM символа — 1/8.

На рис. 4 видно, что канал оказывает существенное влияние на передачу сигнала. С увеличением индекса модуляции увеличивается скорость передачи, но в то же время снижается её помехоустойчивость.

В ходе работы была создана математическая модель описывающая передачу, распространение, приём и обработку OFDM сигналов. Был построен график зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум для нескольких видов модуляции. Для обеспечения качественной связи в среде, когда канал передачи мало влияет на распространение сигнала, приоритетным параметром является скорость передачи. Наибольшей скоростью из трех рассмотренных видов модуляции обладает

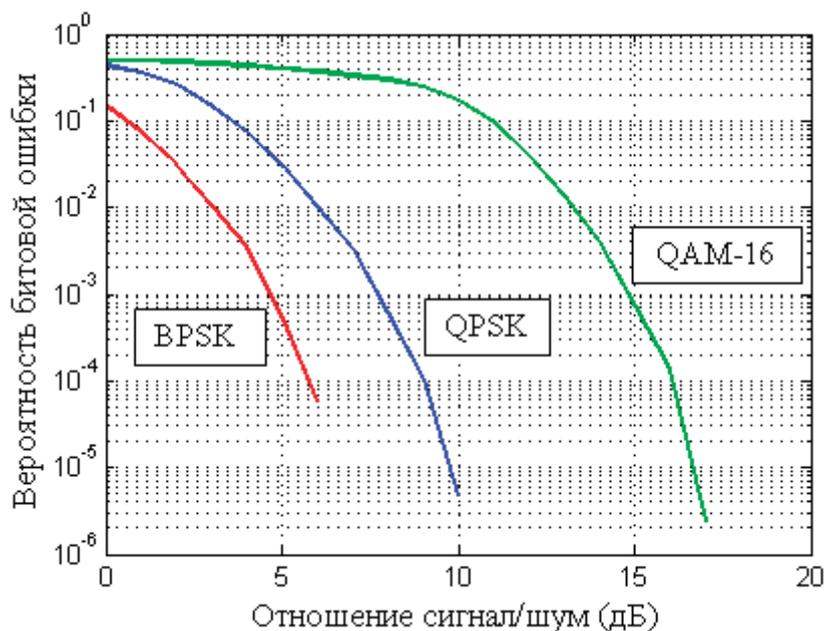


Рис. 4. BER для модуляций BPSK, QPSK и QAM-16

QAM-16. В средах же с большой зашумлённостью и многолучевым распространением важно обеспечить меньше

количество ошибок в ущерб скорости передачи, т.е. использовать модуляции QPSK или BPSK.

#### Литература:

1. Fazel, Khaled. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. — 2nd ed. — Wiley, 2008. — 380 p.
2. Prasad, Ramjee. OFDM for wireless communications systems / Ramjee Prasad. — London: Artech House, 2004. — 291 p.
3. Рашич, А. В. Сети беспроводного доступа WiMAX: учеб. пособие / Рашич А. В. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 179 с.
4. Бернанд Склад. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. — М: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 1104 с.
5. ETSI EN 302 755 v1.4.1 (2015-07). Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

## Способы обеспечения продольной устойчивости самолетов типа «летающее крыло»

Марашан Максим Владимирович, студент;

Оглуздина Ксения Александровна, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

*Рассмотрены основные способы обеспечения устойчивого управления летательных аппаратов схемы «летательное крыло». Обоснованы сильные и слабые стороны компоновки типа «летательное крыло». Выделены перспективы применения летательных аппаратов схемы «летательное крыло».*

В наши дни в практике мирового самолетостроения самой распространённой является «классическая» схема — с фюзеляжем, хвостовым оперением (вертикальным и горизонтальным) позади крыла и прочими элементами конструкции. Данная схема с точки зрения аэродинамики и технологичности конструкции не является идеальной. Только крыло участвует в образовании подъемной силы. Фюзеляж и хвостовое оперение создают дополнительное сопротивление [1].

Аэродинамическая схема типа «летающее крыло» — разновидность схемы «бесхвостка», в которой роль фюзеляжа играет крыло, несущее все агрегаты, экипаж и полезную нагрузку [2]. Схема летающее крыло не имеет фюзеляжа и горизонтального оперения, поэтому на ней могут быть получены малые коэффициенты лобового сопротивления по сравнению с классической схемой. Также преимущество схемы проявляется в отсутствии скасов потока, вызывающих понижения эффективности рулей. Использование рулей на горизонтальных крыльях делает более надежным управление по крену, поскольку в такой схеме исключается возможность обратного влияния [3]. Несмотря на то, что у данной конфигурации аэродинамическое качество выше, чем у «классической», летные и эксплуатационные характеристики вызывают трудности для практического применения. На больших углах появившийся аэродинамический момент тангажа

настолько велик, что управляющие рули, элевоны, в хвостовой части крыла при отклонении создают момент, не способный его скомпенсировать. Проблема устойчивости принимает угрожающий характер. Поэтому диапазон допустимых углов атаки у летающего крыла уже, чем у самолетов «классической» схемы. Ограниченностью углов атаки неспособность летающего крыла достичь максимально возможного коэффициента подъемной силы

Благодаря отсутствию дополнительных поверхностей, таких как фюзеляж, оперение, особенностью самолетов схемы «летающее крыло» является их малая ЭПР (эффективная площадь рассеивания). Это позволяет строить малозаметные для радаров летательные аппараты. Учитывая эти особенности, для пассажирского транспортного самолета схема летающее крыло не применяется, но является оправданной при создании специальных летательных аппаратов, например планера, разведывательного самолета или самолета-бомбардировщика большой дальности.

Сегодня известны следующие способы повышения продольной устойчивости летательных аппаратов типа «бесхвостка»:

— использование стабилизирующего S-образного дозвукового профиля крыла;

— комбинирование сверхзвукового стреловидного крыла с отрицательной кривизной концевой части профиля;

- комбинирование прямого стреловидного крыла и уменьшение площади задней части крыла;
- использование системы стабилизации управления движения по углу тангажа с малым периодом дискретности работы БЦВМ;

S-образный профиль (рис.1) применяется для того, чтобы уменьшить максимальные углы отклонения эле-

вонов. Хорда таких профилей имеет два изгиба. При увеличении угла атаки центр давления у такого профиля быстрее, чем у профилей с хордой имеющей один изгиб, смещается назад. Этим и обусловлена повышенная продольная статическая устойчивость профилей S-образной формы. Недостаток такого способа, — узкий полетный диапазон коэффициента подъемной силы  $C_y$ .

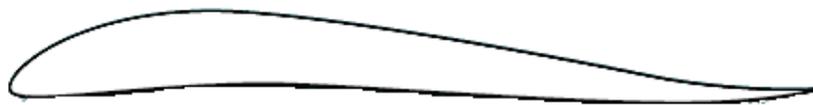


Рис. 1. Крыловой профиль S-образной формы

Второй способ обеспечения продольной устойчивости «летающего крыла» — комбинирование стреловидного крыла с отрицательной кривой концевого профиля. Концевые участки крыла всегда находятся на меньших углах атаки, чем корневые участки крыла. Элементарные приращения подъемной силы при увеличении угла атаки на смещенных назад концах крыла будут больше, чем у смещенной вперед корневой части, что и обеспечивает продольную балансировку.

Третий способ нашел применение в ВВС США (бомбардировщик B-2 Spirit). Способ заключается в уменьшении площади задней части крыла прямой стреловидности с помощью «вырезки» сегментов. Такая схема позволяет уменьшить расстояние между центром давления и центром масс, расположенным несколько дальше от носка. В случае B-2 Spirit сегменты имели треугольную форму, что позволило добавить на грани «вырезанных» сегментов дополнительные рулевые поверхности (рис. 2).

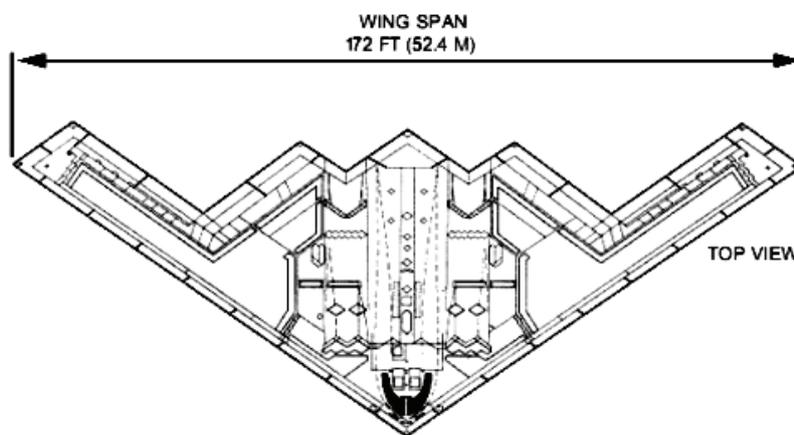


Рис. 2. Бомбардировщик B-2 Spirit с «вырезанными» треугольными сегментами в задней части крыла

Система управления (в частности продольного движения), включающая в себя контур стабилизации, является на сегодняшний день неотъемлемой частью современного летательного аппарата. Упрощенная схема контура системы управления продольного движения ЛА изображена на рис.3.

Бортовая система управления по каналу тангажа включает датчики информации, бортовую вычислительную машину, выдающую команды на рулевые приводы с учетом команд пилота (автопилота), текущего вектора состояния и наложенных ограничений на параметры вектора состояния (углы, угловые скорости, угловые ускорения), сигналы положения управляющих рулей и сами приводы рулей высоты. В качестве датчиков информации исполь-

зуются датчик углового положения (интегрирующий гироскоп), датчик угловой скорости (дифференцирующий гироскоп), датчик углового ускорения (часто вместо датчика применяется дифференцирование сигнала с дифференцирующего гироскопа).

Принцип работы системы следующий: при воздействии внешних возмущений изменяется суммарный момент  $M_z$ , что приводит к изменению угла тангажа самолета и появлению сигналов  $U_g$  и  $U_{\omega_z}$  и  $U_{\ddot{\omega}_z}$  с датчиков. По этим сигналам и сигналу текущего положения руля высоты в БЦВМ формируется управляющее напряжение  $U_{\delta}^{уп}$  на рулевой привод, который изменяет угловое положение руля высоты так, что возникающий при этом аэродинамический момент компенсирует изменение момента  $M_z$ ,

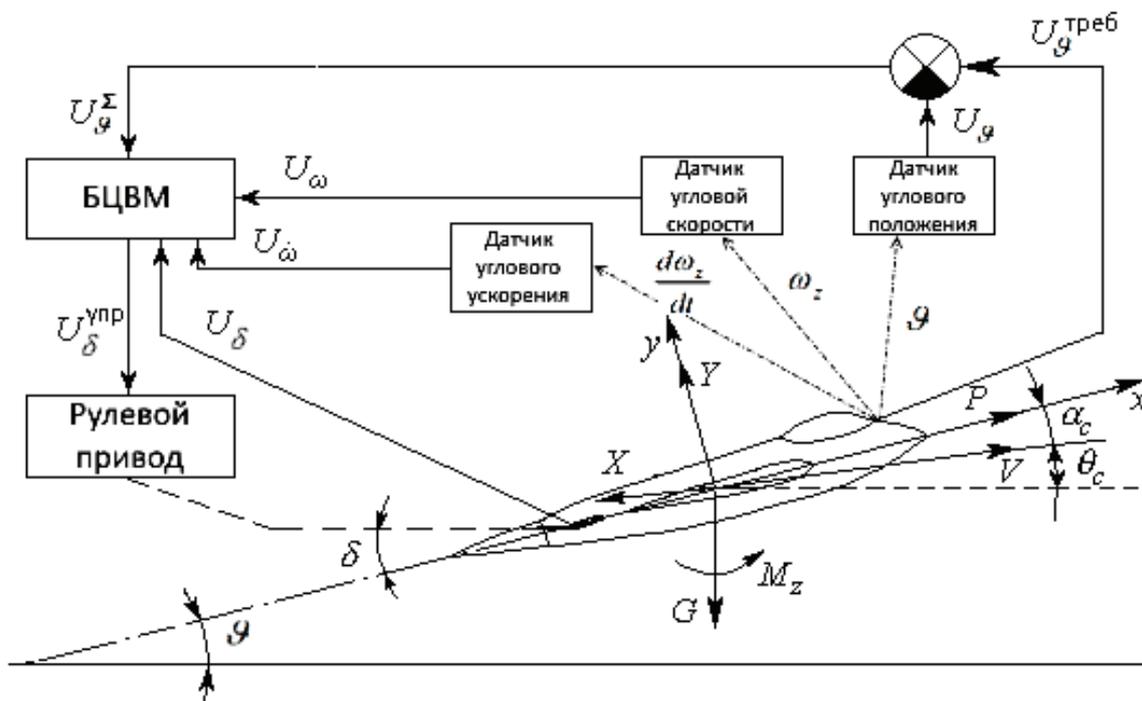


Рис. 3. Упрощенная схема управления движения самолёта по тангажу

и угол тангажа самолета становится близким к требуемому.

Как было сказано ранее, летающее крыло неустойчиво в отличие от, например, пассажирских лайнеров. Это накладывает дополнительные требования на систему управления продольного движения летательного аппарата. В частности, может потребоваться уменьшение периода дискретизации работы БЦВМ, уменьшения периодов запаздывания по сигналам обратной связи с датчиков.

Таким образом, на сегодняшний день, схема «летающее крыло» при своих достоинствах и недостатках способна занять нишу тяжелых транспортных неманевренных летательных аппаратов.

В 2009 году в России начались разработки проекта ПАК ДА — Перспективный авиационный комплекс дальней авиации в ПАО «Туполев». Самолет будет выполнен по схеме «летающее крыло». Датой начала эксплуатации назначен 2025 год [4].

#### Литература:

1. Костенко, И. К. Летающие крылья — 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1998. — 104с.
2. А. Ш. Биксаев [и др.] Летательные аппараты нетрадиционных схем — Казань: Журнал «Молодой ученый». № 11. с. 75–78. 2013 г.
3. А. Г. Голубев, В. Т. Калугин, А. Ю. Луценко, В. О. Москаленко, Е. Г. Столярова, А. И. Хлупнов, П. А. Чернуха. Аэродинамика. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010
4. Валагин., А. Перспективный ракетноноситель станет «летающим крылом»: // Русское оружие. 2014. № 7. URL: <https://rg.ru/2014/12/04/pakda-site.html> (Дата обращения: 04.12.2014).

## Интеллектуальные сети: Apple music как гурзу музыкальных предпочтений

Матлашевская Валерия Владимировна, студент

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Пермский филиал

Музыка всегда была популярна как хобби, как профессия, среди исполнителей и пользователей. В конце 20 века музыке приписывают свойства бренда, и фактически мир делится на любителей джаза, поп-му-

зыки, рока и прочего. Популярность музыкальных продуктов и их преобладание в повседневной жизни современно человека видны невооруженным глазом: по дороге на учебу или работу мы слушаем наши любимые треки

в наушниках, в гостях фоном играют популярные исполнители или любимая радиостанция, и ни одно мероприятие не обходится без музыкальных вставок.

Может показаться, что звукозаписывающие компании сорвали куш и по сей день остаются в топе самых прибыльных компаний. Однако с развитием информационных технологий, освоением информационного пространства куш срывают именно те компании, которые связаны с IT-производством. Сейчас ни для кого не секрет, что скачивание понравившейся песни на плеер или телефон через онлайн-сервер музыки требует меньше затрат, чем физический поход в магазин за CD-диском.

Справедливо ли то, что фактически музыкальные продукты принадлежат звукозаписывающим компаниям, а выигрывают на этом онлайн-сервисы? На примере рынка музыкальной индустрии можно увидеть эволюцию прав собственности с конца 20 века и до нашего времени.

### История развития Apple

Говоря о рынке музыкальной индустрии, нельзя опустить роль звукозаписывающих компаний, которые легально «дублируют» песни и музыкальные альбомы и распространяют их по всему миру. Если представить рынок музыки как вечно работающий механизм, то звукозаписывающая компания — это важнейшая его часть. Звукозаписывающие компании обладали всеми правами собственности на музыкальном рынке, они устанавливали «правила игры», и, казалось бы, ничто не сможет помешать такому успешному бизнесу. Однако в конце 90-х годов 20 века Шон Паркер совершил революцию, создав «Napster» — файлообменную пиринговую сеть, где пользователи могли обмениваться музыкой, не теряя денег на их покупку. В определенном понимании музыка получила статус собственности открытого доступа. С 1999 года выручка музыкальной индустрии США начала падать (ежегодно примерно на \$1 млрд). Естественно, правообладатели музыкального продукта подавали множество судебных исков на «Napster» за нелегальное распространение продукта, и спустя 2 года (в 2001 году) «Napster» был закрыт.

Суммарная выручка музыкальной индустрии США («Большая четверка» (Universal, Sony Music Entertainment, EMI, Warner), отвечающая почти за всю американскую музыкальную продукцию (90%)) с 1999 года по 2010 год упала с \$15 млрд. до \$7 млрд. Причиной этому стало появление на «музыкальной сцене» онлайн-магазина iTunes, сервера Spotify, компании Amazon и др.

Политика Apple по созданию и внедрению iTunes устраивала как производителей Apple, так и правообладателей музыкальных композиций: заключив договор с пятью звукозаписывающими компаниями (BMG, EMI Group, Sony, Universal Music Group и Warner Brothers Records), магазин iTunes предлагал пользователям онлайн-покупку одной песни за \$0,99 или целого альбома за \$9,99. Для обеих сторон заключение договора имело свои плюсы:

для Apple рост популярности их продукции, так как музыке, купленную в iTunes, можно было прослушивать неограниченное количество раз только на продуктах Apple; а для звукозаписывающих компаний — поддержание выручки, которую они получали при покупке музыкальной продукции (пользователю было необязательно покупать целый альбом ради одной песни, что несомненно было привлекательно для покупателей; а также понимание того, что цена отдельной песни выше, чем в составе альбома).

Но кто выигрывал: звукозаписывающая компания или онлайн-сервис? Уже к 2007 году доля iPod приблизилась к 75% на рынке музыкальных плееров, а iTunes обладал 70% рынка музыки США. Физические носители были уже не актуальны, а любой пользователь видел выгоду в онлайн-покупке. Фактически звукозаписывающие компании были загнаны в тупик, им не оставалось ничего кроме как сотрудничество с онлайн-серверами. Таким образом, в механизме рынка музыкальной индустрии появилась новая деталь.

### Анализ музыкальных онлайн-серверов

Сейчас уже онлайн-сервисы «диктуют правила игры»: они сохраняют статус звукозаписывающих компаний, и в мире сохраняется легальное приобретение продукта, авторские права и пр.

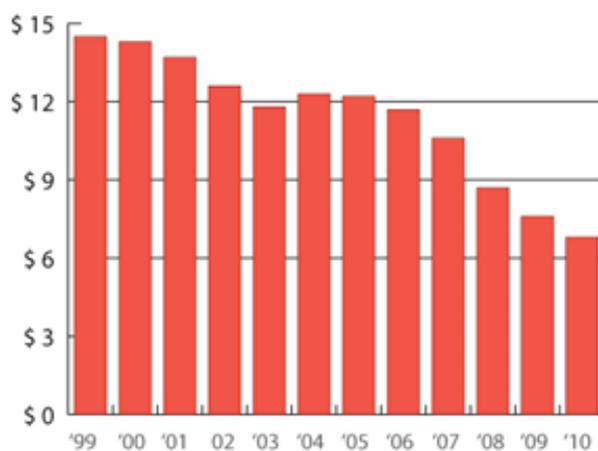
Был ли у звукозаписывающих компаний альтернативный выбор? Отказ от сотрудничества с онлайн-серверами привел бы к полному пиратству на музыкальном рынке и в интернет пространстве: никто бы не смог остановить волну сайтов с бесплатным скачиванием треков; а звукозаписывающие компании в миг бы обанкротились. Поэтому политика онлайн-серверов была очень проста и своевременно гениальна — поддержка звукозаписывающей компаний, но с условием преобладания на рынке музыки.

Появление на рынке iTunes пришлось на 2003 год, тогда можно заметить небольшое выравнивание в выручке звукозаписывающих компаний, однако начиная с 2006 года прибыль компаний резко падает (более \$1 млрд. в год) (рисунок 1).

«Диктуя свои правила», онлайн-сервисы, в частности Apple — iTunes, получают свои 30% от продажи музыкального продукта (\$0,31 от \$0,99), а звукозаписывающие компании 70% (\$0,68) за один трек: это объясняет резкий спад в прибыли компании; однако компании не работают себе в убыток, а на своих 30% iTunes заметно выигрывает (учитывая рост популярности продукции Apple).

В результате, идея по созданию iTunes оказалось в «нужном месте в нужное время», так как компания Apple к 2003 году обладала самым популярным плеером в мире (iPod, выпущенным в 2001 году), а привязанность потребителей к «яблочному» бренду сыграла важную роль в выборе iTunes. Покупателей так же вдохновляли внешний вид онлайн-магазина и его функции: изобра-

Выручка музыкальной индустрии в США, \$ млрд



Источник: Recording Industry Association of America'

Рис. 1

жения обложек альбомов, тексты песен, позднее — интервью с исполнителями, видео клипов и многое другое. Apple удалось создать в прямом смысле слова магазин, но только в интернет-пространстве.

### Apple сегодня

На сегодняшний день Apple является ключевым игроком на данном рынке. Зарабатывая ежесекундно около \$5400, к 2013 году чистая прибыль компании составила \$171 млрд. (сравнительно с бюджетом Министерства финансов США — \$49 млрд.). Один из вариантов действия Apple — покупка крупнейших звукозаписывающих компаний, для обладания почти всеми правами собственности — в этом случае на рынке музыкальной индустрии Apple станет монополистом, «диктуя свои правила». Но Apple не концентрируется только на музыкальном секторе, в интересах компании развивать сервис, нежели просто повышать цену старого продукта.

В целом, прогнозируется рост продаж музыки на цифровых носителях, в то время как спрос на музыку на физических носителях упадет на 40% к 2016 году (относительно 2012 года) [1].

В России после запуска официальной российской версии iTunes в 2012 году онлайн-магазин сохранил свою популярность, вопреки высказываниям участников рынка в пользу модели скачивания контента.

### Apple Music

Дальнейшие действия Apple предугадать сложно, но сервисы «iTunes in the iCloud» и «iTunes Match» (где вся библиотека записей хранится в «облаке») намекают на то, что сегодня не так важно владение какими-либо файлами, сколько сам доступ к этим файлам.

Ещё до выхода Apple Music было много слухов относительно готовящегося музыкального сервиса. На это указывал и тот факт, что Apple 29 мая 2014 года купила компанию Beats Electronics, занимающуюся выпуском наушников, а также имеющую в своём распоряжении музыкальный сервис Beats Music.

В конце презентации WWDC 2015, под лозунгом One More Thing был представлен сервис Apple Music, который позаимствовал многие черты от Beats Music, а также новая интернет-радиостанция Beats 1, которая распространяется эксклюзивно для Apple Music.

Работу сервис начал 30 июня 2015 года, одновременно с выходом iOS 8.4. В этот же день заработала станция Beats 1.

Одной из особенностей Apple Music является раздел Connect, выполняющий роль связи между артистом и слушателем. В этом разделе знаменитые артисты могут выкладывать фото или видео со своих выступлений, заготовки песен, а также ещё не выпущенный контент.

В Apple Music есть функция радио, при включении которой подбираются музыкальные композиции в соответствии с предпочтениями слушателя (рисунок 2).

Среди прочих особенностей сервиса присутствует возможность сохранения музыки на устройство для прослушивания оффлайн.

Вся музыка в Apple Music транслируется с битрейтом 256 кбит/с в формате AAC. При передаче через сотовую связь или при низкой скорости интернет-соединения, битрейт музыки уменьшается.

В октябре 2015 года количество пользователей, приобретших платную подписку Apple Music, составило 6.5 млн. человек. Ещё 8.5 млн. человек используют бесплатную пробную версию сервиса. Суммарное количество пользователей составляет более 15 млн. человек.

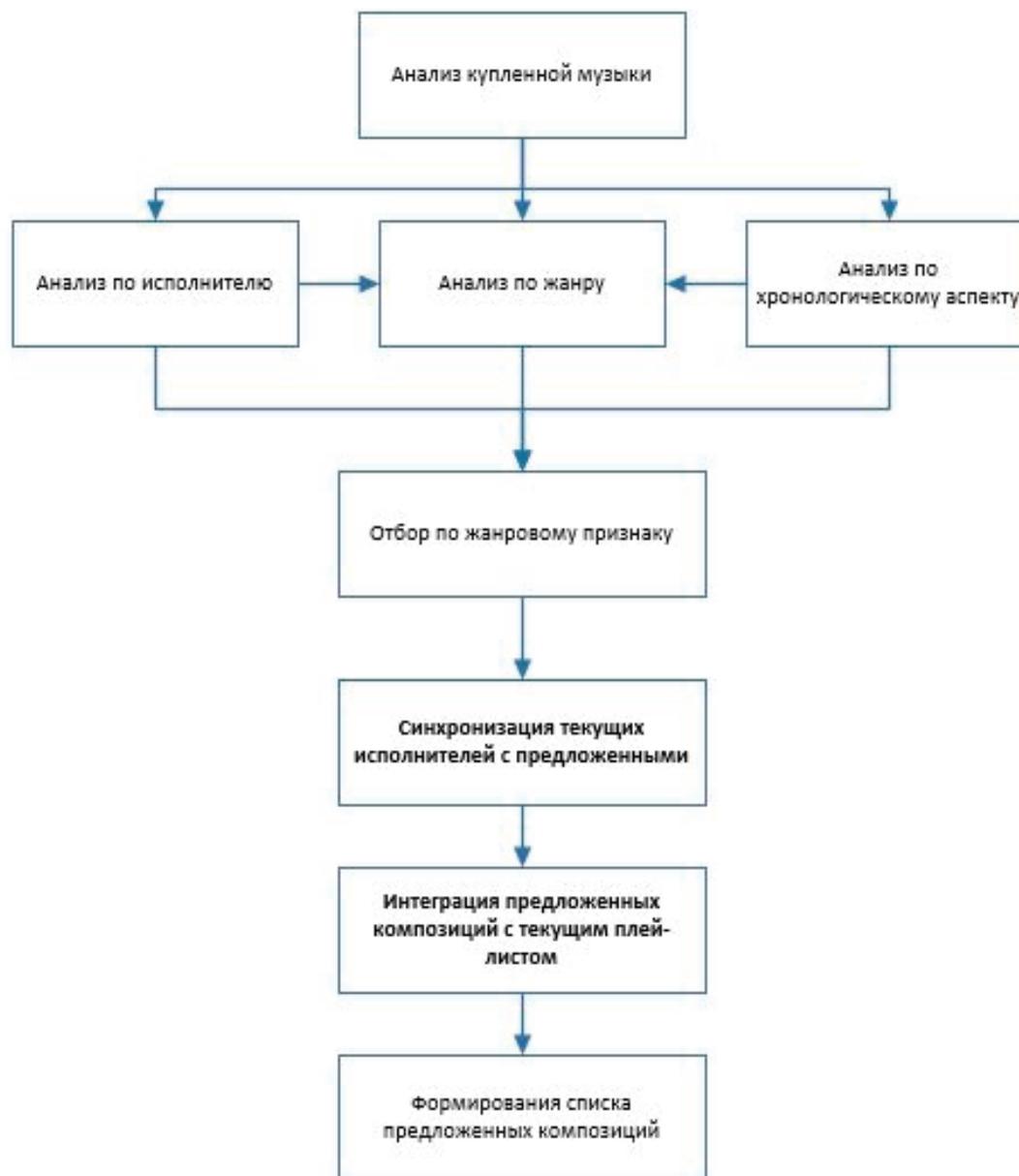


Рис. 2

**Заключение**

Таким образом, на сегодняшний день Apple является крупнейшей компанией по производству и продажам мобильных девайсов, музыкальных плееров, планшетных устройств и др. Помимо прочего, компания так же владеет доминирующей долей музыкальных подписок, а с выходом

Apple Music еще большего числа по количеству стриминговых подписок.

Сегодня Apple Music — это интеллектуальная сеть по хранению, обработки музыкальных продуктов, индивидуального подбора композиции в список «suggested», а также удобный сервис для прослушивания композиции со своего устройства без необходимости занимать гигабайты памяти под музыкальные треки.

Литература:

1. [электронный ресурс][режим доступа: [http://www.pwc.ru/ru\\_RU/ru/entertainment-media/publications/assets/entertainment-mediaoutlook-2014.pdf](http://www.pwc.ru/ru_RU/ru/entertainment-media/publications/assets/entertainment-mediaoutlook-2014.pdf)][проверено: 15.05.2015]

## Робот: проводник-интроскоп

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Попова Анна Михайловна, студент;

Черемискина Олеся Алексеевна, студент

Пермский институт железнодорожного транспорта Уральского государственного университета путей сообщения

*В статье рассмотрен колесный робот, который минимизирует риски проноса ОВП в вагоны поездов, что обеспечивает безопасность пассажиров и работников железной дороги.*

**Ключевые слова:** робот, интроскоп, система технического зрения, сканер, навигация

Роботы — это автоматические устройства, выполняющие производственные процессы. Они используются для замены человека в выполнении вспомогательных и основных технологических операций. В современном мире роботы играют важную роль. А именно — человек освобождается от работ, которые могут быть опасны для здоровья или связаны с тяжёлым физическим трудом. К тому же, благодаря использованию в производстве роботов, человек освобождается от монотонных элементарных операций, которые не требуют высокой квалифицированной подготовки.

В настоящее время чрезвычайно актуальной остается проблема предотвращения попыток провоза на всех видах транспорта опасных веществ и предметов (ОВП). С 2013 года на всех железнодорожных, автомобильных, морских и речных вокзалах вводятся в действие зоны досмотра пассажиров и багажа, что потребует соответствующей подготовки и аттестации необходимого количества специалистов, умеющих работать с техническими средствами досмотра.

К настоящему времени рентгенотелевизионный интроскоп (Рис.1) является наиболее доступными и эф-

фективным средством обнаружения ОВП, запрещенных (разрешенных с соблюдением требуемых условий) к перевозке. Привлекательность этих установок связана с тем, что кроме холодного и огнестрельного оружия, они могут обнаруживать взрывчатые вещества (ВВ), наркотики и предметы, запрещенные к свободному перемещению через контролируруемую зону.

Гипотеза нашей работы заключается в следующем: внедрение роботов-проводников на железную дорогу минимизирует риски проноса ОВП в вагоны поездов, что обеспечивает безопасность пассажиров и работников железной дороги.

Предложенный нами робот (Рис.2) сканирует билет и просвечивает чемоданы и сумки на предмет взрывчатых веществ, оружия и других запрещённых предметов (перед входом в вагон).

Проводник-интроскоп обладает механическими параметрами: титановый сплав, литий-ионные батареи Robugos, компьютеры (промышленные или с облегченной комплектацией), система технического зрения типа «рыбий глаз», набор модулей для ночного/дневного режимов работы,

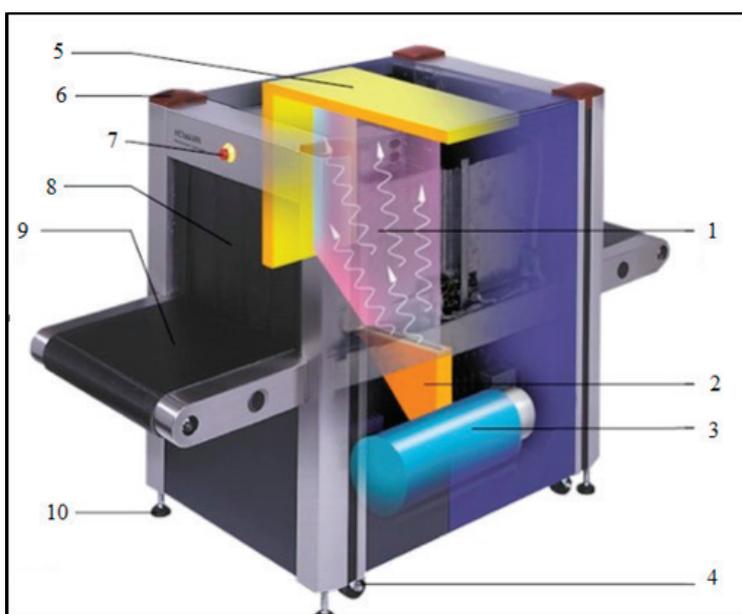


Рис. 1. Компоненты интроскопа: 1 — Рентгеновское излучение; 2 — Коллиматор; 3 — Генератор; 4 — Ролики; 5 — Детекторная линейка; 6 — Индикатор рентгеновского излучения; 7 — Кнопка аварийного останова; 8 — Досмотровый тоннель; 9 — Конвейерная лента; 10 — Регулировочный винт

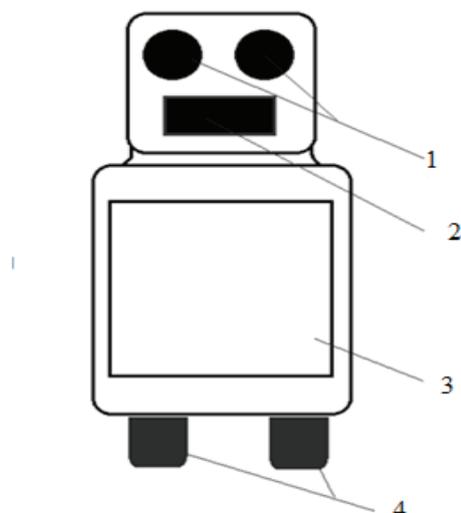


Рис. 2. Схема робота-проводника: 1. Система технического зрения типа «фишай». 2. Лазерный сканер Sick® Lms. 3. Рентгенотелевизионная установка (интроскоп). 4. Колеса с резиновым покрытием

устройства беспроводной связи, лазерный сканер Sick® Lms (Рис.3), компьютеризованная навигационная система, приемник GPS, ультразвуковые датчики, датчики ускорения. Колеса с резиновым покрытием (два колеса с резиновым покрытием, обеспечивающее лучшее сцепление с поверхностью, по которой будет двигаться робот. Колеса устанавливаются напрямую к моторам.)

Основной составляющей данного робота является интроскоп. Этот прибор представляет собой рентгенотелевизионную установку, предназначенную для досмотра ручной клади (портфелей, сумок, кейсов), контроля посылок, бандеролей и других грузов. Применяется в целях обнаружения взрывчатых веществ, наркотиков и незаконного провоза оружия. Применяется в аэропортах, на объектах связи, транспорта, энергетики, в государственных учреждениях и местах массового посещения людей.

Технические параметры робота заключаются в следующем: высота 160 см; примерный вес 80 кг (включая

литий-ионные батареи); скорость 0,5 м/с (уменьшение регулируется компьютером); грузоподъемность 35–40 кг; поворот 360°; питание от 5-ти литий-ионных батарей; время работы без перезарядки 8–10 часов; 6 безщёточных электродвигателей; самонавигация, компьютеризированное управление; оптические сенсоры (2 видеокamеры); рабочая температура: 35°C; температура окружающей среды: max 50°C, min –40°C.

Робот способен передвигаться как самостоятельно, так и с помощью контроля компьютера.

На наш взгляд, основной задачей данного робота является предотвращение терактов на железной дороге, посредством рентгенотелевизионного просвечивания багажа и ручной клади пассажиров на предмет наличия холодного и огнестрельного оружия, взрывчатых веществ, наркотиков и предметов, запрещенных к свободному перемещению через контролируемую зону.



Рис. 3. Лазерный сканер Sick® Lms

Также, одной из главных функций робота-интроскопа можно назвать сканирование документов (билетов и паспортов) граждан, таким образом он выполняет работу проводника поезда.

При помощи современной системы технического зрения робот осуществляет контроль над обстановкой на доверенном ему участке железнодорожной платформы.

Предложенный вариант базируется на использовании в системах видеонаблюдения широкоугольных объек-

тивов типа «рыбий глаз» (Рис.4), имеющих угловое поле, превышающее 180°.

Нами предложен принцип навигации мобильного робота, способного функционировать в сложном неизвестном ландшафте (железнодорожная платформа), который обеспечивает хорошее пространственное разрешение и устойчивость к эффектам многомаршрутности, а также новые оптические средства для реализации «технического зрения».



Рис. 4. Мегапиксельная панорамная IP камера с объективом типа «Рыбий глаз»

Системами технического зрения (СТЗ) являются сенсорные устройства, обеспечивающие получение изображений рабочих сцен и объектов, их преобразование, обработку и интерпретацию с помощью ЭВМ, а также передачу результатов управляющему устройству предложенного робота.

Робот-интроскоп ориентируется благодаря оптической системе из двух камер (Рис.5), что обеспечивает стереоскопический эффект и позволяет определить расстояние до объекта. Кроме того, у робота есть шесть датчиков, расположенных по периметру в горизонтальной плоскости. Они позволяют ему экстренно остановиться при угрозе столкновения с каким-нибудь объектом.

В представленной работе был разработан робот-интроскоп, выполняющий функции проводника, рассчитаны параметры и рабочие характеристики робота.

Данный робот снижает риски терактов, что является его основным преимуществом, а также обеспечивает безопасность пассажиров поездов. Также стоит отметить мобильность гуманоида на железнодорожной станции.

Исследуемый объект заменяет человека на монотонной и тяжелой работе, помогает экономить материалы и энергию.

В результате проведенной работы была достигнута поставленная цель и реализованы задачи.

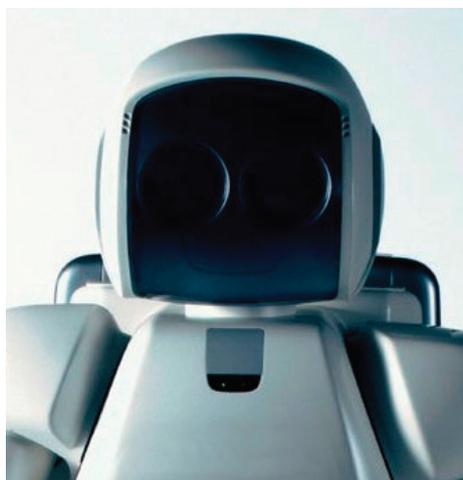


Рис. 5. Расположение камер

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. // Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. / Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185
2. Поезжаева, Е. В., Новикова А. А., Поликарпова К. Н., Сайкинова В. А., Роботизация для обеспечения комфорта в промышленных и в бытовых помещениях. // Молодой ученый. — 2016. № 2 (106).

## Диверсификация производства: использование отходов производства вторичного алюминия в доменной печи при выплавке глиноземистых шлаков

Пономарева Ольга Станиславовна, кандидат педагогических наук, доцент;  
 Махоткина Елена Станиславовна, кандидат технических наук, доцент  
 Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

*В статье рассмотрены вопросы использования отходов вторичного алюминия в доменной печи при выплавке глиноземистых шлаков. Дана характеристика глиноземистого цемента и область его применения. Рассмотрена экологическая и экономическая оценка переработки отходов вторичного алюминия.*

**Ключевые слова:** глиноземистые шлаки, доменная печь, диверсификация производства, отходы вторичного алюминия

В современных экономических условиях эффективность деятельности предприятия зависит от способности адаптироваться к изменениям во внешней среде. Для повышения конкурентоспособности необходимо предусматривать и изменять структуру производства, разрабатывать и внедрять в производство новые виды продукции и технологии, правильно определять направления инвестиций, расширять отраслевой диапазон деятельности предприятия для вхождения его в новые сектора рынка [1].

Развитие алюминиевой отрасли на современном этапе напрямую связано с инновационными технологиями, на-

правленными на переработку вторичных ресурсов и техногенных отходов (рис. 1).

Реализация технических решений, направленных на снижение материальных и трудовых затрат в действующем производстве, эффективное вовлечение в переработку тонкодиспертных отходов, повысит конкурентоспособность, экономическую привлекательность и экологическую безопасность промышленных предприятий.

На основных алюминиевых заводах и в производстве вторичного алюминия ежегодно образуется ~ 3,5\*10<sup>6</sup> т шлаков [2]. Только в России при плавке вторичного алю-

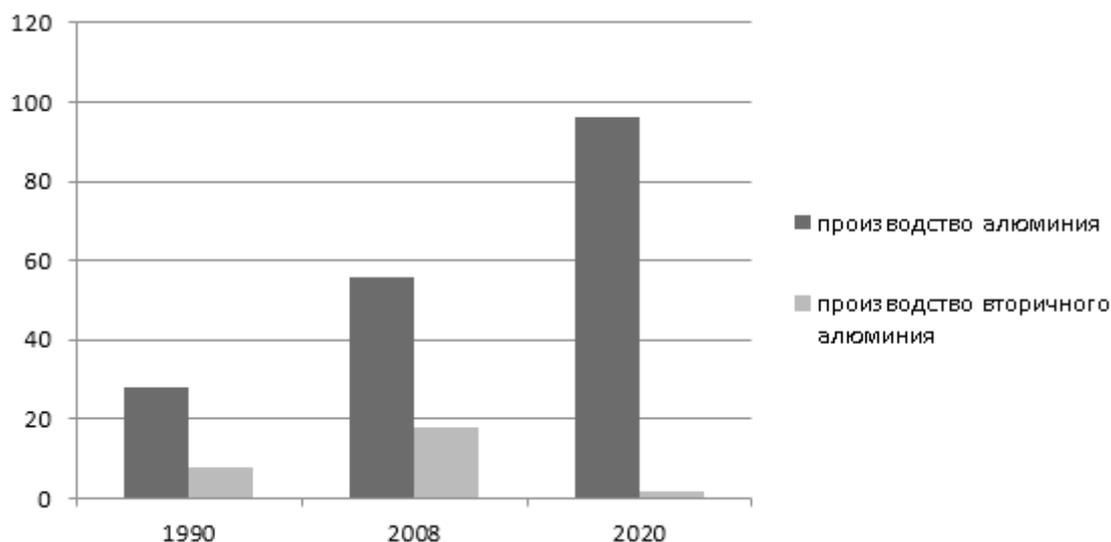


Рис. 1. Мировое производство алюминия и вторичного алюминия

миния образуется 300–400 тыс. т шлаков в год. Эти шлаки перерабатываются с целью извлечения металлического алюминия. При этом остаются тонкодисперсные отходы, которые складываются в отвалы из-за отсутствия рациональной технологии утилизации. Таких отходов только на Урале по официальной статистике скопилось почти 2,5 млн. т. Тонкодисперсные частицы под воздействием атмосферных осадков быстро разлагаются, выделяя токсичные газы и образуя соли, которые, растворяясь, загрязняют почву, поверхностные и подземные воды. Мелкие частицы легко переносятся ветром на большие расстояния, загрязняя атмосферу. Это наносит экологический вред окружающей среде и экономический ущерб России за счет отчуждения больших площадей и потерь ценного минерального сырья [3].

В погоне за повышением рентабельности производства на второй план уходят вопросы, связанные с негативным воздействием алюминиевого производства на окружающую среду, поскольку решение данных вопросов связано с финансовыми и материальными издержками [3]. В такой ситуации важной задачей промышленности является использование вторичных ресурсов и комплексная переработка отходов. Вторичная переработка позволяет не только увеличивать коэффициент использования сырьевых ресурсов, но и существенно сократить загрязнение окружающей среды.

Выделение алюминия из боксита очень энергоемкое производство. При вторичной переработки алюминия энергозатраты в 20 раз меньше. Отходы производства вторичного алюминия содержат 50–60% оксида алюминия. Авторами предлагается для утилизации отходов вторичного алюминия вводить их в состав материалов плавки при производстве глиноземистых шлаков (из бокситов) доменным способом. Глиноземистые шлаки являются основным сырьем для получения цемента с особыми свойствами.

К особым свойствам глиноземистого цемента относятся [4]:

- быстрое нарастание прочности в раннем возрасте;
- при твердении бетона на глиноземистом цементе выделяется большое количество тепла, что позволяет использовать эти бетоны при отрицательных температурах до –10 градусов без подогрева;

- глиноземистый цемент имеет повышенную плотность цементного камня, что определяет большую устойчивость бетона против всех видов агрессивных жидкостей и газов по сравнению с бетоном на портландцементе;

Область применения глиноземистого цемента:

- для изготовления бетонных и железобетонных сооружений, когда расчетная прочность бетона должна быть достигнута в течение 1-х, 2-х, или 7 суток.

- для строительства морских и подземных сооружений, где требуется повышенная сульфатостойкость.

- для тампонирувания холодных нефтяных скважин, тампонирувания трещин в породах при большом дебите воды.

- для заделки пробоев в судах морского транспорта.

- для быстрого устройства фундаментов под машины, заливки анкерных болтов, восстановления поврежденных зданий и мостов.

- для изготовления сборных железобетонных изделий на заводах ЖБИ и строительных площадках, где глиноземистый цемент играет роль ускорителя твердения бетона.

- для изготовления емкостей и других сооружений, где глиноземистый цемент придает повышенную стойкость против органических кислот, соединений серы, серной кислоты, молочной кислоты, соляного раствора, крахмала.

- для изготовления огнеупорных бетонов и штучных изделий с огнеупорностью до 1700 гр. С.

Важнейшим глиноземсодержащим сырьевым компонентом в производстве глиноземистого шлака (цемента) являются бокситы — алюминиевые руды, состоящие из коллоидных минеральных частиц. Общие запасы бокситов оцениваются в 70 млрд. т. Годовая добыча бокситов в России в конце XX в. составляла 4 млн. т и только 5% их объема используют для производства электрокорунда, высокоглиноземистых огнеупоров, глиноземистого цемента, синтетических шлаков и продуктов химической промышленности

Высокоглиноземистые шлаки должны соответствовать следующим требованиям: иметь состав, обеспечивающий ровный ход доменной печи; содержать  $Al_2O_3$  не менее 37%, а кремнезема не более 10%. Качество шлака как исходного сырья для приготовления цемента определяется его химическим составом и кристаллической структурой. Основные компоненты глиноземистого шлака, полученного способом доменной плавки боксита, а также химический состав доменного шлака представлены на рис. 2.

С целью определения технико-экономических показателей доменной плавки бокситов с использованием дополнительных алюмосодержащих экзотермических материалов авторами были проведены промышленные эксперименты. Нефракционированные ОПВА были поставлены на Пашийский металлургическо-цементный завод (ПМЦЗ) с Сухоложского завода вторичных цветных металлов (СЭВДМ) в количестве 2-х вагонов (100–120 т). Примерно 20% отходов находились в виде пирамид с размерами основания 40,0×40,0 мм и высотой 40,0 мм. Остальная часть представляла собой порошок крупностью до 3 мм, и содержала небольшое количество железного и алюминиевого скрапа [5]. Зависимость выхода шлака с подачи от содержания ОПВА представлена на рис. 3.

Промышленные эксперименты показали, что отходы производства вторичного алюминия (ОПВА) могут быть успешно использованы в качестве глиноземсодержащего сырья при производстве глиноземистых шлаков доменным способом. Термогравиметрические исследования показали, что в пирометаллургических процессах вредные компоненты ОПВА (хлориды) в полном объеме будут переходить в газовую фазу, т.е. не оказывать влияния на состав конечного шлака. Проведенные на Пашийском ЦМЗ опытные плавки показали, что применение ОПВА в ка-

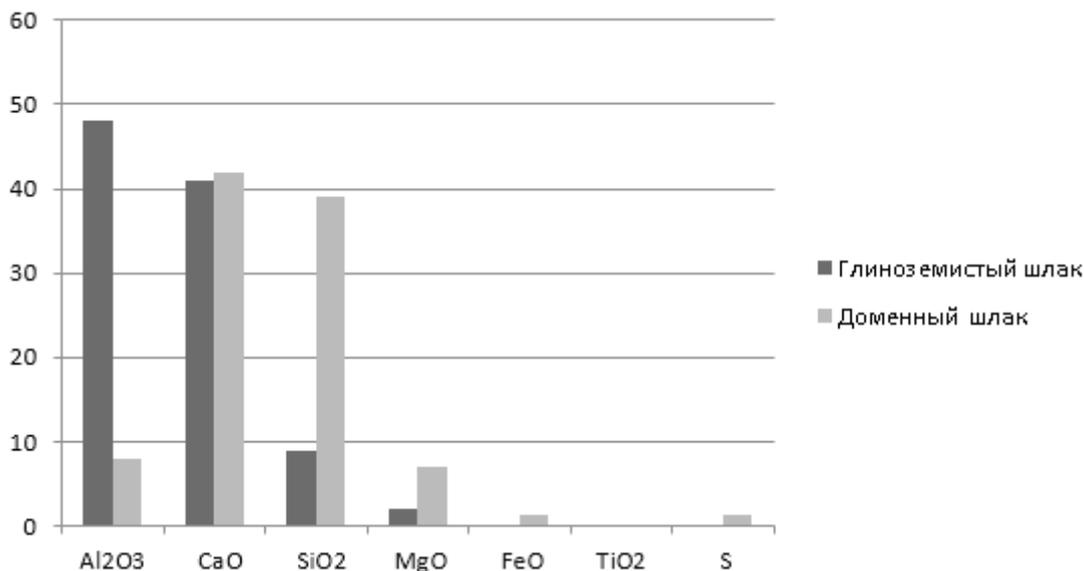


Рис. 2. Химические составы глиноземистого (бокситного) и доменного шлаков

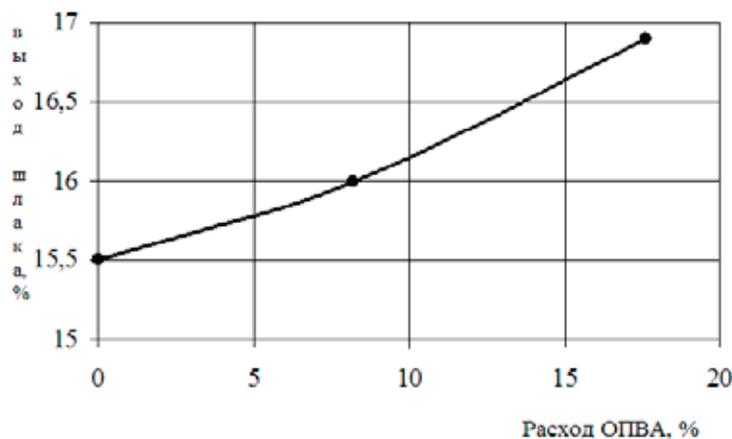


Рис. 3. Зависимость выхода шлака с подачи от содержания ОПВА [4]

честве компонента шихты приводит к увеличению содержания в глиноземистом шлаке оксида алюминия с 44,6 до 47,3% [3, 5].

Применение ОПВА в количестве 8–17,6% от неметаллической части шихты снижает расход кокса на про-

цесс от 6 до 10%, что ведет к снижению себестоимости глиноземистого цемента. Низкоуглеродное развитие является важным инструментом перехода экономики на наилучшие технологии и повышения эффективности производства, в частности, металлургического.

Литература:

1. Добрянская, Н. А., Попович В. В. Диверсификация производства как фактор развития регионального продовольственного рынка // Молодой ученый. — 2013. — № 8. — с. 188–190.
2. Money in dross the black and white issue// Aluminium today. The international journal of aluminium production and processing. — April/May 1999. — p. 22–24.
3. Махоткина, Е. С., Пономарева О. С. Утилизация отходов производства вторичного алюминия в доменной печи при выплавке глиноземистых шлаков // Приволжский научный вестник: научно-практический журнал, 2014. № 3–1 (31). с. 22–24.
4. Кузнецова, Т. В., Талабер Й. Глиноземистый цемент. — М.: Стройиздат, 1988. — 272 с.: ил. — ISBN 5–274–00217-X
5. Махоткина, Е. С. Применения отходов производства вторичного алюминия при получении глиноземистых шлаков доменной плавкой бокситов // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. Магнитогорск, 2011.

## Определение расчетной производительности насосной станции

Салимов Обиджон Косимбоевич, студент  
Ферганский политехнический институт (Узбекистан)

В статье предусмотрено типы определение расчетной производительности насосной станции.

**Ключевые слова:** насосная станция, проектирование насосной станции, производительность насосной станции

При проектировании насосной станции водоотведения суммарная производительность насосов назначается равной максимальному часовому притоку сточных вод в приемный резервуар. Для обеспечения нормальной работы насосов в условиях неравномерного притока предусматривают создание минимальной вместимости приемного резервуара на пятиминутную подачу одного насоса, что позволяет в течение некоторого времени накопить определенный объем сточных вод при неработающих насосах, а затем после их включения откачать скопленную воду.

Главную канализационную насосную станцию рассчитывают на два режима работы:

- 1) нормальный режим — наружные трубопроводы и оборудование исправны;
- 2) аварийный режим — авария на одном из наружных напорных трубопроводов.

Согласно СНиП [1] расчетная часовая производительность насосной станции как для нормального, так и для аварийного режима работы принимается одинаковой, равной максимальному часовому притоку сточных вод в приемный резервуар, и определяется по формуле, м<sup>3</sup>/ч,

$$Q_{н.у} = Q_{ав.у} = Q_{ч.макс} = \frac{K_1 \cdot Q_{сут}}{100} \quad (1)$$

или в л/с:

$$q_{н.у} = q_{ав.у} = \frac{Q_{н.у} \cdot 1000}{3600}, \quad (2)$$

где  $Q_{н.у}$  — часовая производительность насосной станции для нормального режима её работы, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{ав.у}$  — то же, для аварийного режима работы насосной станции, м<sup>3</sup>/ч;

$K_1$  — производительность насосов I степени, %;

$Q_{сут}$  — суточное водоотведение сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$q_{н.у}$  — секундная производительность насосной станции для нормального режима её работы, л/с;

$q_{ав.у}$  — то же, для аварийного режима работы насосной станции, л/с.

Расчет требуемой вместимости приемного резервуара насосной станции.

**Требуемую (регулирующую) вместимость приемного резервуара** рассчитывают в соответствии с режимом работы насосной станции и ее общей производительностью. Удобно это делать графическим способом при совмещении часовых графиков притока и откачки сточных вод (рис. 2).

При построении часовых *графиков притока* сточных вод по оси ординат откладывают расходы сточных вод, выраженные в процентах от суточного их притока, а по оси абсцисс — продолжительность притока в минутах. Если принять, что приток сточных вод к насосной станции в течение часа остается неизменным, то графики, характеризующие часовые притоки, будут иметь вид прямых линий. Для  $K_1 = 1,6$  (см. прил. 1) графиком максимального часового притока (6,7%) будет прямая  $0E$ , минимального (1,55%) — прямая  $0e'$ , среднего (3,35%) — прямая  $0e$  и т.д.

При построении часовых *графиков откачки* сточных вод суммарная подача насосной станции назначается равной максимальному часовому притоку. Следовательно, в часы максимального притока регулирующей ёмкости не требуется ( $Q_{ч.макс} = Q_{н.у}$ ). Во все остальные часы суток с притоком, меньшим максимального, суммарная подача насосов окажется больше притока и нормальная работа их нарушится. Чтобы обеспечить равномерную работу насосов, практикуют периодическое наполнение и откачку приемного резервуара.

Примем за расчетный час со средним притоком  $Q_ч = 3,35\%$  (линия  $0e$ ) и назовем трехкратное за час опорожнение (откачку) резервуара. Поделив отрезок  $0e$  на три равные части, получим точки  $b, г, e$ , соответствующие моментам полного опорожнения регулирующей ёмкости, а следовательно, и моментам выключения насосов. Отрезки  $ab, вг, де$ , параллельные линии  $0E$ , будут представлять собой *графики откачки*. Отрезки  $0a, бв, гд$  соответствуют периодам времени, в течение которых насосы не работают и, следовательно, происходит наполнение приемного резервуара. Максимальная регулирующая вместимость (в процентах от суточного притока) при выбранных  $Q_{н.у}$  (6,7%), интенсивности притока (3,35%) и режиме работы насосов (три выключения) определится одним из равных отрезков  $a-1, в-2$  или  $д-3$ . Точки  $a, в$  и  $д$  соответствуют моментам включения насосов, т.е. началу опорожнения ёмкости, а линия  $0abвгде$  представляет собой часовую график работы насосов.

Аналогично в час с минимальным притоком  $q_ч = 1,55\%$  (линия  $0e'$ ) при трехкратном выключении насосов график их работы будет характеризоваться линией  $0a'b'в'г'д'e'$ , а регулирующая вместимость — одним из равных отрезков  $a' - 1', в - 2', д' - 3'$ . Для часа с притоком  $q_ч = 5,6\%$  регулирующая вместимость характеризуется одним из равных отрезков  $a \ll - 1 \gg, в \ll - 2 \gg$  или  $д \ll - 3 \gg$ . Анализ совместных графиков притока и откачки пока-

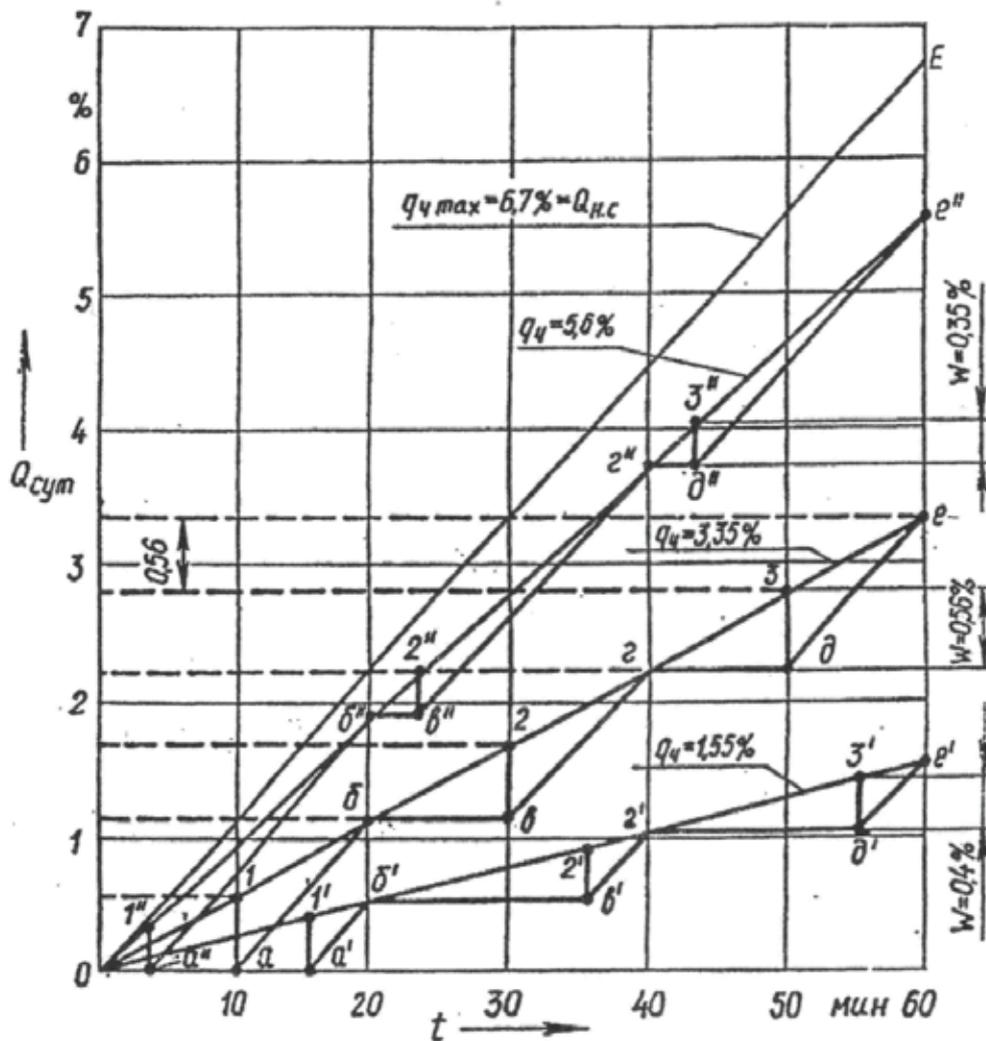


Рис. 1. Часовые графики притока и откачки сточных вод

зывает, что необходимая наибольшая регулирующая вместимость получается в период с притоком, равным 50% максимального. Определенная таким образом регулирующая вместимость, уточняется в соответствии с требованиями СНиП [1].

По этим требованиям регулирующая вместимость приемного резервуара должна быть не менее пятиминутной максимальной подачи одного из насосов. Поэтому график откачки сточных вод для расчетного часа с Притоком, равным 50%  $Q_{ч.макс}$ , можно построить следующим образом.

При графике распределения среднесуточного расхода сточных вод, характеризуемого  $K_{общ} = 1,6$  и  $Q_{ч.макс} = 6,7\%$ , минимальная регулирующая вместимость приемного резервуара:

$$W_{мин} = (6,7:60) \cdot 5 = 0,56\%.$$

Это значение откладывают по вертикальной оси (см. рис. 2), из полученных точек проводят штриховые линии параллельно оси абсцисс до пересечения с линией притока  $0e$ . Точки 1, 2, 3 соответствуют моментам наполнения резервуара; 0, б, г, e — моментам опорожнения. Опустив из точек 1, 2, 3 перпендикуляры к горизон-

тальным линиям, получим точки a, в, д, соответствующие моментам включения насосов. Линии, проведенные из точек a, в, д, параллельно линии  $0E$ , образуют график откачки сточных вод.

Из его анализа следует, что при увеличении числа включений насосов в течение одного часа отрезки  $a — 1$ ,  $в — 2$  и  $д — 3$ , соответствующие регулирующей вместимости, будут уменьшаться.

При известном числе включений насосов за один час минимальная вместимость приемного резервуара может рассчитываться по формуле,  $м^3$ ,

$$W_{мин} = \frac{W_{ч.мин}}{n} \left( 1 - \frac{Q_{ч.мин}}{Q_{н.у}} \right), \quad (3)$$

где  $W_{ч.мин}$  — объем сточных вод в час минимального притока

(численно совпадает с  $Q_{ч.мин}$ ),  $м^3$ ;

$n$  — число включений насосов за 1 ч;

$Q_{ч.мин}$  — минимальный часовой приток сточных вод за сутки,  $м^3/ч$ ;

$Q_{н.у}$  — подача насосной станции,  $м^3/ч$ .

Литература:

1. Е. М. Авдолимов, А. П. Шальнов “Водяные тепловые сети “ М. Стройиздат, 288с
2. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя М.: ИЛ. 419—528с.

## Повышение достоверности навигационных измерений в навигационных системах подвижных наземных объектов

Сурков Владимир Олегович, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*В статье предложено повышать достоверность навигационных измерений в навигационных системах подвижных наземных объектов с помощью контроля целостности спутниковой радионавигационной системы. С учетом особенностей функционирования навигационных систем обеспечить контроль целостности предлагается используя комплексную первичную обработку информации и методы марковской теории оптимального оценивания случайных процессов. Так же приведены некоторые особенности задачи комплексирования измерителей на уровне первичной обработки информации, учет которых необходим при создании навигационных систем и алгоритмов обработки информации в них.*

### Введение

В статье [1] производится обзор существующих навигационных систем, как военного, так и гражданского применения. В них подробно рассматривается работа некоторых датчиков, методы обработки информации в данных системах и сравниваются значений погрешностей в определении курса. В статье [2] сравниваются точностные характеристики и состав систем военного назначения. В статье [3] рассматриваются системы навигации подвижных наземных объектов отечественного производства. В статье [4] описаны направления повышения качества функционирования навигационных систем подвижных наземных объектов (ПНО), которые позволяют повысить точность данных, но не их достоверность.

Предложение использовать контроль целостности спутниковой радионавигационной системы для повышения достоверности навигационных измерений в навигационных системах ПНО в литературе не встречается.

Безопасность навигационного обеспечения ПНО зависит от достоверности и целостности навигационных измерений. Достоверность — способность навигационной системы поддерживать с заданной вероятностью в определенный промежуток времени в каком-либо районе в требуемых пределах свои характеристики [5]. Целостность является главной составной частью достоверности навигационных измерений. Под целостностью системы навигационного обеспечения понимается возможность своевременно обнаруживать аномальную работу ее элементов и защищать результат решения навигационной задачи от влияния этих аномалий.

Особенностью функционирования навигационных систем ПНО является зависимость значений погрешностей

координат местоположения от наличия данных СРНС. При их отсутствии происходит значительный рост погрешностей в определении координат местоположения, который приводит к невозможности определения местоположения на основе данных от СРНС как для отечественных, так и для навигационных систем зарубежных производителей и негативно сказывается на точности и доступности данных как СРНС, так и всей системы.

Под доступностью понимается способность радионавигационной системы обеспечить проведение навигационных определений в заданный момент времени в определенной зоне действия.

Доступность радионавигационной системы характеризуется вероятностью получения потребителем в рабочей зоне достоверной навигационно-временной информации в определенный период времени и с требуемой точностью [6].

Для обеспечения доступности и достоверности данных необходим контроль целостности СРНС в навигационных системах ПНО. Контроль целостности будет включать контроль сигналов на входе приемника СРНС, контроля состояния самого приемника и проведение необходимой реконфигурации структуры навигационной системы по сигналам системы контроля.

В настоящее время в навигационных системах ПНО рассмотренных в применяется вторичная обработка информации. Под вторичной обработкой информации понимают выполняемую в специализированных вычислителях, обработку выходных сигналов измерителей для определения навигационных элементов. Комплексная вторичная обработка информации дает положительный эффект лишь тогда, когда соответствующие измерители работоспособны, т.е. на их выходах имеются достаточно

«хорошие» сигналы (естественно, наблюдаемые с ошибками), сформированные в результате первичной обработки информации и не может позволить обеспечить целостность СРНС в навигационных системах ПНО.

Решить данную задачу можно при комплексной первичной обработке информации, применяя методы марковской теории оптимального оценивания случайных процессов.

Комплексирование оборудования на уровне первичной обработки информации позволяет [7]:

- устранить влияние движения наземного объекта на работу РТИ;
- сократить время поиска сигналов РТИ;
- уменьшить или полностью исключить вероятность ложных захватов следящих измерителей (уменьшить или устранить неоднозначность измерений);
- уменьшить вероятность срыва слежения за соответствующими параметрами радиосигналов;
- повысить характеристики точности и помехоустойчивости РТИ в режиме слежения;
- обеспечить режимы квазикогерентного приема и обработки радиосигналов (что часто не представлялось возможным в соответствующих некомплексных измерителях) и тем самым улучшить характеристики РТИ.
- оценить наличие радиосигналов на входах приемных устройств РТИ.

Особенностью навигационных систем с интеграцией оборудования на уровне первичной обработки информации является необходимость включения в состав системы дополнительных согласующих устройств, выполняющих преобразование координат и согласование динамических диапазонов сигналов. Кроме того, в составе системы необходимо предусмотреть коммутационные устройства, обеспечивающие перевод навигационной системы в другие режимы (в том числе и некомплексные) функционирования при выходе из строя тех или иных измерителей.

Основные особенности задачи комплексирования измерителей на уровне первичной обработки информации заключаются в следующем [8]:

1) различие в спектральных характеристиках погрешностей измерителей, являющееся важным условием выигрыша в точности оценивания при комплексировании, приводит к тому, что в этих задачах часть наблюдений (обычно это сигналы на выходах НРТИ) производится на фоне окрашенных (коррелированных во времени) шумов (погрешностей измерений), а другая часть (полезные сиг-

налы на входах РТИ) — на фоне некоррелированных шумов; это вызывает необходимость разработки теоретических методов синтеза и анализа при частично окрашенных шумах наблюдений;

2) широкое использование ЭВМ для вторичной обработки информации обуславливает необходимость преобразования аналоговых выходных сигналов измерителей в цифровую форму (обычно эта операция выполняется встроенными в аппаратуру аналогово-цифровыми преобразователями АЦП), в то же время аналогово-цифровое преобразование входных радиосигналов во многих случаях наталкивается на определенные трудности, связанные с весьма высоким потребным быстродействием АЦП (особенно для сигналов диапазона СВЧ), поэтому синтез и анализ комплексных систем на уровне первичной обработки радиосигналов должен проводиться с учетом наличия дискретных и непрерывных компонент вектора наблюдения и охватывать случаи непрерывных, дискретных, импульсных, дискретно-непрерывных и других видов полезных сигналов;

3) для алгоритмов и структуры комплексной информационной части навигационной системы важно рациональное распределение информации (задание векторов состояния, наблюдения и управления): применение метода распределения информации может привести к зависимости вектора состояния от некоторых компонент вектора наблюдения;

4) длительность переходных процессов в РТИ и НРТИ различны из-за различия физических принципов их работы, что должно учитываться при разработке единых математических моделей информационных и сопутствующих процессов применительно к рассматриваемому классу задач;

5) при описании некоторых наблюдений на выходах НРТИ необходимо учитывать присущую им инерционность;

Таким образом, используя методы марковской теории оценивания случайных процессов и методов комплексирования измерителей в составе навигационных систем на уровне первичной обработки информации и учитывая особенности задачи комплексирования измерителей и особенности построения навигационных систем на уровне первичной обработки информации, возможно обеспечить контроль целостности СРНС в навигационных системах ПНО и тем самым обеспечить требуемую доступность и достоверность измерений.

#### Литература:

1. Безмага, В. М., Журавлев А. В., Навигационные комплексы наземных мобильных средств // Новости навигации — 2009 — № 1 — с. 29–36.
2. Система топографического ориентирования «Трона-1» // Обзорение армии и флота — 2007. — № 4.
3. Сурков, В. О. Системы навигации подвижных наземных объектов и их характеристики / В. О. Сурков // Молодой ученый. — 2013. — № 7. — с. 76–79.
4. Сурков, В. О. Направления повышения качества функционирования навигационных систем для подвижных наземных объектов при решении навигационных задач // Молодой ученый. — 2015. — № 13. — с. 209–211.

5. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд 3-е, перераб. — М.: Радиотехника, 2005, 688 с., ил.
6. Радионавигационный план Рос. Федерации: утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 сентября 2008 г. № 118: в редакции приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 31 августа 2011 г. № 1177. [Электронный ресурс]. Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс»
7. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации. — М.: Радио и связь, 1985. — 344 с.
8. Ярлыков, М. С., Миронов М. А. Марковская теория оценивания случайных процессов. М.: Радио и связь, 1993.

## **Анализ точностных характеристик систем навигации подвижных наземных объектов и их сравнение с требуемыми характеристиками в зависимости от решаемой задачи**

Сурков Владимир Олегович, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*В статье дан сравнительный анализ точностных характеристик систем навигации подвижных наземных объектов и их сравнение с требуемыми характеристиками в зависимости от решаемой задачи. В ходе анализа выявлено, что значения СКО при определении координат в автономном режиме для всех рассмотренных систем, принимая значения от 190 до 600 м, не удовлетворяют требованиям, поэтому предложены способы повышения точности навигационной системы.*

В статьях [1, 2] производится обзор существующих навигационных систем, как военного, так и гражданского применения. В них подробно рассматривается работа некоторых датчиков, методы обработки информации в данных системах и сравниваются значений погрешностей в определении курса. В статье [3] сравниваются точностные характеристики и состав систем военного назначения. В статье [4] рассматриваются системы навигации подвижных наземных объектов отечественного производства. В [5] и [6] дается анализ систем навигации отечественного и иностранного производства с указанием оптимального режима работы систем, без сравнения представленных точностных характеристик между собой. Так же в данных статьях недостаточно подробно описаны задачи, решаемые навигационными системами и не приведены требуемые характеристики точности необходимая при их решении.

Однако сравнительный анализ всех точностных характеристик навигационных систем для ПНО иностранного и отечественного производства их сравнение с требуемыми характеристиками в зависимости от решаемой задачи в литературе не встречается. Целью статьи является анализ точностных характеристик систем навигации подвижных наземных объектов и их сравнение с требуемыми характеристиками в зависимости от решаемой задачи.

Система навигации ПНО включает в свой состав нерadiотехнические измерители и радиотехнические измерители.

Нерadiотехнические измерители (НРТИ) предназначены для определения координат, параметров движения и пространственного положения продольных осей ПНО.

В качестве таких измерителей могут быть использованы следующие устройства:

- измеритель ускорения и углов крена и тангажа — инерциальная навигационная система (входит в состав большинства навигационных систем);
- измеритель магнитного поля Земли: 3-осный магнитометр (система «КомпаНав-2М», Ekinoh-N);
- измеритель скорости, выполненный в виде механического («Гамма — 1» [6]) или доплеровского датчика скорости («ГАЛС — Д2М»);
- измеритель высоты — барометрический высотомер (система «КомпаНав-3»);
- измеритель пройденного пути, который может выполняться в виде одометра (система «БИНС-Тек», «Азимут», Ellipse-N).

В качестве радиотехнических измерителей используются аппаратура приема сигналов радионавигационных систем (РНС) (приемник спутниковой навигационной системы (СРНС) (ГЛОНАСС/GPS) и приемники систем дальней навигации («Чайка» и «LORAN-C»)) и доплеровский измеритель скорости (ГАЛС-Д2М).

Системы навигации ПНО с помощью РНС и НРТИ определяют координаты местоположения объекта и параметры его движения, углы ориентации подвижного объекта и выдают необходимую информацию пользователю. Эта информация может быть использована для:

- обеспечения безопасности движения и организации перевозок пассажиров и грузов в процессе хозяйственной деятельности
- вызова полиции, пожарных, скорой помощи
- поиска гостиницы, ресторана и т.д.

- нахождения маршрута
- защиты от угона
- слежения за экологически опасными грузами
- управления на маршруте
- определения места транспортного средства
- определения места аварии

- определения места при транзите.

В соответствии с перечисленными задачами в таблицах 1 и 2 [7] представлены требования наземных потребителей к радионавигационным системам, входящих в состав навигационных систем ПНО.

Таблица 1. Требуемые точностные характеристики

Задача	Точность, (СКО) м
Управление транспортом	100
Вызов полиции, пожарных, скорой помощи	10
Использование сервиса (гостиницы, рестораны и т.д.)	10
Нахождение маршрута	25
Возвращение потерянных и украденных транспортных средств	10

Таблица 2. Требуемые точностные характеристики для автотранспорта

Задача	Точность, (СКО) м	Целостность, с	Доступность, %
Управление на маршруте	5	1	99,7
Определение места транспортного средства	30	5	99,7
Определение места аварии	5	11	99,7
Определение места при транзите	10	5	99,7

В таблице 3 и 4 приведены сравнительные точностные характеристики систем ПНО.

Таблица 3. Точностные характеристики навигационных систем подвижных наземных объектов

Система	Режим работы	Координаты (СКО)
КомпаНав-2Т	P2	5 м
	P1	500 м
БИНС-Тек	P2	5 м
	P1	0,25% от пр. пути
Ellipse-N	P2	2 м
	P1	190
Ellipse-E	P2	2 м
	P1	190 м
Ekinox-N	P2	1.5 м
	P1	
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м
RT2500	P2	3 м
	P1	190 м
	SBAS	2.0
	DGPS	0.9
RT2502	P2	3 м
	P1	0,25% от пр. пути
	SBAS	2.0
	DGPS	0.9
RT2002	P2	1,5 м
	P1	0,2% от пр. пути
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м

RT3100	P2	1.8 м
	P1	
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м
RT3102	P2	1,8 м
	P1	
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м
RT3002	P2	1,5 м
	P1	
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м
RT3003	P2	1,5 м
	P1	
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м
Survey+	P2	1,5 м
	P1	
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м
Survey+ L1	P2	1,8 м
	P1	
	SBAS	0.6 м
	DGPS	0.4 м
«Азимут»	P2	25м
	P1	1,2%от пр. пути
КомпаНав-3	P2	6 м
	P1	500м
КомпаНав-2М	P2	6 м
	P1	600м
Ориентир	P2	50 м
	P1	0,2% от пр. пути
КС-100М	P2	60 м
	P1	500 м
Малогабаритная навига- ционная аппаратура ФГУП НКТБ «ФЕРРИТ»	P2	20 м
	P1	1,0% от пр. пути
«Трона-1».	P2	10 м
	P1	0,7% от пр. пути
ТНА-4	P2	
	P1	0,9% от пр. пути
«Гамма-1»	P2	25 м
	P1	0,6% от пр. пути
«Гамма-2»	P2	25
	P1	1% от пр. пути
ГАЛС-Д2М-1	P2	33 м
	P1	0,5% от пр. пути
ГАЛС-Д2М-2	P2	22 м
	P1	0,25% от пр. пути
ГАЛС-Д2М-3	P2	14 м
	P1	0,1% от пр. пути
ГАЛС-Д2М-4	P2	8 м.
	P1	0,05% от пр. пути

В таблице 3: P1 — автономный режим; P2 — режим с коррекцией от СРНС; пр. путь — пройденный путь;

SBAS — режим работы, при котором дифференциальные поправки определяются с помощью космических систем

дифференциальной коррекции; DGPS — режим работы, при котором дифференциальные поправки определяются с помощью локальной системы дифференциальной коррекции.

В таблице 3 приведены систем навигации часть, из которых имеет точностные характеристики, которые полностью удовлетворяют приведенным выше требованиям. В число данных систем входит в основном системы иностранного производства и две модели навигационных систем отечественного производства. В иностранных системах для определения координат массово используется дифференциальный режим работы СРНС. Его использование позволяет получать точность порядка 0,4 м. Координаты, полученные с точностью от 6 м до 25 м в режиме с коррекцией от СРНС от систем КомпаНав-3, «Азимут», «Трона-1», «Гамма-1», «Гамма-2», ГАЛС-Д2М-2, ГАЛС-Д2М-3, ГАЛС-Д2М-4 не могут быть использованы при решении задач управления на маршруте и определения места аварии. Системы, имеющие точность опре-

деления координат от 33 м до 60 м в режиме с коррекцией от СРНС могут быть использованы только для управления транспортом.

Для систем имеющих точность от 6 до 60 м необходимо повысить точность используя:

- приемники СРНС имеющие более высокую точность определения координат и других параметров;
- дифференциальный режим СРНС и локальные системы на основе псевдоспутников.

Таким образом, в статье был проведен анализ точностных характеристик существующих навигационных систем ПНО и их сравнение с требуемыми характеристиками в зависимости от решаемой задачи. В ходе анализа выявлено, что часть систем имеет характеристики точности (от 6 до 60 м) не позволяющие использовать их для выполнения определенных задач, поэтому были предложены способы повышения точности определения координат местоположения для данных навигационных систем.

#### Литература:

1. Безмага, В. М., Журавлев А. В. Навигационные комплексы наземных мобильных средств / А. В. Журавлев, В. М. Безмага // Новости навигации — 2009 — № 1 — с. 29–36.
2. Комраков, Д. В. Навигационные комплексы наземных мобильных средств / Д. В. Комраков // Технические науки: теория и практика: материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Чита, апрель 2012 г.). — Чита: Издательство Молодой ученый, 2012. — с. 47–49.
3. Система топографического ориентирования «Трона-1» //Обозрение армии и флота — 2007. — № 4.
4. Сурков, В. О. Системы навигации подвижных наземных объектов и их характеристики/ В. О. Сурков // Молодой ученый. — 2013. — № 7. — с. 76–79.
5. Сурков, В. О. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных систем навигации подвижных наземных объектов / В. О. Сурков // Молодой ученый. — 2015. — № 13. — с. 211–214.
6. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд 3-е, перераб. — М.: Радиотехника, 2005, 688 с., ил.
7. Радионавигационный план Рос. Федерации: утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 сентября 2008 г. № 118; в редакции приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 31 августа 2011 г.

## Методы диагностирования, используемые в навигационных системах подвижных объектов

Сурков Владимир Олегович, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*Произведен анализ методов диагностирования, используемых в навигационных системах подвижных объектов. Рассмотренные методы не позволяют определить факт наличия или отсутствия сигнала на входе измерителей, поэтому наиболее целесообразно в качестве метода диагностики навигационных систем подвижных наземных объектов использовать методы совместного обнаружения и оценивания параметров сигналов.*

При создании современных навигационных систем необходимым является применение специальных средств обеспечивающих отказоустойчивость системы в процессе эксплуатации. Под отказоустойчивостью по-

нимается способность системы выполнять свои функции после возникновения отказа. Нарушения функционирования могут быть вызваны отказами отдельных датчиков и систем, случайными пропадающими сигналами, аномаль-

ными измерениями, сбоями в работе вычислительных устройств, приводящими к ошибочному выполнению алгоритмов, воздействием помех различного вида.

Устранить воздействие некоторых из перечисленных воздействий возможно за счет:

1. общего повышения требований к электромагнитной совместимости и помехозащищенности оборудования, экранировки аппаратуры, увеличения мощности используемых сигналов;

2. создания специальной системы контроля работы устройств, входящих в состав системы с дальнейшим восстановлением работоспособности.

В связи с определенными особенностями построения навигационных систем подвижных наземных объектов (ПНО), таких как зависимость точности позиционирования от наличия данных спутниковой радионавигационной системы (СРНС) система контроля должна иметь возможность определения факта наличия или отсутствия сигнала на входе приемника СРНС.

Далее рассмотрим методы диагностирования используемые при диагностике навигационных систем.

Создание системы контроля производится на основе методов функционального диагностирования. Под техническим диагностированием (ТД) в соответствии с [1] понимается диагностирование, осуществляемое во время функционирования объекта, на который поступают рабочие воздействия. Целью диагностирования является определение технического состояния объекта с указанием при необходимости места, вида и причины дефекта.

Наиболее часто используемыми методами контроля работоспособности навигационных систем являются методы диагностирования в пространстве сигналов.

Методы диагностирования в пространстве сигналов делятся на две группы:

1. Методы анализа характеристик сигналов — использование априорно известные сведений о характеристиках сигналов (амплитуде, частотных свойствах и др.).

2. Методы анализа алгебраических инвариантов — алгебраическое соотношений (контрольных условие), которым должна удовлетворять совокупность выходных сигналов объекта, дополненная при необходимости одним или несколькими избыточными сигналами. Инвариантность состоит в том, что при отсутствии дефектов оно обязано выполняться для любых входных сигналов и в любой момент времени.

#### Литература:

1. ГОСТ 20911–89 Техническая диагностика. Термины и определения.
2. Иванов, Ю. П. Метод оценки целостности спутниковой навигационной системы на основе графоаналитического подхода / Ю. П. Иванов, В. Г. Никитин, С. П. Соболев // НЗ4 Научная сессия ГУАП Сб. докл. В 3 ч Ч 1 Технические науки / ГУАП СПб, 2006 251 с ил, с. 27–30.
3. Иванов, Ю. П. Анализ целостности спутниковой навигационной системы посадки / В. Г. Никитин, А. А. Рогова, О. И. Саута, С. П. Соболев // Сборник научных трудов НГТУ (Сборник научных трудов Новосибирского Государственного технического университета). — 2006 — № 2 (44) — с. 9–20.

Методы анализа алгебраических инвариантов в свою очередь разделяются на:

- a. дублирование и резервирование;
- b. использование естественной избыточности;
- c. введение избыточных переменных;
- d. использование наблюдателей состояния.

В настоящее время систему контроля можно построить на основе контроля состояния каждого из датчиков, входящих в состав системы за счет графоаналитического метода и дискретных марковских процессов [2; 4], за счет контроля их выходных напряжения [5], или за счет анализа невязок измерений [6–9] и использование наблюдателей состояния при диагностике навигационных систем в виде многогипотезных измерителей с межобзорной памятью гипотез, представляющих собой несколько параллельно работающих фильтров Калмана или банк фильтров Калмана совместно с введением в вектор наблюдения избыточных переменных [10–16]. В данном случае невозможно определить причину отказа датчика так как не происходит контроль определяемого им параметров.

Для определения причины отказа необходимо создание отдельной системы контроля для каждого датчика за счет использования:

— нейросетевых методов для контроля данных бесплатформенной инерциальной навигационной системы [17–18],

— избыточных переменных или дополнительных наблюдателей [19–21]) для контроля работоспособности фильтра Калмана.

Данные методы диагностики в настоящее время не используются в навигационных системах ПНО, поэтому возможно их использование в качестве дополнительных методов.

За счет введения избыточных переменных возможен контроль данных датчиков входящих в состав навигационной системы, например приемника СРНС за счет использования методов контроля целостности, описанных в статьях [22–26].

Таким образом, рассмотренные методы диагностики при их реализации в соответствии с вышеуказанными случаями не предусматривают контроль наличия сигналов на входе приемника сигнала или датчика, например радиотехнического (СРНС), поэтому является необходимым использовать другие методы, например методы совместного обнаружения и оценивание параметров сигналов.

4. Иванов, Ю. П. Метод оценки целостности спутниковой навигационной системы / Ю. П. Иванов, В. Г. Никитин, А. А. Рогова, О. И. Саута, С. П. Соболев // Изв. вузов России. Радиоэлектроника / СПбГЭТУ «ЛЭТИ» — 2006 — Вып. 5 Радиоэлектроника и телекоммуникации — с. 69–77.
5. Клевцова, Т. В. Методы обнаружения скрытых дефектов в навигационных системах / Т. В. Клевцова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2009. — № 1. — с. 134–141.
6. Чернодаров, А. В. Контроль и адаптивно-робастная оценка состояния интегрированных навигационных систем на базе квантово-оптических измерителей // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. — 2012. — № . 185.
7. Сухомлинов, Д. В., Чернодаров А. В., Патрикеев А. П. Контроль и адаптивно-робастная оценка состояния интегрированных навигационных систем на базе квантово-оптических измерителей // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2012. — Т. 1.
8. Чернодаров, А. В., Матюшин В. А. Прогнозирующий контроль и оценка уровня надежности инерциальных измерительных модулей в режиме реального времени // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. — 2009. — № . 148.
9. Чернодаров, А. В., Матюшин В. А. Управление состоянием интегрированных навигационных систем по полетным данным // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. — 2005. — № . 89.
10. Зинчук, В. М., Якименко С. Ю. Синтез оптимальных алгоритмов многоальтернативного совместного обнаружения и оценки параметров при неизвестных вероятностях появления обнаруживаемых сигналов / В. М. Зинчук, С. Ю. Якименко // Автоматика и телемеханика, 1983, — М — № 2, с. 102–114.
11. Глузов, В. М. и др. Алгоритмическое обеспечение отказоустойчивости систем автоматического управления / В. М. Глузов, С. Д. Земляков, В. Ю. Рутковский, А. В. Силаев // Автоматика и Телемеханика, М — 1988, № 9, с. 3–33.
12. Кошаев, Д. А. Многоальтернативный метод обнаружения и оценки нарушений на основе расширенного фильтра Калмана // Автоматика и Телемеханика. 2010. № 5. с. 70–83.
13. Безмен Г. В., Колесов Н. В. Функциональное диагностирование линейных динамических систем с использованием нечеткого анализа / Г. В. Безмен, Н. В. Колесов // Информационно-управляющие системы — 2009 — № 6. — с. 67–73.
14. Безмен, Г. В., Колесов Н. В. Функциональное диагностирование динамических систем с использованием нечетких правил анализа и принятия решений об отказе / Г. В. Безмен, Н. В. Колесов // Известия РАН. Теория и системы управления — 2011 — № 3. — с. 3–12.
15. Дмитриев, С. П., Колесов Н. В., Осипов А. В. Информационная надежность, контроль и диагностика навигационных систем. — СПб.: Изд-во ЦНИИ «Электроприбор», 2003. 206 с.
16. Кошаев, Д. А. Информационный контроль и восстановление навигационных комплексов при большом числе типов нарушений и неопределенности их моделей / Д. А. Кошаев // Гироподометрия и навигация. 2007, № 4, с. 47–59.
17. Деева, А. С. Контроль и диагностика избыточной инерциальной навигационной системы / А. С Деева, А. Г Щипицын // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». — 2007. — Вып. 5, № 7 (79). — с. 12–17.37.
18. Деева, А. С. Методы контроля и диагностики информационных нарушений инерциальных навигационных систем / А. С. Деева, А. Г. Щипицын // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». — 2010. — Вып. 11, № 2. — с. 12–17.
19. Голован, А. А., Мироновский Л. А. Алгоритмический контроль фильтра Калмана / А. А. Голован, Л. А. Мироновский // Автоматика и Телемеханика. 1993, № 7, с. 173–185.
20. Мироновский, Л. А. Функциональное диагностирование динамических систем (обзор) / Л. А. Мироновский // Автоматика и Телемеханика, 1980. № 8. с. 96–121.
21. Гаджиев, Ч. М. Диагностирование динамических систем по обновляющей последовательности фильтра Калмана / Ч. М. Гаджиев // Автоматика и Телемеханика. 1992. № 1. с. 180–483.
22. Иванов, А. В. Оптимизация и комплексирование обработки информации в навигационно-посадочном комплексе с контролем целостности навигационного обеспечения по информации барометрического высотомера / А. В. Иванов // Радиотехника. — 2009. — № 7. — с. 72–82.
23. Иванов, А. В. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения / А. В. Иванов // Радиотехника. — 2010. — № 12. — с. 15–20.
24. Иванов, А. В. Анализ работы алгоритмов обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения путем статистического компьютерного моделирования / А. В. Иванов // Радиотехника. — 2011. — № 5. — с. 6–11.

25. Иванов, А. В. Автономные системы контроля целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов // Радиотехника. — 2014. — № 7. — с. 55–64.
26. Иванов, А. В. Алгоритмы обработки информации в навигационных системах наземных подвижных объектов с контролем целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов, Д. В. Комраков, В. О. Сурков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. — 2014. — № 52. — с. 53–58.

## Информационно-аналитическая система мониторинга и анализа взаимосвязей обеспеченности трудовыми ресурсами и здоровья населения

Тараканова Мария Андреевна, аспирант

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

*В статье раскрывается необходимость оценки взаимосвязи здоровья населения и такого социально-экономического показателя, как численность экономически активного населения. Многомерность социально-экономических процессов предполагает использование для анализа большого массива показателей. Это, в свою очередь, определяет актуальность создания гибкого механизма обработки информации для принятия управленческих решений, касающихся изменения направления и объемов бюджетного финансирования.*

*Ключевые слова: здоровье населения, многомерный анализ, экономика, информационные технологии, эконометрическое моделирование*

Взаимосвязь между здоровьем населения региона, с одной стороны, и экономическим ростом, с другой, признается и медицинской и экономической науками. В условиях наблюдающегося в последние десятилетия старения населения взаимовлияние здоровья и экономического роста выходит на передний план в качестве балансирующего механизма поддержания экономического роста при сокращении притока рабочей силы. Улучшение здоровья населения за счет пролонгации работоспособности приводит к увеличению предложения рабочей силы, росту производительности труда и, соответственно, росту экономических показателей развития региона.

К прямым экономическим потерям вследствие заболеваемости относятся затраты на оказание медицинской помощи: амбулаторное, стационарное, санаторно-курортное лечение, санитарно-эпидемиологическое обслуживание, научно-исследовательскую работу, подготовку кадров [4]. Кроме того, к прямым экономическим потерям вследствие заболеваемости относят также пособия при временной утрате трудоспособности и пенсии по инвалидности.

Косвенные экономические потери — это потери в связи со снижением производительности труда в результате заболеваемости, отток из региона финансов за счет привлечения иностранной рабочей силы и интегральное снижение национального дохода на уровне всего народного хозяйства в результате временной или стойкой потери трудоспособности или смерти людей в трудоспособном возрасте.

При этом доля косвенных экономических потерь значительно превышает прямой экономический ущерб вследствие заболеваемости.

Чем подробнее набор используемых показателей, тем надежнее экономико-математическая модель и большее доверие вызывают полученные результаты. А так как точность проведенного анализа повышается за счет непрерывной актуализации данных, то мониторинг является важным инструментом анализа, прогнозирования, а также фактором в принятии обоснованных решений.

Возникает вопрос создания информационно-аналитической системы непрерывного наблюдения, сбора, обработки и исследования показателей экономической активности населения и здравоохранения.

Аналитическая информационная система мониторинга (далее — Система), построенная с использованием OLAP-технологии обработки информации, позволит осуществлять обработку данных, их анализ в виде математических моделей. При этом в Систему целесообразно включать параметры, имеющие не только количественные, но и качественные оценки (наличие в системе характеристик, которые не имеют числового значения обусловлено спецификой изучаемой области, когда четкая формализация и количественное измерение представляются затруднительными).

Так трудовые ресурсы обладают количественной и качественной определенностью, образуя в своей совокупности определенную меру, предопределяющую трудовой потенциал общества, который имеет количественную и качественную оценку.

Количественная оценка характеризуется следующими параметрами:

- общей численностью трудоспособного населения;

– количеством рабочего времени, которое отрабатывает работающее население при сложившемся уровне производительности и интенсивности труда.

Качественная оценка трудового потенциала определяется следующими показателями:

– состоянием здоровья, физической дееспособностью трудоспособного населения;

– качеством трудоспособного населения с точки зрения уровня общеобразовательной и профессионально-квалификационной подготовки трудоспособного населения.

Количественный аспект трудового потенциала отражает его экстенсивную составляющую, а качественный аспект — интенсивную составляющую.

Важной составляющей информационно-аналитической системы мониторинга и анализа данных с целью принятия управленческих решений на региональном уровне являются информационные базы. Информация в Системе может быть структурирована в виде OLAP-кубов, объединяющих данные, содержащиеся в следующих базах данных:

– БГД — банк готовых документов. БГД предназначен для осуществления информационно-справочного обслуживания пользователей в режиме «электронной книги». БГД формируется на основе официальных публикаций Владимирстата.

– БД ПМО — база данных «Показатели муниципальных образований». БД ПМО позволяет пользователю получить статистическую информацию, характеризующую состояние экономики и социальной сферы муниципального образования. База формируется на основе форм федерального статистического наблюдения в соответствии с ежегодно утверждаемым руководством Росстата Перечнем показателей, предусмотрена также

загрузка показателей для оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов.

– Доступной статистической информацией ТФОМС по Владимирской области, Департамента здравоохранения администрации Владимирской области и Департамента по труду и занятости населения администрации Владимирской области.

В состав Системы возможно включение аналитические «витрины» по анализу трех основных направлений: заболеваемости и смертности населения; объему финансирования сферы здравоохранения; количеству и качеству трудовых ресурсов. С помощью простого и интуитивно понятного интерфейса Системы пользователи будут иметь возможность самостоятельно проводить статистический анализ и формировать неформализованные сложные многомерные отчеты.

Построение экономико-математических моделей с использованием информационно-аналитической системы мониторинга возможно с помощью комбинирования данных из разных аналитических «витрин». То есть, структура данных аналитических витрин может изменяться пользователем при помощи выбора элементов других OLAP-кубов. При этом набор возможных дополнительных элементов для каждой аналитической панели определяется в зависимости от наличия связей между элементами OLAP-кубов.

Описанная выше Система является своего рода инструментом сбора, анализа, обработки глубоко детализированной информации и автоматизирует ресурсоемкие и трудоемкие процессы деятельности на этапе принятия управленческих решений в социально-экономической системе Владимирской области.

#### Литература:

1. Егоров, Т. Н. Использование рыночных механизмов в обеспечении качества медицинского обслуживания населения // Экономика и управление: Современные аспекты экономики. — 2008.
2. Петруничева, О. Ж. Этапы развития здравоохранения // Инновационные процессы в современном российском обществе: сборник статей / под ред. А. М. Копейкина. — Архангельск, 2010. — с. 82–86.
3. Стратегия и тактика развития экономики России до 2020 года на федеральном и региональном уровнях: Монография // Под общ. ред. И. С. Цыпина, Ю. Н. Шедько. — М.: ВГНА Минфина России, 2011. — 478 с.
4. Ухлин, Д. А. Современные аспекты функционирования сферы здравоохранения в условиях перехода на инновационный путь развития экономики // Современные аспекты экономики. — 2009. — № 1 (138).

## Режимы стендовых испытаний для экспресс оценки долговечности тормозных накладок микроавтобусов семейства ГАЗ

Тюрин Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент;  
Бойко Григорий Владимирович, кандидат технических наук, доцент  
Волгоградский государственный технический университет

Федотов Виталий Николаевич, кандидат технических наук, доцент  
Санкт-Петербургский государственный горный университет

Гавриченко Анастасия Сергеевна, студент;  
Волгоградский государственный технический университет

*В работе приведены результаты расчета режимов торможения микроавтобусов ГАЗель ГАЗ 3221 (маршрутных такси) для ускоренных стендовых испытаний фрикционных накладок передних тормозных механизмов.*

Основная масса маршрутных такси — это микроавтобусы ГАЗель ГАЗ-3221 и их модификации. Эксплуатационные режимы маршрутных такси, обусловленные частыми посадками высадками пассажиров, требуют обеспечение надежности работы тормозного управления. К числу деталей тормозной системы, определяющих техническое состояние автомобиля по требованиям безопасности, относятся накладки тормозных колодок. Накладки проверяются на прочность и долговечность. Если испытания на прочность кратковременны, то долговечность накладок проверяется длительными испытаниями на износ в объеме пробега до ТО-1 (не менее 10000 км). Поэтому разработка типовых режимов ускоренных стендовых испытаний на износ колодок маршрутных такси является актуальной и имеет практическую ценность. Требования к испытаниям изложены в ГОСТе 30480–97 “Методы испытаний на износостойкость”, который устанавливает общие требования к испытаниям на износостойкость на различных стадиях жизненного цикла изделий.

Исходные данные для режимов торможения получены по результатам исследования режимов движения такси

на маршруте № 20 ДЦ — ТЗР — ДЦ. Общая протяженность данного маршрута составляет 34 км. Данный маршрут был разбит на три участка.

I участок: ДЦ — пл. Ленина (3,0 км), колонное движение, маневр затруднен из-за высокой плотности транспортного потока в центре города, большим количеством перекрестков, светофоров и пешеходных переходов. II участок: пл. Ленина — ул. Штеменко (8,5 км), свободное движение транспортного потока, свобода маневра ограничена правилами дорожного движения. III участок: ул. Штеменко — ТЗР (5,5 км), групповое движение транспортного потока, маневр ограничен движением по одной полосе, большим количеством перекрестков, светофоров и пешеходных переходов.

Расчеты проводились в следующем порядке по участкам:

Определение временных и скоростных характеристик торможения: общее время торможения, количество торможений до остановки, длительность торможений до остановки, средняя начальная скорость торможения до остановки, интервалы скоростей притормаживания и время притормаживания, табл. 1 и 2.

Таблица 1. Характеристики режима торможения при движении от ДЦ до ТЗР

Наименование параметров	I участок	II участок	III участок
Количество торможений на 1 км	2,3	2,0	3,2
Время торможения до остановки от общего времени торможений, %	82	67	80
Среднее время торможения до остановки, с	7,7	8,9	14,1
Средняя начальная скорость торможения до остановки, км / ч	33,3	45,0	43,1

Таблица 2. Среднее время притормаживания и его доля от общего времени торможения по участкам при движении от ДЦ до ТЗР (с / %)

Интервалы скоростей торможения	I участок	II участок	III участок
От 70 до 40 км / ч	$\frac{3}{4}$	10,3 / 18	9 / 4
От 50 до 20 км / ч	$\frac{3}{4}$	12 / 15	12,3 / 16
От 30 до 20 км / ч	10 / 18	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$

Определение силовых характеристик торможения, температурного режима и пути трения накладок: тормозные моменты на тормозном диске, давления, действующие во фрикционной паре накладка — тормозной диск, поверхностная температура, удельная работа сил трения, путь трения на 1 км маршрута. При расчете использовались следующие параметры автомобиля: полная масса 3500 кг, площадь накладки (типа ТИИР-250) 5256 мм<sup>2</sup>, коэффициент трения по диску 0,35, радиус колеса (модель 175К16С) 345 мм [1]. Расчеты момента торможения, силы давления, действующей на накладку, и удельной работы трения выполнялись по методике, изложенной в работе П. П. Лукина, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионова [2].

Момент торможения может быть найден по формуле (1)

$$M_{TOP} = F' r_{cp} = \frac{m_a (V_2 - V_1)}{t_T} r_{cp}, \quad (1)$$

где F' — сила торможения на колесах.

Принимая во внимание, что торможение осуществляется в основном за счет работы передних тормозных механизмов, формула (1) для режима торможения “до остановки” на одно колесо примет вид (2)

$$M_{TOP} = \frac{m_a V_T r_{cp}}{2 t_T}, \quad (2)$$

где V<sub>T</sub> — средняя начальная скорость до торможения;

t<sub>T</sub> — среднее время торможения;

r<sub>cp</sub> — радиус приложения на диск равнодействующей сил трения;

m<sub>a</sub> — масса автомобиля.

С другой стороны тормозной момент на тормозном диске равен

$$M_{TOP} = 2 N f r_{cp}, \quad (3)$$

отсюда

$$N = \frac{M_{TOP}}{2 f r_{cp}}, \quad (4)$$

где f — коэффициент трения тормозных накладок по диску, принят

равным 0,35;

N — суммарная сила прижатия накладки к диску.

Давление  $p = \frac{N}{F}$ , действующее во фрикционной паре

накладка — тормозной диск, не должно превышать допускаемого значения 0,8–1,2 МПа [3].

Удельная работа трения

$$L_{уд} = \frac{m_a (V_2^2 - V_1^2)}{2 \cdot 3,6^2 F_{\Sigma}} \leq (4 \div 10) \cdot 10^4 \frac{Дж}{м^2}, \quad (5)$$

где V<sub>1</sub> — скорость автомобиля в начале торможения;

V<sub>2</sub> — скорость автомобиля в конце торможения;

F<sub>Σ</sub> — суммарная площадь всех фрикционных накладок.

Тормозной путь определяем по формуле

$$S_t = \frac{V_1 + V_2}{2} t_T n, \quad (6)$$

где n — количество торможений на 1 км пути в интервале скоростей V<sub>1</sub>-V<sub>2</sub>.

Путь трения на 1 км пути S\* равен

$$S^* = \frac{S_H}{S}, \quad (7)$$

где S<sub>H</sub> — путь, пройденный накладкой;

S — длина участка.

Путь, пройденный накладкой, равен

$$S_H = S_t \cdot \frac{r_{cp}}{r_k}. \quad (8)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 3 и 4. [4]

Построение и анализ графиков движения маршрутного такси на 1 км пути (в виде усредненного графика зависимости скорости автомобиля от времени, рис. 1, 2 и 3).

Анализ графиков (см. рис. 1,2,3) показывает, что на 1 км маршрута такси:

- на I участке тормозит до полной остановки 2 раза, притормаживает 1 раз с 30 до 20 км/ч. Время торможения 18,4 с, что составляет 15% от общего времени проезда 1 км маршрута;

- на II участке тормозит до полной остановки 1,4 раза, притормаживает 2 раза с различными интервалами скоростей. Время торможения 19,2 с, что составляет 19% от общего времени проезда 1 км маршрута;

- на III участке тормозит до полной остановки 2,4 раза, притормаживает 2 раза с различными интервалами скоростей. Время торможения 42,9 с, что составляет 29% от общего времени проезда 1 км маршрута.

Таблица 3. Статические, временные и силовые характеристики режима торможения маршрутного такси от ДЦ до ТЗР при полной остановке

Характеристики режима торможения по участкам	Mтор, Н·м	N, Н	p, МПа	L уд 10 <sup>4</sup> , Дж/м <sup>2</sup>	S <sub>т</sub> , м	S <sub>н</sub> , м	S*, м/км
I	262,8	3003,4	0,57	712	106,8	38,7	12,9
II	307,2	3510,9	0,67	1301	334,5	121,2	14,3
III	186,2	2128,0	0,40	1193	371,8	134,7	24,5

Таблица 4. Статические, временные и силовые характеристики режима притормаживания маршрутного такси от ДЦ до ТЗР

Характеристики режима торможения по участкам и интервалам скоростей		$M_{\text{тор}}, H \cdot м$	$N, H$	$p, \text{МПа}$	$L_{уд} 10^4, \frac{Дж}{м^2}$	$S_{\text{т}}, м$	$S_{\text{н}}, м$	$S^*, м/км$
I	70–40, км/ч	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
	50–20, км/ч	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
	30–20, км/ч	60,8	695	0,13	321	62,4	22,6	7,5
II	70–40, км/ч	177,0	2023	0,38	2119	441,2	159,9	18,8
	50–20, км/ч	151,9	1736	0,33	1349	264,4	95,8	11,3
	30–20, км/ч	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
III	70–40, км/ч	202,5	2314	0,44	2119	117,7	42,6	7,7
	50–20, км/ч	148,2	1687	0,32	1349	422,4	153,0	27,8
	30–20, км/ч	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$

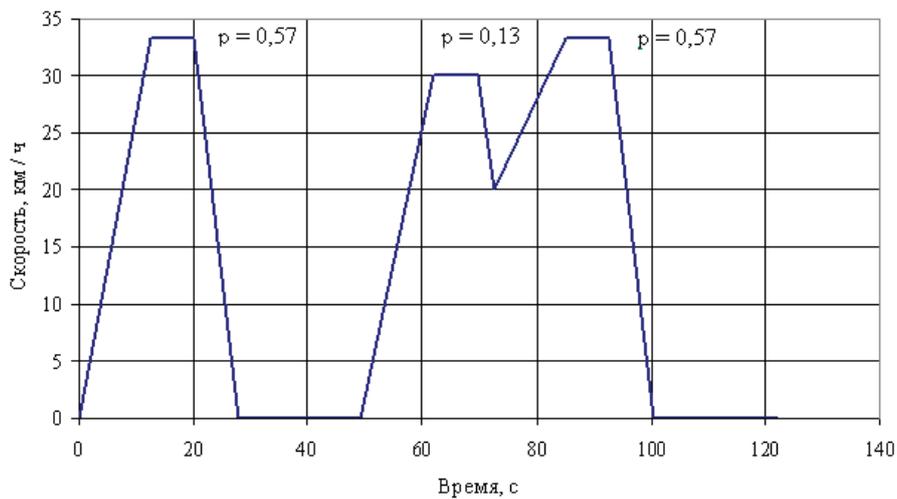


Рис. 1. Усредненные режимы движения автомобиля на 1 км пути на I участке (в направлении ДЦ — ТЗР). Цифрами указаны давления во фрикционной паре (МПа)

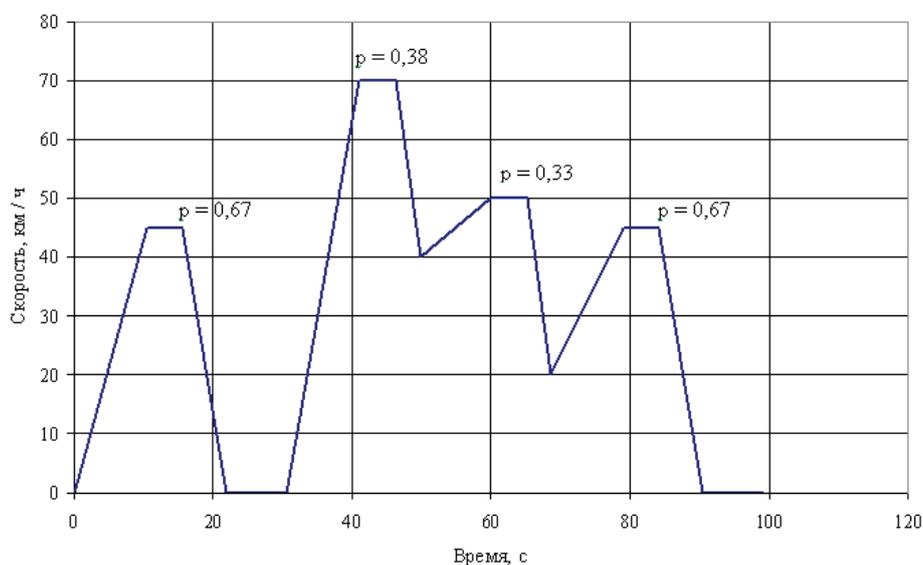


Рис. 2. Усредненные режимы движения автомобиля на 1 км пути на II участке (в направлении ДЦ — ТЗР). Цифрами указаны давления во фрикционной паре (МПа)

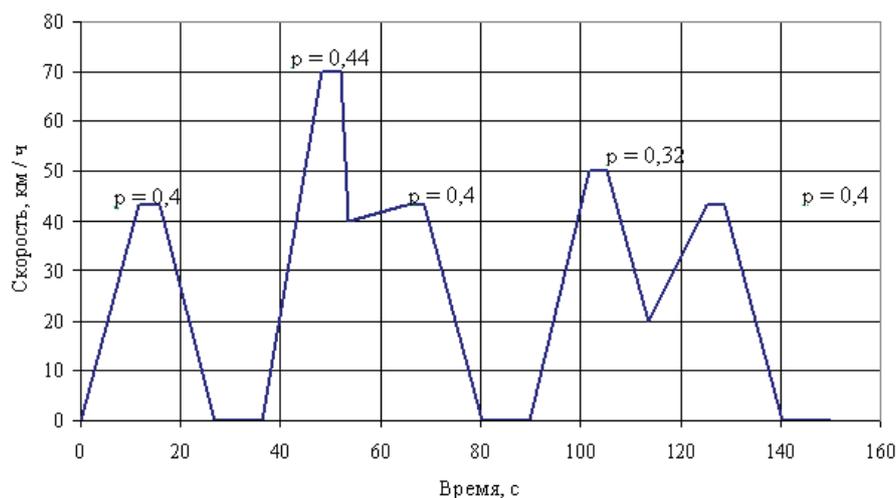


Рис. 3. Усредненные режимы движения автомобиля на 1 км пути на III участке (в направлении ДЦ — ТЗР). Цифрами указаны давления во фрикционной паре (МПа)

Исключив время разгона и равномерного движения, получим соответствующее ускорение режима проведения стендовых испытаний. Коэффициент ускорения  $K_y$  рассчитывается по формуле (9):

$$K_y = \frac{T_{общ}}{T_{общ} - \sum T_p - \sum T_d}, \quad (9)$$

где  $T_{общ}$ ,  $T_p$ ,  $T_d$  — соответственно: общее время, время разгона и время равномерного движения.

При этом во время испытаний значения температуры во фрикционной паре не должны превышать 100–120 °С.

Значения коэффициентов ускорения приведены в табл. 5, режимы ускоренных испытаний — в табл. 6.

Анализ табличных данных показывает, что режим испытаний эквивалентен движению на 3 км маршрута с торможениями до полной остановки 7 раз, притормаживанием 5 раз с различными интервалами скоростей. Коэффициент ускорения  $K_y$  при этом будет равен 5,1.

Режим проведения стендовых испытаний можно еще ускорить, если иметь экспериментально определенную зависимость износостойкости материала накладок от температуры.

Таблица 5. Значения коэффициентов ускорения для соответствующих участков маршрута в направлении ДЦ — ТЗР.

Участок маршрута	Коэффициент ускорения
I	6,7
II	5,3
III	3,4

Таблица 6. Режимы стендовых испытаний для экспресс-оценки долговечности тормозных накладок эквивалентные пробегу 3 км в городских условиях

№ участка	p, МПа	t, с	$S_r$ , м/км
I	0,57	7,7	35,6
	0,13	3,0	20,8
	0,57	7,7	35,6
II	0,67	6,3	39,3
	0,38	3,4	51,9
	0,33	3,2	31,1
	0,67	6,3	39,3
III	0,40	11,2	67,6
	0,44	1,4	21,4
	0,40	11,2	67,6
	0,32	7,9	76,8
	0,40	11,2	67,6

Литература:

1. Автомобили семейства “ГАЗель” // Руководство по эксплуатации 3302–3902010 РЭ. — Н. Новгород, ОАО “ГАЗ”, 2001, — 165 с.
2. Лукин, П. П., Гаспарянц Г. А., Родионов В. Ф. Конструирование и расчет автомобиля. — М.: Транспорт, 1984, — 290 с.
3. Александров, М. П. Тормозные устройства: справочник. — М.: Транспорт, 1985, — 356 с.
4. Tujrin, S., Boyko, G., Revin, A., Fedotov, V. Research to longevity brake lines on the exploitations (2015) Transport Problems, 10 (2), pp. 75–81.

## Анализ нестационарных сигналов с помощью вейвлет-преобразования

Файфер Лилия Андреевна, ассистент  
Омский государственный технический университет

Вейвлет-анализ в настоящее время является удобным инструментом, способным решать многие практические задачи. Вейвлет-анализ применяется в различных областях науки и техники. Широкое применение приобретает решения электроэнергетических вопросов, а именно в таких направлениях как анализ качества электроэнергии, релейная защита электроэнергетических систем, расчёты переходных процессов, диагностика электрического оборудования.

### Преобразование Фурье для анализа стационарных синусоидальных и нестационарных несинусоидальных сигналов

Преобразование Фурье переводит в частотный спектр амплитудно-временное представление сигнала. По полученному спектру можно говорить о наличии выделенных частот в сигнале

Имея во временном представлении зависимость амплитуды сигнала от времени и проведя преобразование

Фурье можно получить сведения об амплитуде сигнала с данной частотой [1].

Создаём в программе MATLAB стационарный сигнал тока.

Таким образом проведя преобразование Фурье, мы получили амплитудно-частотное представление сигнала (рисунок 1, рисунок 2). По полученному спектру можно сказать, что в сигнале присутствует частота  $f=50$  Гц. Однако в реальных сигналах присутствует большое количество различных частот.

Нестационарным называется сигнал тока, в котором присутствуют различные частоты на разных временных интервалах. Смоделируем нестационарный сигнал тока (рисунок 3, рисунок 4).

Из полученных графиков видно, что имеются два временных промежутка, первый от 0 до 0,25 с, второй от 0,25 с. до 0,5 с. На первом временном интервале присутствует частота  $f=50$  Гц, на втором временном интервале присутствуют частоты  $f=50$  Гц,  $f=150$  Гц и  $f=250$  Гц.

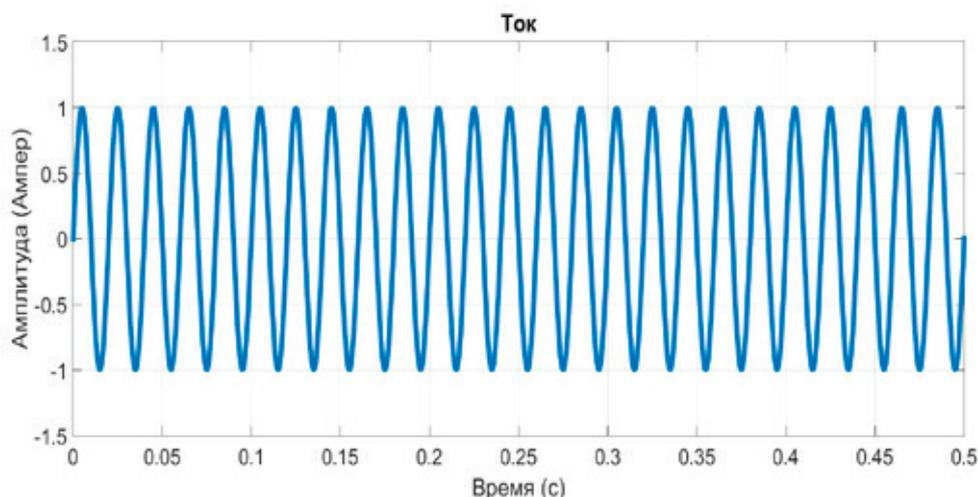


Рис. 1. Стационарный синусоидальный сигнал тока после дискретного преобразования Фурье

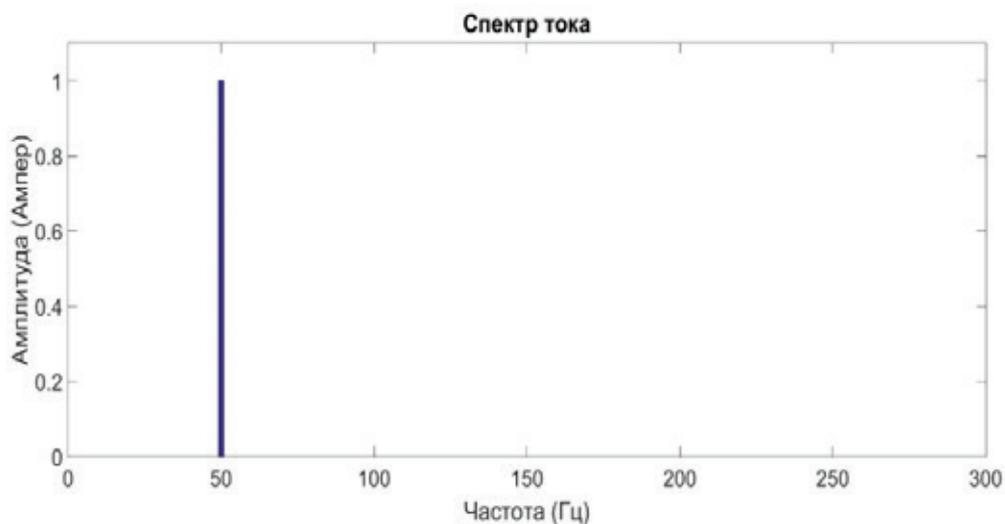


Рис. 2. Спектральный состав стационарного синусоидального сигнала тока

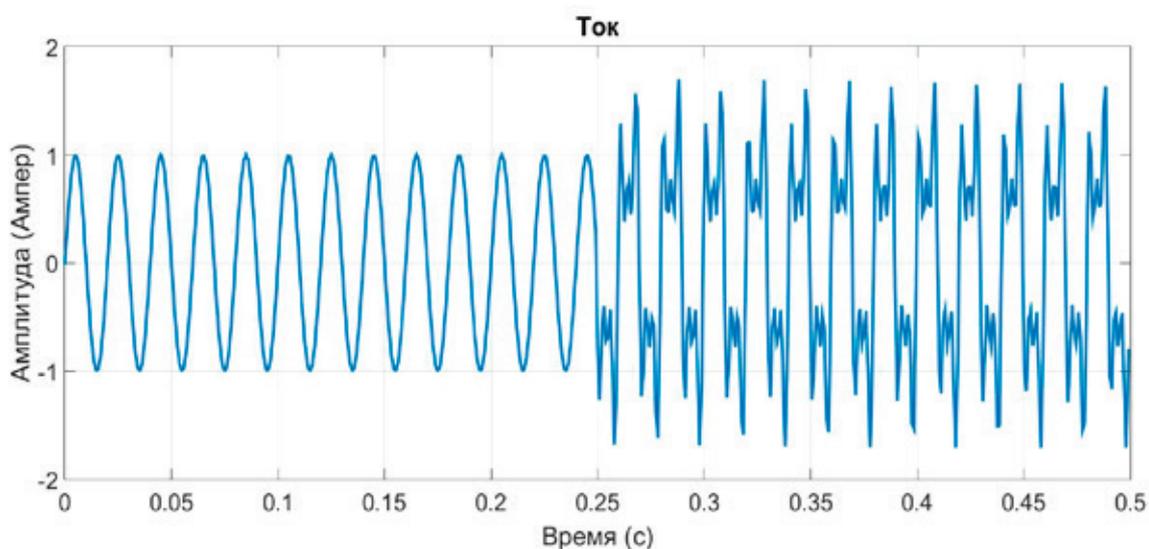


Рис. 3. Нестационарный сигнал тока с присутствием разных частот после дискретного преобразования Фурье

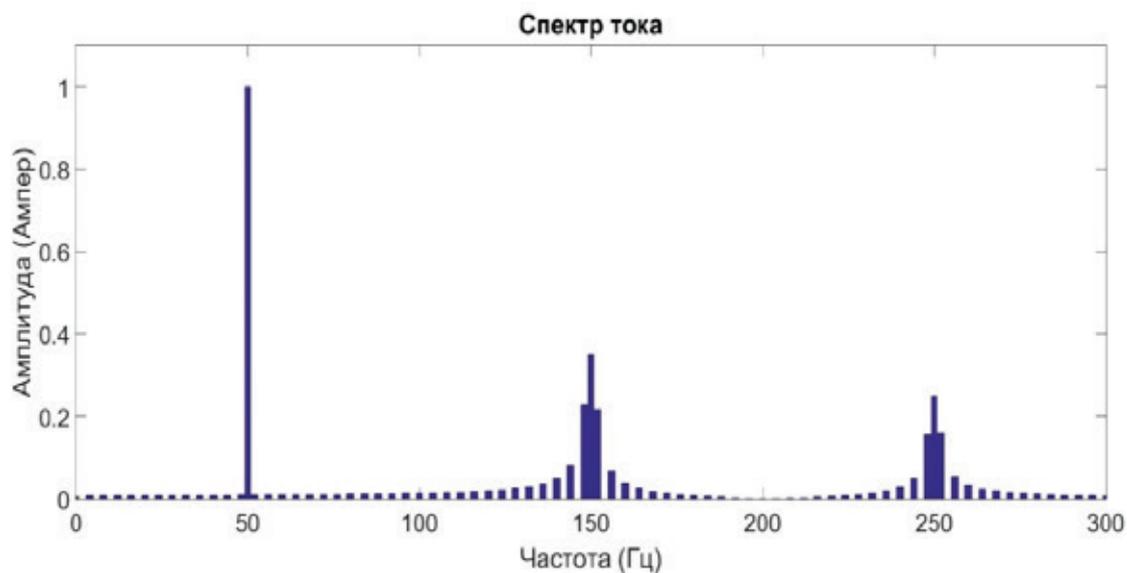


Рис. 4. Спектральный состав нестационарного сигнала тока

Мы видим, что в случае нестационарного сигнала существует растекание спектра, с которым преобразование Фурье не справляется

**Применение вейвлет-преобразования для анализа сигналов**

В настоящее время большую популярность для анализа нестационарных режимов в электроэнергетике при-

обрело вейвлет-преобразование. Так как оно решает те недостатки, которые присуще преобразованию Фурье.

Любое вейвлет-преобразование основано на двух функциях: масштабирующая (аппроксимирующая) и вейвлет-функция (детализирующая).

Аппроксимирующей называется функция со значение интеграла равным единице. С помощью этой функции осуществляется аппроксимацию сигнала, то есть грубое приближение. Такие функции необходимы при анализе

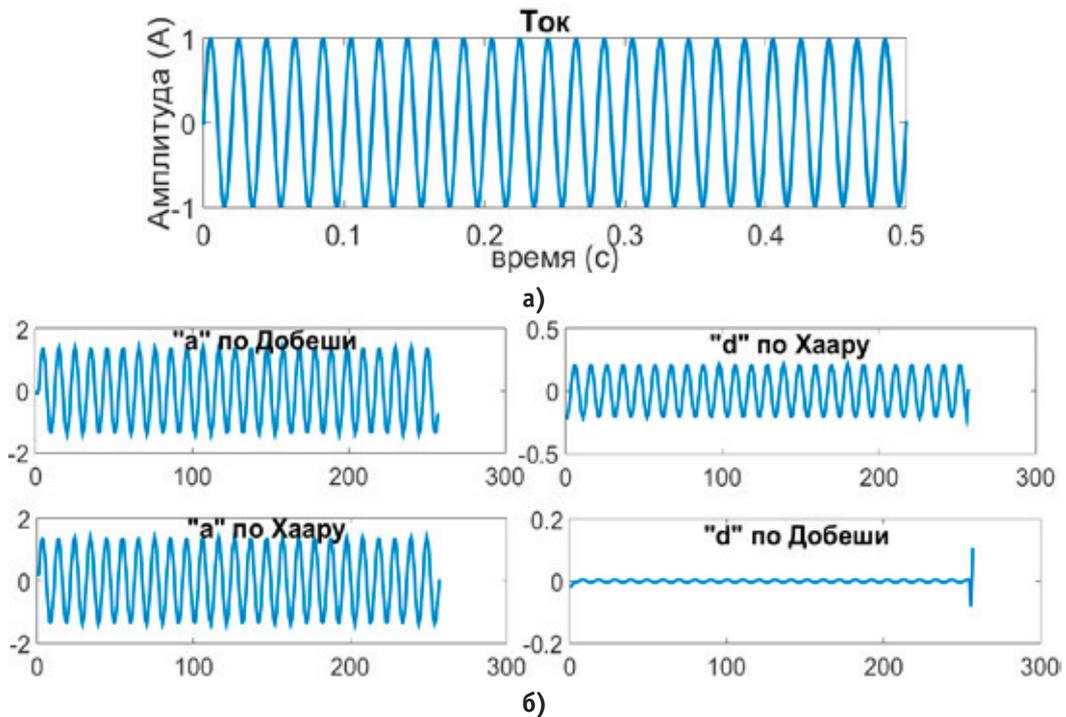


Рис. 5. а — Стационарный синусоидальный сигнал тока; б — коэффициенты сигнала

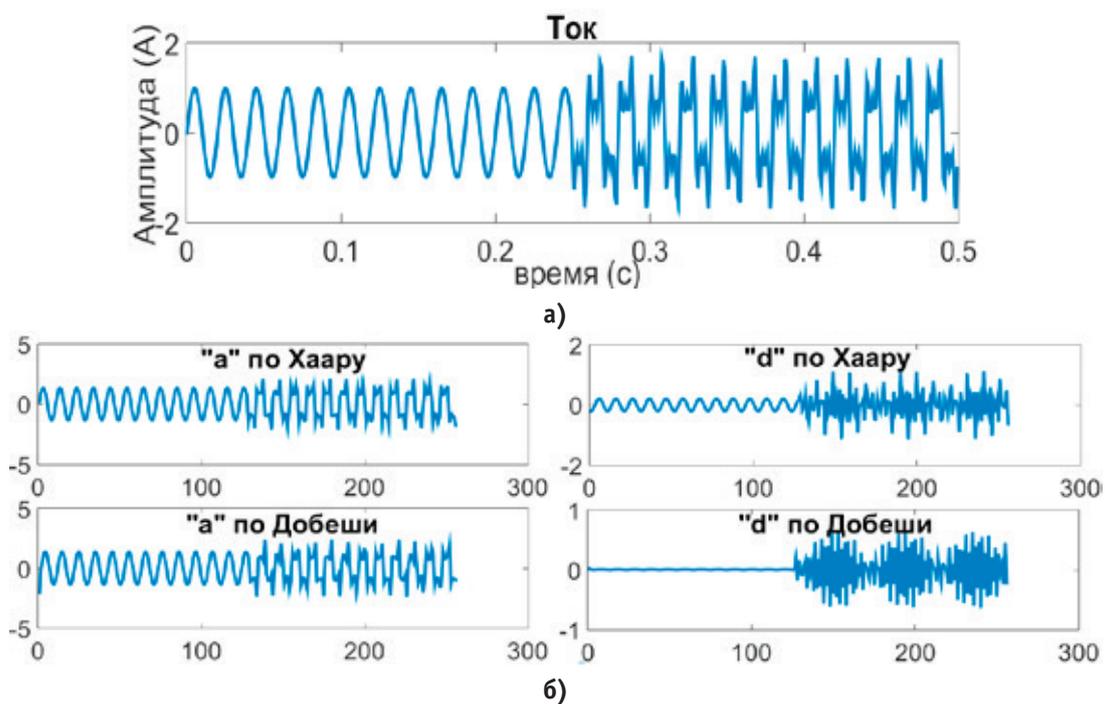


Рис. 6. а) нестационарный несинусоидальный сигнал тока; б) коэффициенты сигнала

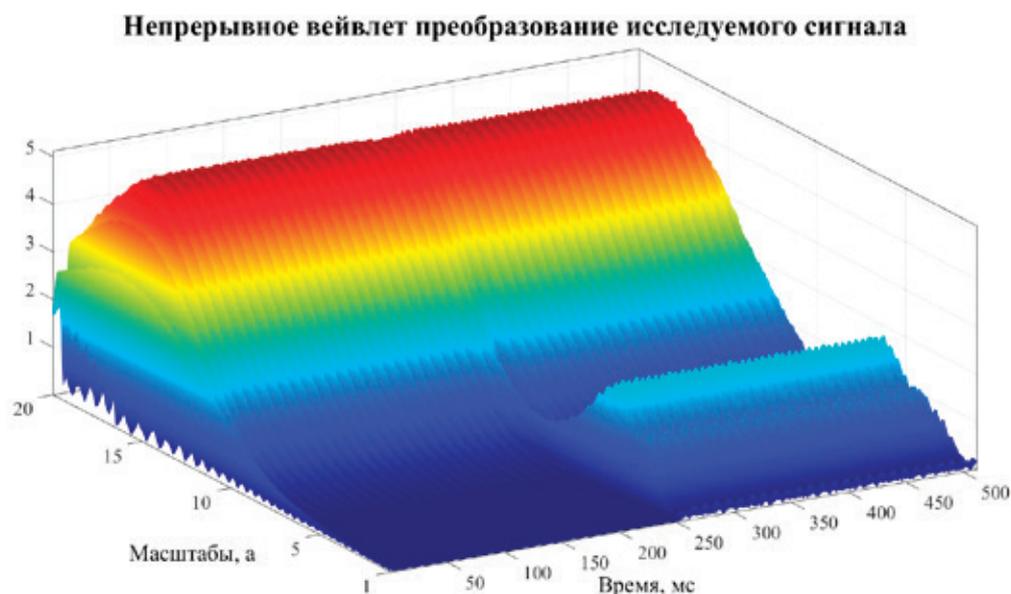


Рис. 7

низкочастотных и высокочастотных компонент в сигнале.

Детализирующей называется функция, имеющая значение интеграла равное. При анализе используются хорошо локализованные функции как во временной области, так и в частотной. С помощью этой функции выделяются локальные особенности сигнала и его детали.

Применим дискретное вейвлет-преобразование к стационарному сигналу тока. Покажем на рисунке 5 сигнал тока и полученные после дискретного вейвлет-преобразования аппроксимирующие и детализирующие коэффициенты, полученные с помощью вейвлета Хаара и вейвлета Добеши 4 порядка. Разложение будем производить до уровня равным единице.

И применим дискретное вейвлет-преобразование к нестационарному несинусоидальному сигналу тока. На рисунке 6 изобразим сигнал тока и полученные аппроксимирующие и детализирующие коэффициенты после дискретного вейвлет-преобразования с помощью вейвлета Хаара и вейвлета Добеши 4 порядка.

#### Литература:

1. Нагорнов, О.В. Вейвлет-анализ в примерах [Текст]: учебное пособие / О.В. Нагорнов, В.Г. Никитаев, В.М. Простокишин, С.А. Тюфлин и др. — М.: НИЯУ МИФИ, 2010. — 120 с.
2. Захарова, Т.В. Вейвлет-анализ и его приложения: учеб. пособие / Т.В. Захарова, О.В. Шестаков. — М.: ИНФРА-М, 2012. — 150 с.

На данных графиках «а», «d» это аппроксимирующие и детализирующие коэффициенты.

Вейвлет-преобразование позволяет получить временную и частотную информацию, сужая окно для выделения коротких высокочастотных участков или расширяя его для анализа длительных низкочастотных колебаний [2].

На рисунке 7 представим нестационарный сигнал после вейвлет-преобразования, которое наглядно показывает в трёхмерном пространстве картину изменения таких параметров как, амплитуда, частота и время.

#### Вывод

Вейвлет-преобразование решает недостатки при существующему преобразованию Фурье, а именно растекание спектра сигнала. А также вейвлет-преобразование даёт частотно-временное представление сигнала, чтобы наглядно увидеть в какой момент времени сигнал был наполнен именно данной частотой.

## Применение вейвлет-преобразования для идентификации высокочастотных составляющих

Файфер Лилия Андреевна, ассистент  
Омский государственный технический университет

Термин вейвлет ввели в своей статье Гроссманн и Морле в середине 80-х годов XX века связано было это с анализом свойств сейсмических и акустических сигналов. Их работа стала началом интенсивного изучения вейвлетов в последующее десятилетие рядом таких учёных, как Добеши (Dobechies), Мейер (Meyer), Малл (Mallat), Фарж (Farge), Чуи (Chui) [1].

В переводе с английского wavelet — всплеск. Вейвлеты представляют собой функции в виде маленьких волн (всплесков) с нулевым интегральным значением и имеющими локализацию по оси переменной ( $t$  или  $x$ ), способность к сдвигу и масштабированию (сжатию или растяжению).

Существует большое разнообразие типов вейвлетов. Но на практике пользуются вейвлетом Хаара. Так как он является самым простым и хорошо локализованным во временной области.

Мы же в дальнейшем будем пользоваться вейвлетом Добеши. Данный вейвлет является несимметричным и широко используемым на практике.

В настоящее время большую популярность для анализа нестационарных режимов в электроэнергетике приобрело вейвлет-преобразование. Существует несколько видов вейвлет-преобразований.

Но в основе любого лежат две непрерывных и зависящих друг от друга функции, которые интегрируются по некоторой переменной. Эти функции носят названия вейвлет-функции и масштабирующей функцией.

Для наглядности понимания двух функций рассмотрим самый простой тип вейвлета — вейвлет Хаара. На рисунке 1 представлены масштабирующая и детализирующая функции (вейвлет-функция) вейвлета Хаара.

Также приведём данные функции и для вейвлета Добеши второго порядка, представленные на рисунке 2.

### Проблема высших гармоник и интергармоник в электроэнергетике

Внимание в данный момент приобретает обеспечение качества электроэнергии, которая должна соблюдать определённые требования. Из-за постоянного роста количества электрических приёмников возникают высшие гармоники. А составляющие гармоник тока и напряжения ведут в свою очередь к возникновению проблем качества электрической энергии. Когда происходит отклонение напряжения от номинального значения происходит увеличение потребляемой мощности. То есть наличие в сигналах высших гармоник и интергармоник ведёт к увеличению мощности.

*Эффекты, вызываемые высшими гармониками напряжения и тока.*

Все эффекты можно разделить на две группы: мгновенного и длительного возникновения.

Проблемы мгновенного возникновения включают:

1. Искажение формы питающего напряжения.
2. Падение напряжения в распределительной сети.
3. Эффект гармоник, кратных трем.
4. Резонансные явления на частотах высших гармоник.
5. Повышенный акустический шум в электромагнитном оборудовании.
6. Вибрация в электромашинных системах.

Проблемы длительного возникновения включают:

1. Нагрев и дополнительные потери в трансформаторах и электрических машинах.

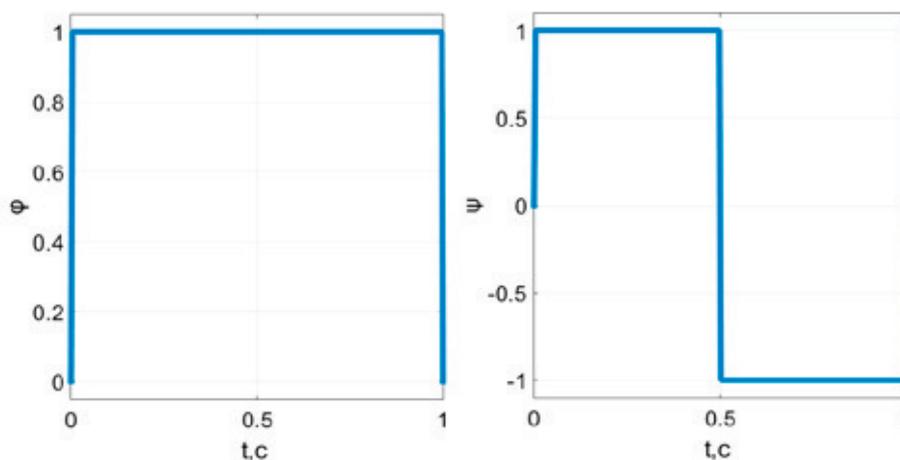


Рис. 1. Масштабирующая и детализирующая функции вейвлета Хаара

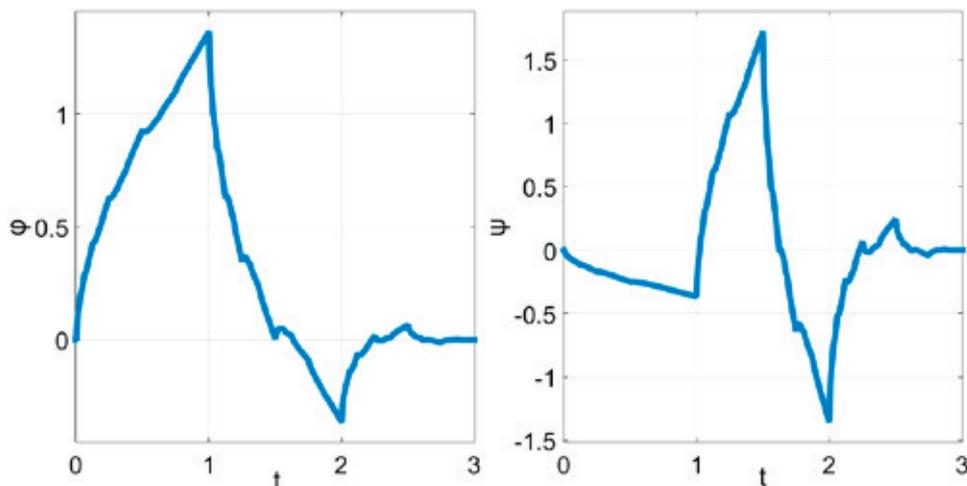


Рис. 2. Масштабирующая и детализирующая функции вейвлета Добеши

2. Нагрев конденсаторов.
3. Нагрев кабелей распределительной сети.

Интергармоники также, как и высшие гармоники оказывают влияние на электроэнергетическую систему, но их влияние всё же сильнее. Так как из-за появления интергармоник образуются потери мощности электрической энергии.

Источниками интергармоник являются люминесцентные лампы, сварочные аппараты, электроприводы и др. (рисунке 3).

Согласно ГОСТу 32144–2013 нормирование интергармонки в России не производится.

Поэтому для исследования показателей качества электроэнергии большое значение имеет идентификация как высокочастотных составляющих, так и интергармонических.

#### Идентификация высокочастотных составляющих

Собрав имитационную модель узла нагрузки системы электроснабжения в Matlab и Simulink. Используя литературу [2]. Снимем с показаний осциллографа графики токов и напряжений, которые представлены на рисунке 4.

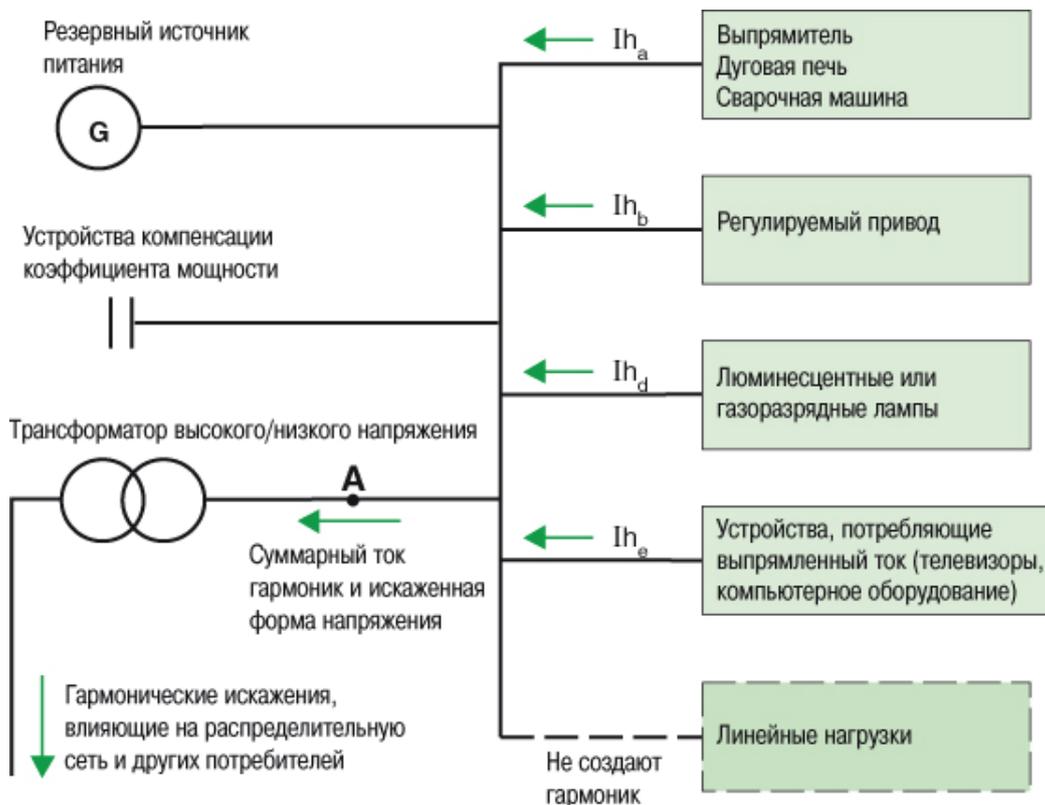


Рис. 3. Источники интергармонических составляющих

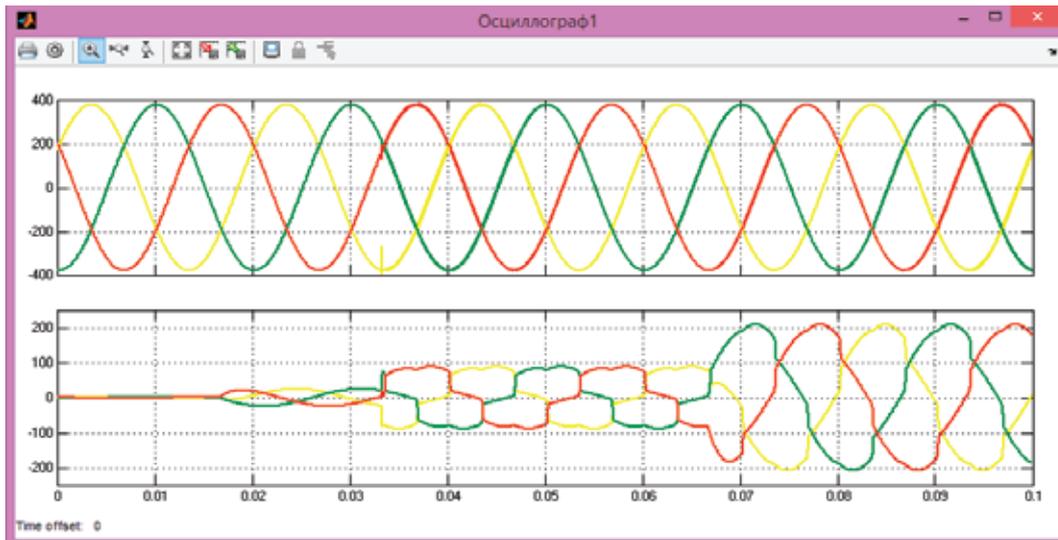


Рис.4. Графики токов и напряжений, снятые с показания осциллографа

На рисунке 4 изображены графики токов и напряжений. Отметим, что на графике токов явно выражено влияние нелинейной нагрузки. А на графике напряжений наличие гармоник невозможно увидеть. Попробуем решить эту проблему с помощью вейвлет-преобразования.

Проведём вейвлет-преобразование полученных сигналов тока (рисунок 6) и напряжения (рисунок 5) вейвлетом Добеши второго порядка (db2) до 5 уровня.

Поэтому мы заметили, что при вейвлет-преобразовании учитываются гармонические составляющие как

в графике тока, так и в графике напряжения. Также при использовании вейвлет-преобразования мы можем определить точное время, когда происходит изменение нормального режима, то есть подключение нагрузки. Наличие нагрузки заметно на амплитудном значении тока и подключение нелинейной нагрузки, которая видна по искажению кривой тока.

**Вывод.** На данный момент важным является обеспечение качества электроэнергии, которая должна соблюдать определённые требования. Из-за постоянного роста

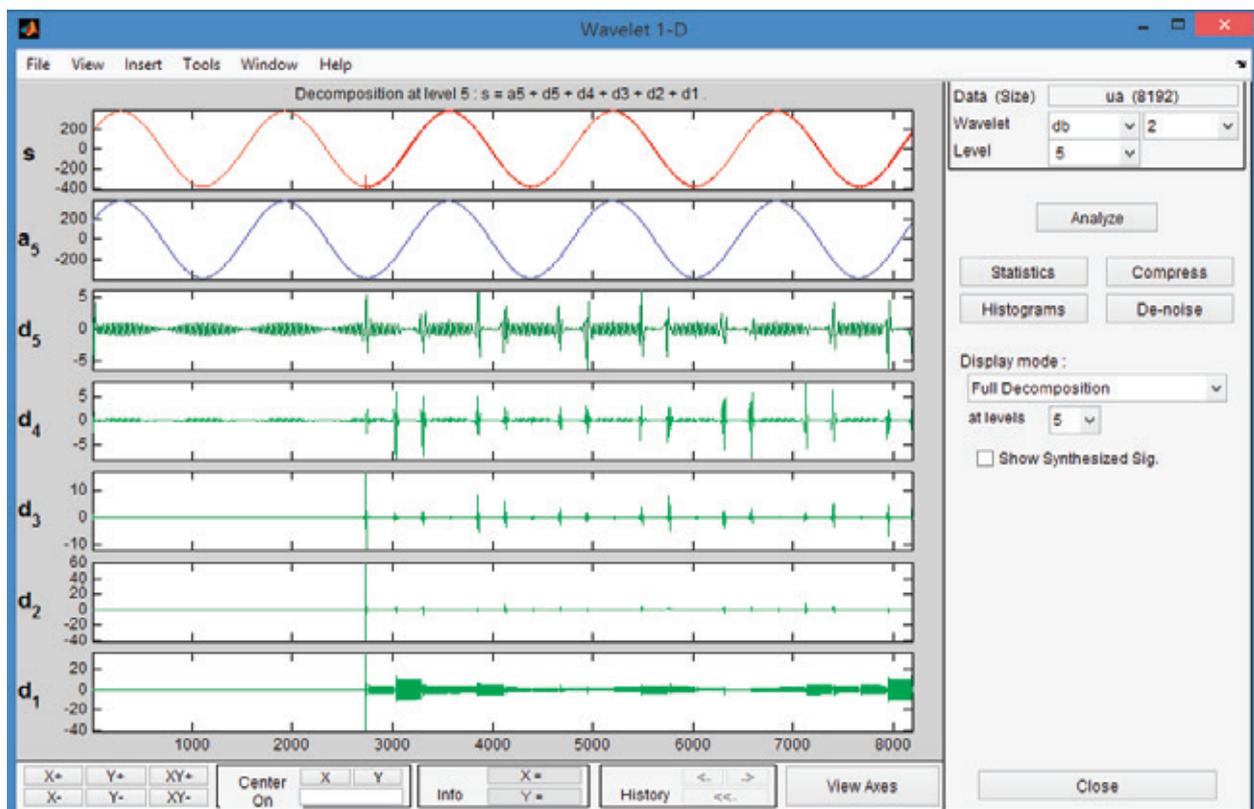


Рис. 5. Разложение сигнала напряжения

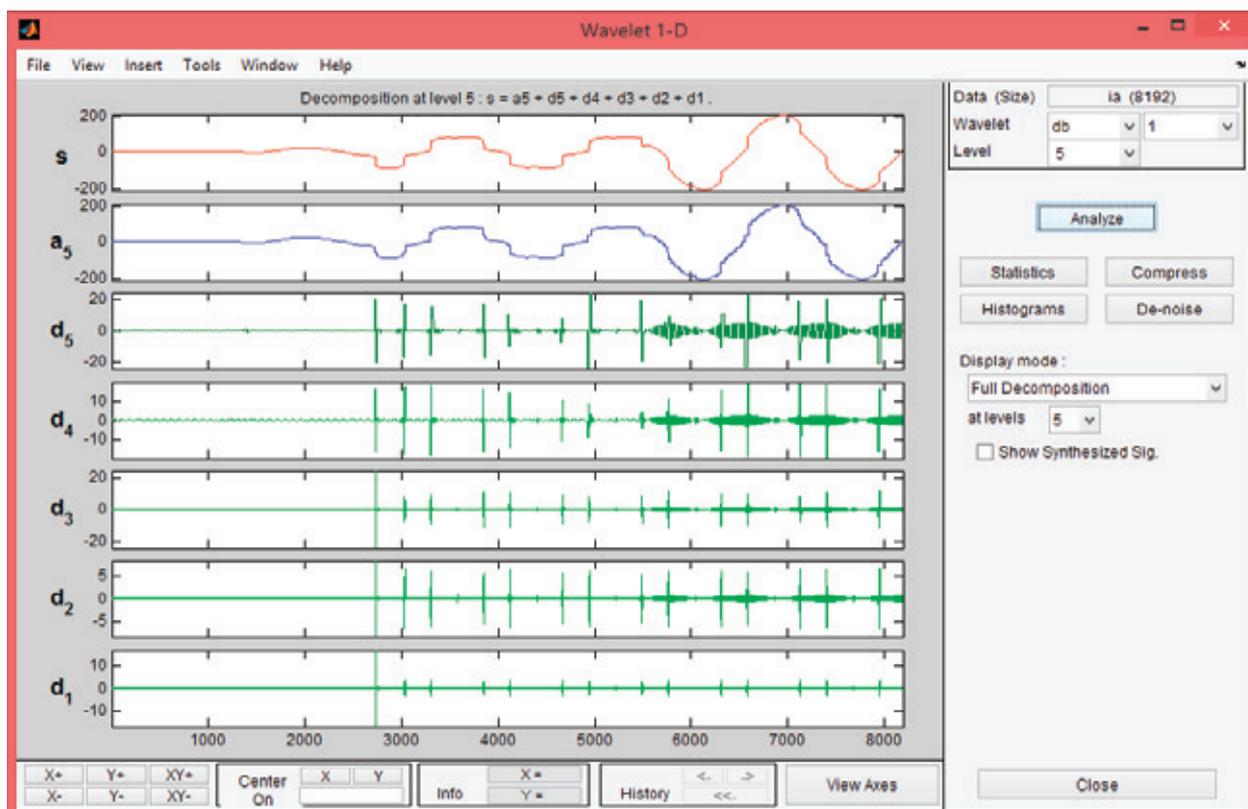


Рис. 6. Разложение сигнала тока

количества электрических приёмников возникают высшие гармоники. В данной статье показано, что с помощью

вейвлет-преобразование можно обнаружить высокочастотные составляющие и избежать негативного влияния.

Литература:

1. Дьяконов, В.П. От теории к практике. Вейвлеты [Текст]: учебное пособие / А.Н. Дьяконов. — М.: Салон-Р. — 2003. — 440 с.
2. Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatlabSimPowerSystems и Simulink [Текст] / И.В. Черных. — М.: ДМК Пресс. — 2007. — 288 с.

## Исследование сорбционных свойств ионита на основе активированного угля

Хайдарова Малохат Эркиновна, студент;

Научный руководитель: Аликулов Шухрат Шарофович, кандидат технических наук, старший преподаватель  
Навоийский государственный горный институт (Узбекистан)

*При добыче урана способом подземного выщелачивания (далее по тексту «ПВ») необходимо учитывать неразрывную связь геотехнологических работ с дальнейшим процессом переработки растворов. В основе этой взаимосвязи лежат требования экологии и экономики. Технологическая схема и схема аппаратов наземного сорбционного комплекса должны быть привязаны к типу выщелачивающего реагента. К тому же в этом случае не требуется дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат для регенерации в сульфатную форму после десорбции, а дисбалансные растворы легко утилизируются. В данной статье также рассматриваются: конструкционные особенности сорбционных колонн, схема опытной переработки продуктивных ураносодержащих растворов ПВ, преимущества использования в процессе сорбции активированного угля.*

*When uranium mining method must be considered inseparable link geotechnical work to further the process of processing solutions. At the heart of this relationship are the requirements of ecology and economy. Technological and*

*hardware circuit of the sorption complex ground should be tied to the type of leaching reagent. The most appropriate to use for desorbing that leaching agent. Moreover, in this case, does not require additional capital and operating costs for the regeneration of sulphate in the form after stripping and unbalanced solution easily utilized. Even if necessary additional operations uranium concentration of carbon desorbate anyway.*

При добыче урана способом ПВ, необходимо учитывать неразрывную связь геотехнологических работ с дальнейшим процессом переработки растворов. В основе этой взаимосвязи лежат требования экологии и экономики. Технологическая и аппаратная схемы наземного сорбционного комплекса должны быть привязаны к типу выщелачивающего реагента. Наиболее целесообразно использовать для десорбции урана с анионитом элюент того же вида и характера, что и выщелачивающий реагент. Так, при переработке сернокислых продуктивных растворов оптимальным элюентом для урана являются растворы серной кислоты, применение которых не приводит к дополнительному загрязнению окружающей среды другими анионами, как это происходит при нитратной или хлоридной десорбции. К тому же в этом случае не требуется дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат для регенерации анионита в сульфатную форму после десорбции, а дисбалансные растворы легко утилизируются. Даже при необходимости дополнительных операций концентрирования урана из сернокислых десорбатов любым ионообменным способом (экстракцией, сорбцией, электродиализом с ионитовыми мембранами) приведенные затраты на получение 1 кг урана в этом случае в 1,6–1,9 раза ниже, чем, например, при нитратной десорбции (при условной производительности по перерабатываемому раствору 1000 м<sup>3</sup>/ч со средним содержанием урана в растворах 40 мг/л и извлечением на стадии сорбции 95%). Точно так же при выщелачивании урана растворами бикарбонатных солей оптимальной технологической схемой переработки растворов являются та, которая включает десорбцию урана концентрированными растворами аналогичных карбонат–бикарбонатных солей, что исключает введение посторонних анионов в подземные горизонты и депрессирование сорбции урана. Перед подачей продуктивных товарных растворов на сорбцию их необходимо очистить от механических примесей, содержание которых может колебаться в довольно широких пределах — от 0,05 до 0,2–1 г/л. С этой целью продуктивные растворы предварительно осветляют в прудах-отстойниках большого объема (до 5–10 тыс. м<sup>3</sup>). Дальнейшая необходимая степень очистки определяется типом используемой сорбционно-десорбционной аппаратуры (фиксированный или движущийся слой сорбента). Для дополнительной очистки растворов чаще всего применяют песчаные фильтры, иногда сетчатые, напорные или угольные фильтры и т.п. Для улавливания сорбентов из растворов перед закачкой в пласт рекомендуется осуществлять фильтрацию на сетчатых фильтрах.

Активированные угли являются эффективными поглотителями для многих веществ, включая уран, молибден, медь, ванадий, золото и др.

Схемы сорбционного взаимодействия в упрощенном виде можно представить следующим образом:

При карбонатном способе ПВ в результате взаимодействия растворов карбонатных или бикарбонатных солей с окисленными минералами урана или с минералами урана (IV) в присутствии окислителей (кислород, пероксид кислорода) образуются хорошо растворимые комплексные соединения урана, например,  $\text{Na}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$  или  $\text{NH}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ .

При карбонатном способе ПВ в результате взаимодействия растворов карбонатных или бикарбонатных солей с окисленными минералами урана или с минералами урана (IV) в присутствии окислителей (кислород, пероксид кислорода) образуются хорошо растворимые комплексные соединения урана, например,  $\text{Na}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$  или  $\text{NH}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$ .

Так как карбонатные и бикарбонатные соли щелочных металлов или аммония являются более мягкими выщелачивающими агентами по сравнению с кислотами, количество и содержание балластных примесей в продуктивных растворах ПВ значительно меньше, хотя карбонатные растворы в незначительной степени также выщелачивают кремний, кальций, магний и др. Из перечисленных выше ценных сопутствующих элементов в продуктивных растворах присутствуют только молибден и рений. Содержание микрокомпонентов в продуктивных растворах колеблется в широких пределах и составляет мг/л: Ti 0.2; Mn 0.1–20.0; Zn 0.1–20.0; Pb 0.006–0.01; Ni 0.1–15; Se 0.06–0.20; Cu 0.03–5; As — около 0.050.

В процессе многократной циркуляции продуктивных растворов между подземными горизонтами и наземным перерабатывающим комплексом происходит постепенное накопление в них катионных и анионных компонентов. Поэтому концентрирование урана обычными осадительными методами с учетом его низкой концентрации в растворах экономически нецелесообразно. В настоящее время для извлечения урана из продуктивных растворов повсеместно применяют сорбционные процессы. Для целей прикладной сорбционной технологии были созданы специальные типы крупномасштабного оборудования периодического и непрерывного действия. Сорбционные аппараты периодического действия представляют собой вертикальные аппараты однокамерного типа. В колоннах с неподвижным, или фиксированным, слоем сорбента периодически проводят операции сорбции, отмывки и десорбции. Колонны соединяются по принципу блуждающего аппарата. Эти колонны имеют цилиндрический корпус ди-

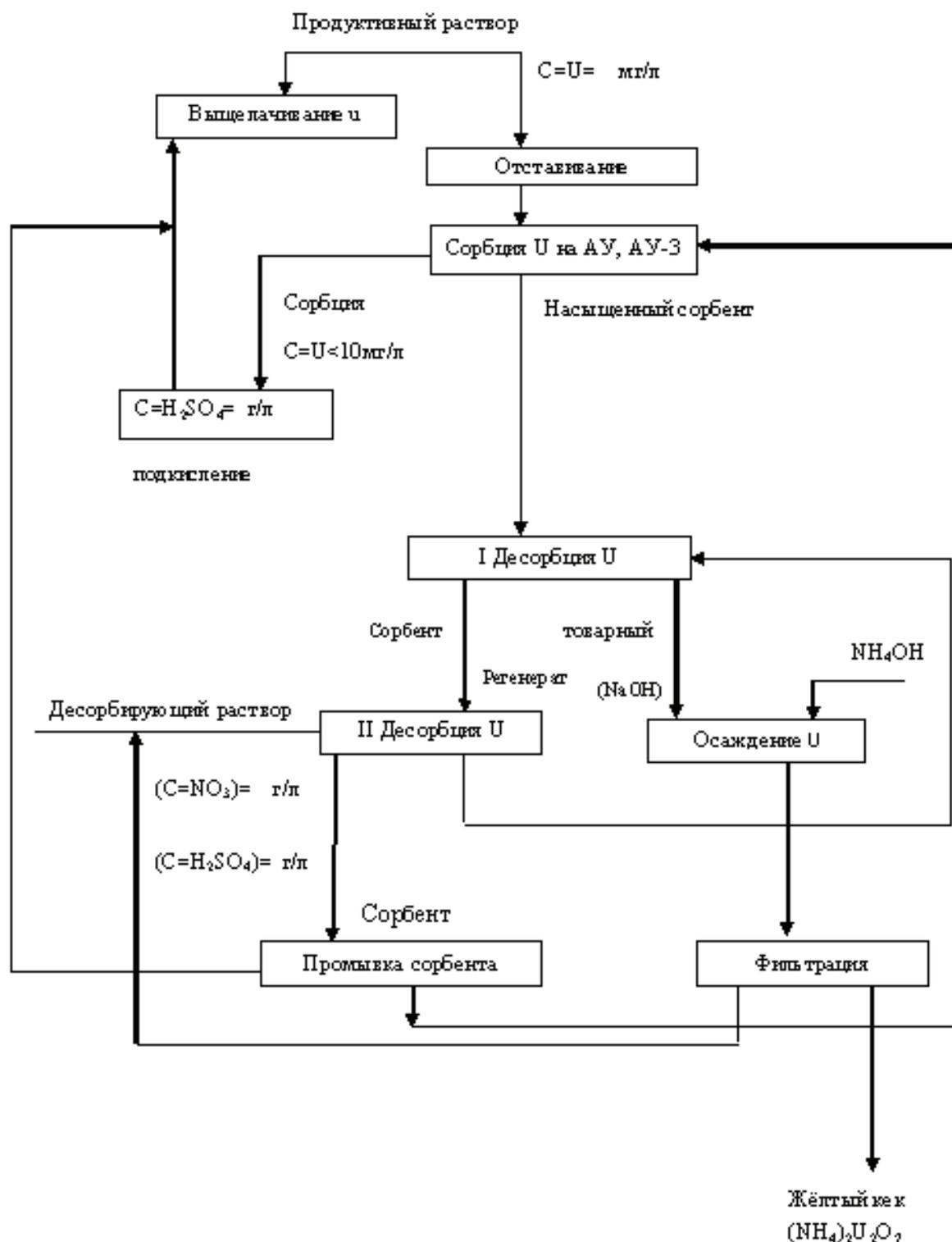


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема опытной переработки продуктивных урансодержащих растворов ПВ

аметром 1010, 1524 и 2000 мм и предназначаются для работы при рабочем давлении до 6 атм. Для эксплуатации при давлении ниже 4 атм. выпускаются колонны диаметром 2500 и 3014 мм.

Многокамерные вертикальные аппараты по строению являются почти идентичными с, выше перечисленными, сорбционными аппаратами. Здесь также используются мелкогранулированные сорбенты (крупностью 0,63 мм).

Изучение свойств и применение ионитов на основе активированного угля при проведении процессов сорбции является одной из актуальных тем, над которой работают и ведут исследования многие ученые на сегодняшний день. Ибо, использование активированного угля в процессе сорбции имеет ряд преимуществ: это возможность замены дорогостоящих ионообменных смол на более доступные и невысокие по стоимости активированные угли; активи-

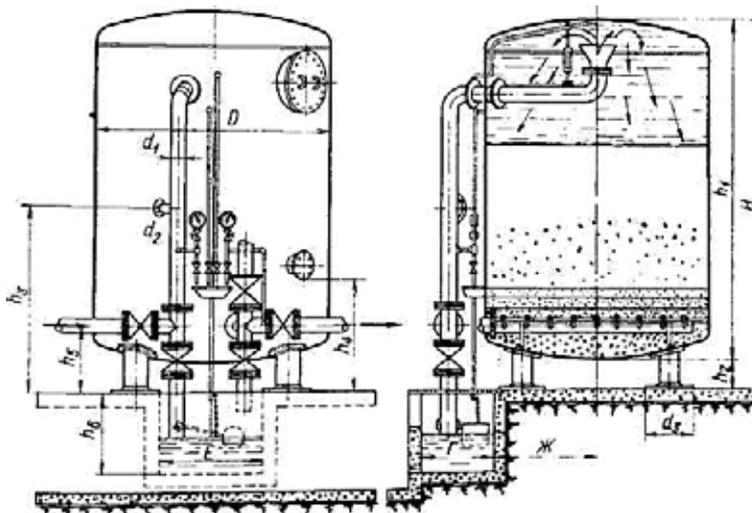


Рис. 2. Внешний вид и проекция вертикального разреза сорбционной колонны

рованные угли имеют большую на 10% поглощательную способность по сравнению с ионообменными смолами; возможность многократного использования активированных углей, путем восстановления их поглощательных

свойств; оптимальный гранулометрический состав; высокая набухаемость; относительно легкая регенерация; высокая емкость ионита по урану; химическая устойчивость и другие.

Литература:

1. Мамилов, В. А., Петров В. А. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. — М. Атомиздат, 1980.
2. Грабовников, В. А. Геотехнологические расчеты и исследования при разведке месторождений металлов для подземного выщелачивания /ОЦНТИ ВИЭМС. М., 1978.
3. Водолазов, Л. И., Дробаденко В. П., Лобанов Д. П., Малухин Н. Г. Геотехнология. Кучное выщелачивание бедного минерального сырья. — Учеб. пособие. М., Моск. гос. геологоразв. академия, 1999.

## Обоснование схемы вскрытия и эксплуатации урановых месторождений методом подземного выщелачивания

Хайдарова Малохат Эркиновна, студент;

Научный руководитель: Аликулов Шухрат Шарофович кандидат технических наук, старший преподаватель  
Навоийский государственный горный институт (Узбекистан)

*Скважинная гидродобыча — метод добычи, основанный на приведении полезного ископаемого в подвижное состояние путем гидромеханического воздействия и выдачи в виде гидросмеси на поверхность. Совершенствование техники и технологии добычи урана, повышение эффективности добычных работ и снижение их себестоимости является одной из актуальных задач на сегодняшний день. Цель производственного процесса добычи полезного ископаемого — получение максимального эффекта при минимальных затратах. Схемы вскрытия и эксплуатации гидрогенных месторождений урана и сокращение количества технологических скважин в два-три раза, достигается за счет равномерного размещения геотехнологических скважин. Сущность данного метода заключается в разработке нового способа вскрытия и эксплуатации гидрогенных месторождений урана за счет применения однорядной или многорядной линейной системы расположения «поршневых» скважин на эксплуатационном блоке.*

*С помощью работы поршневых скважин с линейной схемой их расположения, циклично осуществляется реверсирование потоков, образуя пульсационно-фильтрационный поток биохимического или химического раствора в массиве гидрогенного месторождения урана, что ускоряет процесс выщелачивания урана и повышения его концентрации в продуктивном растворе, откачиваемом на дневную поверхность для переработки.*

**Ключевые слова:** геотехнология, скважина, уран, добыча, подземное выщелачивание, система разработки, месторождение, схема расположения скважин

Геотехнология — наука о геотехнологических методах добычи полезных ископаемых и средствах их осуществления без присутствия людей под землей. Сущность геотехнологических методов заключается в переводе полезного ископаемого в подвижное состояние и непосредственная ее добыча, путем откачки через откачные скважины. Метод геотехнологии который включает в себя все выше перечисленные процессы называется скважинной гидродобычей.

Скважинная гидродобыча — метод добычи, основанный на приведении полезного ископаемого в подвижное состояние путем гидромеханического воздействия и выдачи в виде гидросмеси на поверхность.

Преимущества геотехнологии: наиболее экономично при добыче полезных ископаемых в урановых месторождениях, где проницаемость руды для раствора достаточна и предварительное дробление не требуется; резко сокращаются объемы, сроки ввода и освоения промышленных мощностей; возможность полной автоматизации процесса; исключается опасный труд человека под землей; возможность бережного, полного и фактически безотходного извлечения из недр земли полезных ископаемых; не происходит вредных выбросов газов и пыли; возможность тонкого, селективного выщелачивания полезных элементов из самых бедных месторождений, со сложным геологическим строением; незначительна энтропия Земли, ее «распыление». Нет нарушений поверхности Земли и вредных отходов; нет явных нарушений естественного равновесия окружающей среды; возможность разрабатывать месторождения с бедными рудами, брошенные или отработанные обычным способом участки месторождений. Например, в отвалах, существующих в каждом горном предприятии, а также в старых рудниках и карьерах, где содержание полезного ископаемого не велико, экономически выгодно использовать метод кучного выщелачивания.

Совершенствование техники и технологии добычи урана, повышение эффективности добычных работ и снижение их себестоимости является одной из актуальных задач на сегодняшний день. Цель производственного процесса добычи полезного ископаемого — получение максимального эффекта при минимальных затратах.

В геотехнологических методах скважина — основная выработка, вскрывающая залежь полезного ископаемого, подготавливающая ее к разработке и служащая для транспортирования рабочих и продуктивных флюидов.

По своему назначению вскрывающие скважины подразделяются на добычные и вспомогательные. Добычные скважины предназначаются для добычи полезного ископаемого и могут быть вертикальные, наклонные и наклонно-горизонтальные. Добычные скважины подразделяются на закачные скважины и откачные скважины.

Они оборудуются колоннами эксплуатационных труб, в основном это ПВХ трубы различного диаметра, для соответственно подвода к залежи рабочего агента и извлечения из недр полезного ископаемого в виде продуктивного раствора. Диаметр добычной скважины определяется конструкцией ее оборудования — для закачных скважин, и диаметром погружного насоса — для откачных; ну а глубина скважины зависит от глубины залегания полезного ископаемого. Выбор способа вскрытия месторождения зависит от следующих факторов: технологической схемы разработки; размеров месторождения в плане; условия залегания залежи; физико-механических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород; рельефа поверхности.

Схемы вскрытия и эксплуатации гидрогенных месторождений урана и сокращение количества технологических скважин в два-три раза, достигается за счет равномерного размещения геотехнологических скважин. Достигается все это тем, что вскрытие и эксплуатация гидрогенных месторождений методом подземного скважинного выщелачивания осуществляется системой скважин, работающих как в режиме нагнетания химического раствора, так и в режиме откачивания продуктивного раствора, то есть каждая закачная скважина является также откачной. Для краткости изложения эти скважины условно называются поршневыми. С помощью работы поршневых скважин с линейной схемой их расположения, циклично осуществляется реверсирование потоков, образуя пульсационно-фильтрационный поток биохимического или химического раствора в массиве гидрогенного месторождения урана, что ускоряет процесс выщелачивания урана и повышения его концентрации в продуктивном растворе, откачиваемом на дневную поверхность для переработки.

Сущность данного метода заключается в разработке нового способа вскрытия и эксплуатации гидрогенных месторождений урана за счет применения однорядной или многорядной линейной системы расположения «поршневых» скважин на эксплуатационном блоке.

На рисунках выше показаны площадные (ячейчатые) системы расположения технологических скважин. Проведем линии, соединяющие все закачные и откачные скважины. Получим прямые линии, параллельные между собой, то есть на гексагональных ячейках, получим прямые линии (ряды) которые являются параллельными. При этом на правой и левой сторонах линии откачных скважин располагаются по две закачные линии, на которых располагаются закачные скважины в шахматном порядке рисунок 1. В результате соединения всех закачных (1, 2, 4, 5) и откачных рядов (3) в плане (рис.1) и получим линейные системы расположения технологических скважин. Каждый ряд откачных скважин (3) обслуживается расположен-

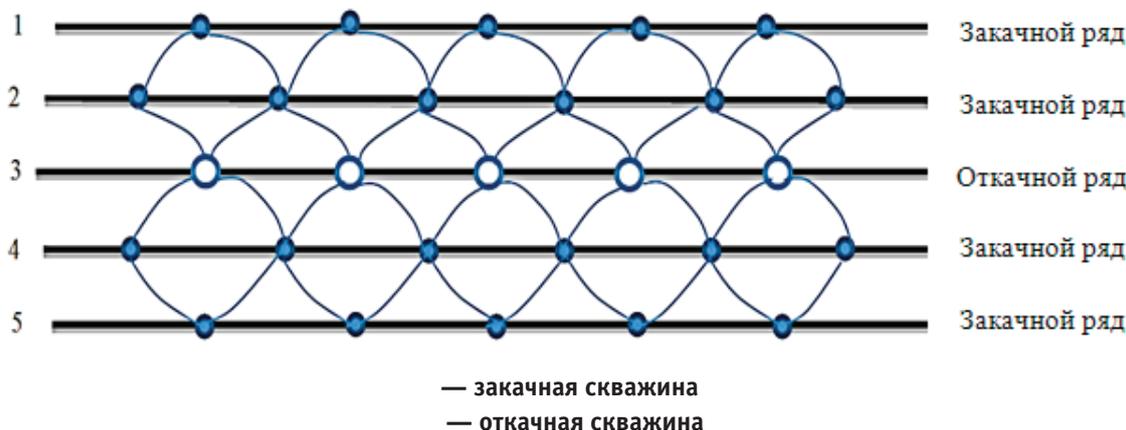


Рис. 1. Способ вскрытия и эксплуатации урановых месторождений



Рис. 2. Способ вскрытия и эксплуатации урановых месторождений

ными справа и слева двумя рядами закачных 1, 2, 4, 5. Таким образом мы и получили линейные системы расположения скважин из треугольной системы.

Из рисунка 1 видно, что при гексагональной системе расположения технологических скважин вокруг одного ряда откачных скважин располагаются 4 ряда закачных скважин. В этом случае соотношения количества откачных к количеству закачных скважин составляет 1:4.

Цель данной работы заключается в уменьшении числа технологических скважин, причем за счет сокращения технологических скважин, затраты на бурение геотехнологических скважин уменьшаются на 15,47%.

Из приведенных на рисунках 1 и 2 видно, что гексагональная и треугольная системы расположения скважин представляют собой ни что иное, как линейные системы. В первом случае соотношения количества откачных к ко-

личеству закачных скважин составляет 1:4, во втором случае это соотношение равно 2:2. Во всех случаях на практике, в условиях, когда коэффициент фильтрации  $K_f > 5\text{м/сутки}$ , это соотношение должно быть принято 1:1 или 1:2, то есть один ряд откачных скважин обслуживается двумя или одним рядом закачных скважин. Таким образом, в первом случае два ряда закачных скважин стали лишними, а во втором случае один ряд откачных скважин из двух стал ненужным.

С помощью работы поршневых скважин с линейной схемой их расположения циклично осуществляется реверсирование потоков, образуя пульсационно-фильтрационный поток биохимического или химического раствора в массиве гидрогенного месторождения урана, что ускоряет процесс выщелачивания урана и повышения его концентрации в продуктивном растворе.

#### Литература:

1. О. Ф. Петухов, В. П. Истомина, С. В. Руднев, А. С. Хасанов «Уран», — Ташкент, 2015 г.
2. В. А. Грабовников «Геотехнологические исследования при разведке металлов», — М.: «Недра» 1983 г.
3. Мамиллов, В. А., Петров В. А. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. — М. Атомиздат, 1980.
4. Грабовников, В. А. Геотехнологические расчеты и исследования при разведке месторождений металлов для подземного выщелачивания /ОЦНТИ ВИЭМС. М., 1978.

## Разработка наиболее эффективной схемы управления привода вращателя бурового станка СБШ-250 МН-32, в условиях карьера «Мурунтау»

Хамзаев Акбар Абдалимович, старший преподаватель;  
Хайдарова Малохат Эркиновна, студент  
Навоийский государственный горный институт (Узбекистан)

В данной статье предлагается замена системы электропривода вращения на систему гидропривода. На освободившееся пространство в машинном отделении, вместо тиристорного преобразователя устанавливается новая маслостанция, предназначенная для гидропривода вращения. В результате изучения конструктивных особенностей станка можно сделать заключение о возможности применения высокомоментного гидромотора вращательного действия и насоса с объемным регулированием подачи, который в свою очередь при необходимости сможет обеспечить работу других механизмов (передвижение станка).

Месторождение «Мурунтау» расположено в центральной части Кызылкумов, большая часть которого расположена в Навоийской области, и лишь крайняя западная часть — в Каракалпакстане. Северную часть Навоийской области занимает Тамдынский район, на территории которого расположено рудное поле и месторождение. На рисунке 1 [4, ст. 28] приведена схема электроснабжения карьера «Мурунтау».

Основными потребителями сетей 0,4кВ карьера являются буровые станки типа СБШ-250МН — 14 шт. Данный вид станка питается напряжением 380В TV1–6/0,4 и TV2–6/0,4 от передвижной трансформаторной подстанции 6/0,4кВ. Все механизмы станка имеют электрический привод. Общая установленная мощность электродвигателей равна 386кВт. Номинальное напряжение 380В.

Определяем расчетную нагрузку для СБШ-250МН-32 [2, ст. 184];

$$S_{k2} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2} = 5486,85 \text{ кВА}$$

$$P_{акт} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \times K_c = 14 \times 386 \times 0,65 = 3512,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{pi} = P_{pi} \times \text{tg}\varphi = 3512,6 \times 1,2 = 4215,12 \text{ квар}$$

Станок буровой шарошечный марки СБШ-250МНА-32 служит для бурения вертикальных и наклонных (16 и 33 к вертикали) взрывных скважин при добыче полезных ископаемых открытым способом и других буровзрывных работ. Станок состоит из гусеничного хода, машинного отделения, кабины машиниста и мачты. Основным рабочим механизмом

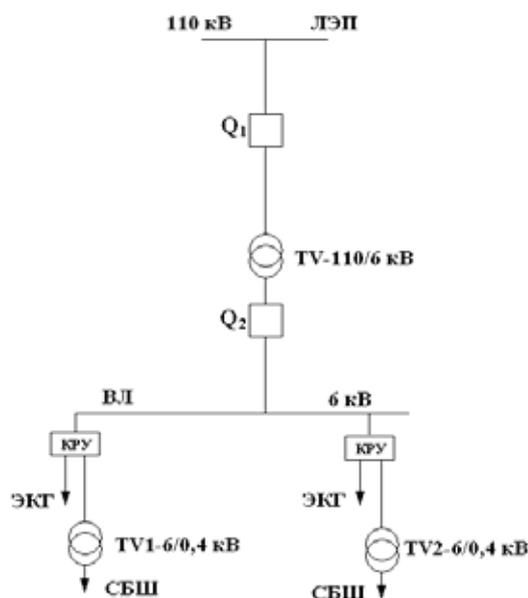


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема электроснабжения карьера «Мурунтау»

бурового станка является механизм вращения [2, ст. 354]. Данный станок в основном применяется для крепких и очень крепких горных пород с коэффициентом крепости 6–17 по шкале проф. Протодяконова.

Таблица 1. Технические характеристики бурового станка СБШ-250МН-32

Исполнение, мм	-01	-02
Диаметр скважины, мм,	250, 270	300
Длина штанги, м	8,2	10
Количество штанг	4	3
Глубина бурения, м	32	28
Способ пылеподавления	мокрое	мокрое
Напряжение питания, В	380; 6000	380; 6000
Мощность двигателя вращателя, кВт	90; 120 пост. ток	90; 120 пост. ток
Скорость спуска/подъема бур. снаряда, м/мин.	15/15	15/15
Скорость подачи бурового става на забой, м/мин.	0...3	0...3
Эффективность компрессора, м <sup>3</sup> /мин.	50	50
Частота вращ. бур. става, об/мин	0...120	0...120
Мощность двиг. привода хода, кВт	2x50	2x50

Рассмотрим работу электропривода головки бурового снаряда. Вращательное движение буровому инструменту передается буровой головкой, с помощью бурового става. Головка бурового снаряда состоит из: электрический двигателя, передающего вращающий момент редуктору; двухступенчатого редуктора с передаточным числом 11,05, предназначенного для передачи вращающего момента от электродвигателя к шинно-зубчатой муфте; шинно-зубчатой муфты прослеживающей для передачи вращающего момента от электродвигателя к опорному узлу и воспринимающей ударную нагрузку при бурении, тем самым предохраняя редуктор с электродвигателем от толчков и вибрации, возникающих при бурении; опорного узла, предопределенного для передачи осевого усилия и крутящего момента при бурении на буровой став и далее на долото, а так же подвода воздушно-водяной смеси для охлаждения долота и очистки скважины от буровой мелочи [3, ст. 136];

На сегодняшний день привод вращения станков типа СБШ-250МНА-32 выполнен на основе использования электромотора постоянного тока типа ДПВ-52 и тиристорного преобразовательного агрегата типа ТЕЗ-160/460Р. Двигатель ДПВ-52 имеет специальные обмотки независимого возбуждения на напряжение 85–117В. Все четыре катушки возбуждения соединены последовательно и имеют два выходных конца. Номинальное напряжение якоря двигателя в системе Г-Д отличается от стандартных напряжений 220 или 440В. Управление электродвигателем ДПВ-52 вращения бурового става осуществляется с помощью агрегата ТЕЗ-160/460Р. Буровой агрегат получает питание из трехфазовой сети переменного тока напряжением 380В [4, ст. 97].

Таблица 2. Технические характеристики электрооборудования бурового станка СБШ-250МН

Тип	Напряжение питания U <sub>н</sub> , В	Тип питающего кабеля, мм <sup>2</sup>	Марка двигателя	Механизм		
				Вращения	Подачи	Хода
СБШ-250МН	380	2xКГН-3x120+1x35)	Компрессор А-325 М2 (200кВт)	Привод по системе ТП-Д с двигателем ДТВ-52 (60кВт)	Гидравлический	Два асинхронных двигателя с к.з. ротором (44кВт)

Электродвигатель постоянного тока ДПВ-52 имеет следующие технические характеристики: мощность — 60кВт; напряжение — 380В; ток — 220А; частота вращения: номинальная — 1230об/мин, максимальная — 2200об/мин; максимальный момент при трогании — 1130н×м; максимальный момент — 932н×м [2, ст. 355];

Использование электродвигателей постоянного тока ДПВ-52 обусловлено рядом их достоинств:

- рациональное регулирование скорости в обширных пределах;
- большой пусковой момент даже при пониженном напряжении сети;
- высокая перегрузочная способность. Двигатели могут совершенствовать максимальный момент во много раз превосходящий номинальный. Большие перегрузки не вызывают остановки двигателей;

– более надежная работа аппаратуры автоматического управления;

Несмотря на перечисленные достоинства электродвигателей постоянного тока (ДПВ-52) им присущи ряд недостатков:

1) меньшая безопасность электродвигателей. Двигатель постоянного тока (ДПВ-52) является конструктивно сложным [3, ст. 120]. Присутствие коллектора, щеток и связанного с ними искрения, особенно при ухудшении коммутации, создает большие осложнения в эксплуатации, требуя непрерывного квалифицированного надзора и частых ремонтов.

2) высокая ценность двигателей постоянного тока (ДПВ-52).

3) потери в лишней ступени преобразования электроэнергии желательность в использовании тиристорного выпрямителя (устройство ТЕЗ 160/460Р) для преобразования переменного тока в постоянный ток, вызывает помимо соответствующих капитальных затрат, постоянные потери энергии в тиристорном выпрямителе.

4) необходимость вследствие использования тиристорного преобразователя высокой инженерно-технической подготовки обслуживающего персонала.

5) большие объемные размеры и большой вес электродвигателя усложняют монтажные и ремонтные работы.

Все выше перечисленные недостатки приводят к мысли об использовании не электрической электроэнергии, а какой-нибудь другой, более удобной в эксплуатации, более простой в конструкции, вида энергии.

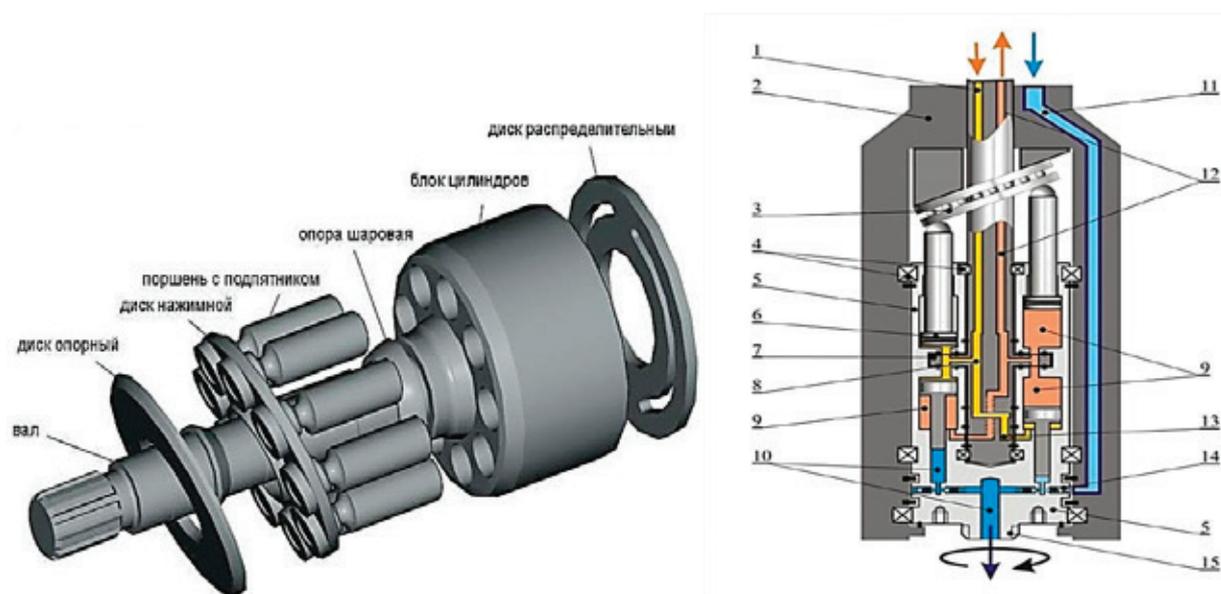


Рис. 2. Общий вид и конструкция гидромотора.

Применение гидропривода позволяет производить прогрессивные конструкции машин, уменьшить их габаритные размеры, повысить прочность, распространить возможности автоматизации управления. Гидропривод обеспечивает возможность создания многоприводных систем, реализации большой мощности в ограниченных габаритах, больших пусковых моментов при надежной защите от перегрузки, точное управление перемещениями и скоростями механизмов, автономное энергоснабжение и высокую надежность. Применение гидропривода в буровых станках во многом определяет безопасность труда рабочих, что является одним из основных критериев, определяющих возможность внедрения систем гидропривода [4, ст. 112]. На рисунках ниже изображена конструкция гидромотора.

Ниже проанализируем работу гидропривода вращения. Задаемся нагрузкой на гидромоторе  $M^0 = 4200 \text{ н} \times \text{м}$ . Возьмем гидромотор типа МРФ-1000/25 со следующими техническими параметрами:

$q_{\text{МК}} = 1 \times 10^{-3} \text{ м}^3$  — рабочий объем гидромотора;

$P_{\text{МК}} = 24,7 \text{ МПа}$  - переход давлений в гидромоторе;

$P_{\text{МК}} = 25 \text{ МПа}$  — номинальное давление перед гидромотором;

$P_{\text{МКmax}} = 32 \text{ МПа}$  — максимальное давление перед гидромотором;

$P_{\text{слик}} = 0,6 \text{ МПа}$  — давление в сливной линии гидромотора;

$w_{\text{МК}} = 25,12 \text{ рад/с}$  - номинальная угловая скорость;

$w_{\text{МКmax}} = 31,4 \text{ рад/с}$  — максимальная угловая скорость;

$w_{\text{МКmin}} = 0,5 \text{ рад/с}$  — минимальная угловая скорость;

$M_{\text{МК}} = 3731 \text{ н} \times \text{м}$  - момент на валу гидромотора;

$J_{\text{МК}} = 1,003 \text{ кг} \times \text{м}^2$  — момент инерции гидромотора;

$\eta_{\text{мех.МК}} = 0,95$  — гидромеханический КПД гидромотора;

$\eta_{\text{гид.М}} = 0,9$  — КПД гидромотора.

Суммарная мощность электродвигателей существующего привода равна

$$P_{\text{сущест}} = 386 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность электродвигателей предлагаемого привода равна

$$P_{\text{пред}} = 340 \text{ кВт}$$

Разница мощности при замене на предлагаемые приводы

$$\Delta P_0 = P_{\text{сущест}} - P_{\text{пред}} = 386 - 340 = 46 \text{ кВт}$$

Определим стоимость из расходуемой электроэнергии за год

$$C_{\text{эл}} = K_1 \times W_{\text{год}}$$

где  $K_1 = 181 \text{ сум}$ . — стоимость потребляемой электроэнергии по данным «Узбекэнерго».

Определяются годовые потери мощности:

$$W_{\text{год}} = P \times T \times K_n \times K_c$$

где  $T = 8800$  — количество часов в году;

$K_n = 0,45$  — коэффициент использования станка;

$K_c = 0,5$  — коэффициент спроса оборудования;

Существующий вариант

$$W_{\text{год.сущ}} = 386 \times 8800 \times 0,45 \times 0,5 = 764280 \text{ кВт / час ;}$$

Предлагаемый вариант

$$W_{\text{год.пред}} = 340 \times 8800 \times 0,45 \times 0,5 = 673200 \text{ кВт / час ;}$$

Существующий вариант

$$C_{\text{эл.сущ}} = K_1 \times W_{\text{год.сущ}} = 181 \times 764280 = 138,33 \text{ млн сум}$$

Предлагаемый вариант

$$C_{\text{эл.пред}} = K_1 \times W_{\text{год.пред}} = 181 \times 673200 = 121,84 \text{ млн сум}$$

Определили экономию электроэнергии:

$$\Delta C_{\text{эл}} = C_{\text{эл.сущ}} - C_{\text{эл.пред}} = 138,33 - 121,84 = 16,49 \text{ млн.сум}$$

В связи с вышеизложенными данными предлагаемая гидравлическая система обладает рядом преимуществ: отсутствие редуктора и электродвигателя основательно уменьшает и облегчает конструкцию буровой головки. Исключена еще одна ремонтная единица — редуктор. Все это облегчает ремонтные и монтажные работы; простота системы гидропривода вращения позволяет очень быстро найти неисправность и переводить ее экипажем станка, а не специальными специалистами; использование гидропривода позволяет максимально обезопасить ремонтные работы на мачте; конструкция станка и используемая на нем гидроаппаратура позволяет нам, использовать данную систему гидропривода не меняя основной конструкции станка.

Исходя из вышеизложенного, предлагаем заменить систему электропривода вращения на систему гидропривода. Что позволяет убрать из эксплуатации электродвигатель ДПВ-52, тиристорный преобразователь и заместить их на высоко моментный гидромотор и систему гидропривода к нему.

Литература:

1. Плащанский, Л. А. Основы электроснабжения горных предприятий. — Издательство МГГУ, 2002 г.
2. Чеботаев, Н. И. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ. — Горная книга, 2006 г.
3. Жуковский, А.А и др. Привод и системы управления буровых станков. — М.: Недра, 1990 г.
4. Хамзаев, А. А. «Методика корректировки уставок устройств релейной защиты при изменении конфигурации электрической сети золоторудного карьера «Мурунтау», г. Зарафшан, Навойский горно-металлургический комбинат» УГГУ, 2010 г.

## Моделирование процесса виброформования вертикального типа

Чашин Денис Вячеславович, магистр  
Сибирский федеральный университет

При вертикальном способе формования строительных изделий применяется установка в виде конвейерной схемы с движением кассеты через бункер со смесью сверху вниз. Устройство машины для вертикального формования строительных смесей приведено на рисунке.

Механизм подъема виброформовочной установки осуществляет перемещение рабочей кассеты. При этом «соты» рабочей кассеты под воздействием сил вибрации, создающихся вибратором, заполняется строительной смесью. Вибратор жестко закреплён на боковой поверхности бункера установки. Механизм подъема 5 установлен в нижней части рамы 1 формовочной установки. Сверху через амортизирующие элементы 1 на раме закреплён бункер для строительной смеси. Вращающиеся неуравновешенные массы вызывают как местную, так и общую вибрацию оборудования. В таком случае имеем динамическую систему с упругими связями [1].

При движении через строительную смесь кассета преодолевает сопротивление смеси, которое уменьшается под воздействием вибрационной среды, создаваемой вибратором установки. С помощью вибрации осуществляется передвижение строительной смеси в направлении движения кассеты, а также заполнение «сот» кассеты строительной смесью [2].

Дифференциальное уравнение колебаний массы  $m_1$  будет иметь вид:

$$m_1 \ddot{z}_1 + \beta_1 \dot{z}_1 + c_1 z_1 = P(t)$$

Полагая, что  $P = P_0 \sin \omega t$ , уравнение примет вид:

$$\ddot{z}_1 + 2g \dot{z}_1 + v^2 z_1 = P_0 / m_1 \sin \omega t$$

Решение этого неоднородного дифференциального уравнения будет:

$$z_1 = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

После преобразования получим:

$$\begin{cases} (v^2 - \omega^2)A + 2g\omega B = 0 \\ -2g\omega A + (v^2 - \omega^2)B = \frac{P_0}{m_1} \end{cases}$$

$$\text{где } v = \sqrt{\frac{c_1}{m_1}}; \quad 2g = \frac{\beta_1}{m_1}.$$

Из последней системы уравнений находим неизвестные амплитуды  $A$  и  $B$ :

$$\begin{cases} A = -\frac{P_0}{m_1} \cdot \frac{2g\omega}{(v^2 - \omega^2)^2 + 4g^2\omega^2} \\ B = \frac{P_0}{m_1} \cdot \frac{v^2 - \omega^2}{(v^2 - \omega^2)^2 + 4g^2\omega^2} \end{cases}$$

Динамическое состояние виброформовочного оборудования характеризуется степенью влияния колебательного процесса в зависимости от жесткости вибро-

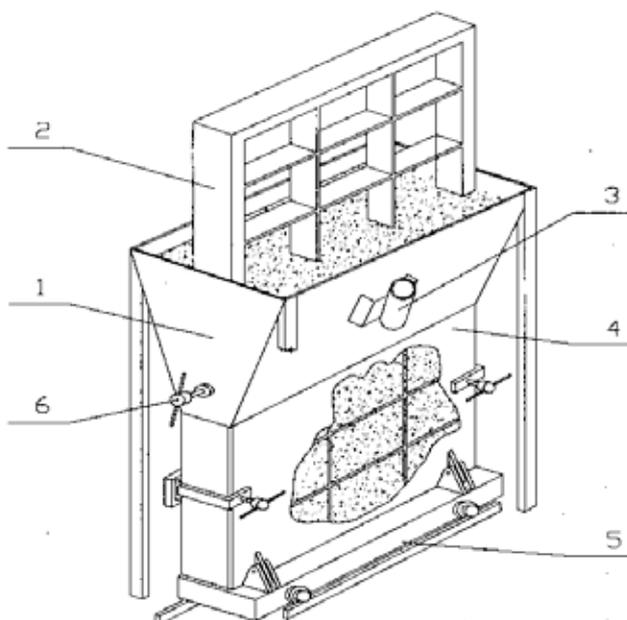


Рис. 1. Установка вертикального формования:

1 — Рама; 2 — кассета; 3 — вибратор; 4 — боковина; 5 — основание; 6 — упоры

гасителей, степени демпфирования и реологии шихты строительного раствора.

При варьировании жесткости амортизатора от  $20 \cdot 10^6$  Н/м до  $70 \cdot 10^6$  Н/м. При этом амплитуда колебаний изменялась в вертикальной плоскости от 0,056 до

0,4 мм; в горизонтальной плоскости — от 0,02 до 0,16 мм. Ускорения изменялись соответственно от 0,5 до  $2,7 \text{ м/с}^2$ , а также от 0,3 до  $1,8 \text{ м/с}^2$ .

Модель процесса вертикального виброформования, описанная в среде Simulink приведена на рис.2.

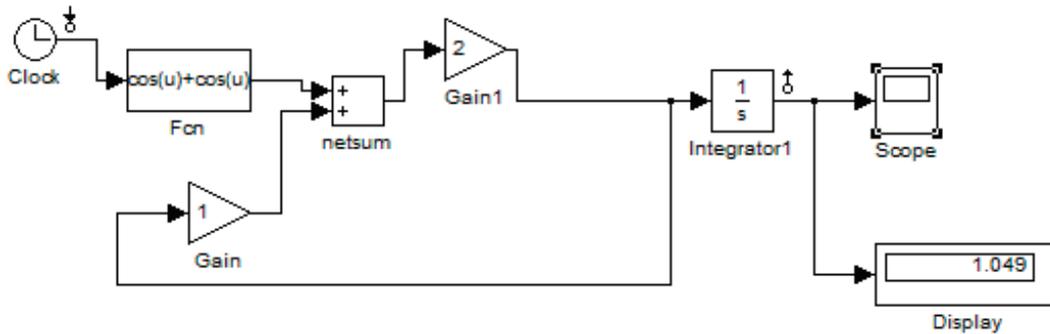


Рис. 2. Модель, описанная в среде SIMULINK

В модели были использованы: CLOCK — время; GAIN — усилитель; Fcn — функция; SCOPE — осциллограф; NETSUM — сумматор; INTEGRATOR — интегратор.

Амплитудно-частотная характеристика процесса выполняет линейризацию модели и строит реакцию системы на единичное ступенчатое воздействие. (рис.3.)

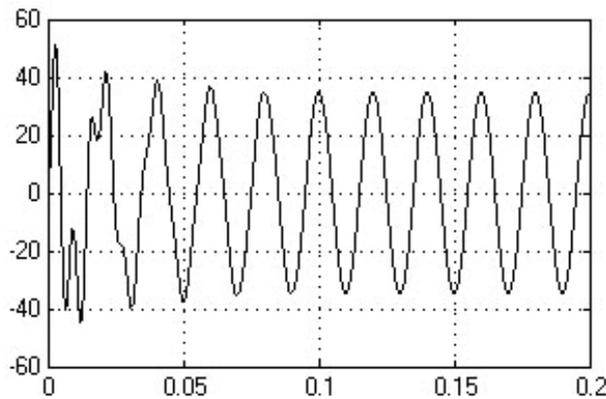


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика процесса

Литература:

1. Емельянов, Р.Т. Исследование процесса вибрационного формования инженерного обустройства автомобильных дорог. Р.Т. Емельянов, А.П. Прокопьев, Е.С. Турышева, П.А. Постоев. Строительные и дорожные машины, 2010, № 10. с. 44–48 [Emelyanov, R. T. a Study of the process of vibration molding engineering arrangement of roads. R. T. Emelyanov, A. P. Prokop'ev, E. S. Turyshev, P. A. Billeting. Construction and road machines, 2010, № 10. S. 44–48 (in Russian)]
2. Емельянов, Р.Т. Формование строительных изделий конвейерной системой VIII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященная 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского 2012 [Emelyanov R. T. Molding construction products, conveyor system VIII all-Russian scientific-technical conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the 155th anniversary of the birth of K. E. Tsiolkovsky, 2012. (in Russian)]
3. Губарева, В.В. Теплотехника и теплотехническое оборудование технологии строительных изделий. Термовлажностная обработка бетонных и железобетонных изделий: Учебное пособие, В.В. Губарева. Белгород, 2004. [Gubarev V. V. Heat engineering and heating engineering equipment technology construction products. Work with the processing of concrete products: textbook, V. V. Gubarev. Belgorod, 2004. (in Russian)]

4. Кокшарев, В. И. Тепловые установки. В. И. Кокшарев, А. А. Кучеренко. Киев: Вища школа, 1990. [Kokarev, V. I. Thermal plants. Kokarev, V. I., A. A. Kucherenko. Kiev: high school, 1990. (in Russian)]
5. Перегудов, В. В. Теплотехника и теплотехническое оборудование: Учеб. для техникумов. В. В. Перегудов; под ред. Н. Ф. Еремина. М.: Стройиздат, 1983. [Peregudov V. V. Heat engineering and heat engineering equipment: Proc. for technical schools. Peregudov V. V.; ed. F. Eremina. M.: Stroyizdat, 1983. (in Russian)]
6. Баженов, Ю. М. Технология бетона. Ю. М. Баженов. М.: Изд-во АСВ, 2003. [Bazhenov, Y. M. Technology of concrete. Y. M. Bazhenov. M.: Publishing house ASV, 2003. (in Russian)]
7. Медведько, С. В. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Проектирование предприятий по производству строительных материалов, изделий и конструкций», ВолгГАСА. — Волгоград, 2000. [Medvedko S. V. Methodical instructions to the course project on discipline «Designing of enterprises producing construction materials, products and structures»]. — Volgograd, 2000. (in Russian)]
8. Михайлова, К. В. Справочник «Производство железобетонных изделий», — 2 изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1989. [Mikhailov K. V. Handbook of «precast concrete products», — 2nd ed., Rev. and extra — M.: Stroyizdat, 1989.] (in Russian)

## Переработка ванадийсодержащих шлаков по содовой технологии

Шубина Марианна Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент;  
Махоткина Елена Станиславовна, кандидат технических наук, доцент  
Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

*В статье представлены результаты исследований по извлечению ванадия с применением содовой технологии из ванадийсодержащих шлаков разного химического состава. Изучено влияние окислителей и количества щелочных добавок в составе шихты, а также температуры и длительности выщелачивания на степень извлечения ванадия из шлака Нижнетагильского металлургического комбината (ОАО «НТМК») и шлака процесса ПТМКЗ. Анализ экспериментальных образцов на содержание ванадия проводился способом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на энергодисперсионном спектрометре «ARL QUANTX».*

**Ключевые слова:** ванадийсодержащий шлак, шлак процесса ПТМКЗ, окислительный обжиг, выщелачивание, щелочные добавки, степень извлечения ванадия, рентгенофлуоресцентная спектроскопия

В современной промышленности ванадий является очень важным металлом, поэтому его применению и использованию уделяется большое внимание как в нашей стране, так и за рубежом. Для России значимость ванадия особенно высока в связи с возможностью замены им таких легирующих элементов, как вольфрам, молибден и ниобий, запасы которых в нашей стране ограничены. Основным потребителем ванадия является черная металлургия — до 85% всего выплавляемого металла идет на её нужды [1, 2].

Кроме того, ванадий широко используется в качестве легирующего элемента в сплавах с цветными металлами, что позволяет применять их в атомной энергетике, авиа- и космической промышленности. Наряду с этим, ванадий используется для изготовления катализаторов и различного рода химикатов, а новые области применения ванадия, такие как аккумуляторные батареи, устройства для хранения водорода и др., в скором времени могут привести к снижению его доли в черной металлургии [3, 4]. Это, в свою очередь, приведет к значительному росту спроса на триоксид  $V_2O_3$  и пентаоксид  $V_2O_5$  ванадия. Вместе с тем, во многих странах мира, и особенно в России, объём добычи и производства ванадия не покрывают необходимой потребности.

Указанные факторы способствуют развитию и совершенствованию технологий получения  $V_2O_5$  из ванадийсодержащего сырья (для получения феррованадия и лигатур). В России основными источниками ванадия являются шлаки металлургического производства, полученные от переработки Уральских титаномагнетитов на Нижнетагильском металлургическом комбинате (ОАО «НТМК») и Чусовском металлургическом заводе (ОАО «ЧМЗ»).

В связи с этим, проведено исследование по извлечению ванадия из шлаков ОАО «НТМК» с применением содовой технологии и проведен сравнительный анализ степени извлечения ванадия из металлургических шлаков разного химического состава. Изучены общие закономерности обжига ванадийсодержащих шлаков с переводом ванадия в растворимые ванадаты, влияние различных факторов (состава шлака, состава шихты и т.д.) на степень извлечения ванадия, а также определены параметры окислительного обжига шлаков, обеспечивающие высокую степень селективного извлечения ванадия при выщелачивании.

Предыдущие исследования по извлечению ванадия по содовой технологии проводились со шлаками процесса прямого получения металла из титаномагнетитового сырья по технологии ПТМКЗ (промышленная апробация

технологии проведена на ОАО «ММК») с низким содержанием  $V_2O_5$  0,8–1,2% [5–7]. Шлак ОАО «НТМК» отличался более высоким содержанием этого компонента — не менее 18,0%  $V_2O_5$ . Для проведения окислительного обжига использовали образцы с шихтой, содержащей по 5 г шлака и разным количеством щелочной добавки (сода  $Na_2CO_3$ ): 5,0 г; 2,5 г и 1,5 г. Часть образцов дополнительно содержало пиролюзит ( $MnO_2$ ) в качестве окислителя. Все образцы обжигали при температуре 900°C в течение 1,5 часов [8, 9]. Скорость нагрева до температуры обжига составляла 10 град/мин для обеспечения минимального содержания примесей хрома, титана и т.д.

Перед выщелачиванием обожженную шихту измельчали в сухом состоянии и усредняли. Выщелачивание этой

шихты проводили при температуре 65–70°C с использованием воды в течение 2 и 3 часов. После выщелачивания растворы отфильтровывали и промывали водой остатки на фильтре [10, 11].

Содержание ванадия в растворе определяли методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (РФС) на энергодисперсионном спектрометре. Результаты эксперимента приведены в таблице.

Максимальная степень извлечения ванадия 87% получена в образцах со шлаком ОАО «НТМК» при содержании  $Na_2CO_3$  50% в присутствии окислителя оксида марганца  $MnO_2$ . Такая же степень извлечения достигнута при увеличении времени выщелачивания таких же образцов до трех часов (вместо двух) и при отсутствии  $MnO_2$ .

Таблица 1. Степень извлечения ванадия из металлургических шлаков

Содержание $Na_2CO_3$ , % (состав образца)	Степень извлечения $\alpha$ , %	
	шлак процесса ITmk3	шлак ОАО «НТМК»
50 (5 г шл.* + 5 г щ.д.**)	31,0	65,0
33 (5 г.шл.+2,5 г щ.д.)	16,5	60,7
20 (5 г шл.+1,25 г щ.д.)	9,0	46,0
50 (5 г шл. +5 г щ.д.+1 г $MnO_2$ )	32,0	87,0

(\* шл. — шлак,  
\*\* щ.д. — щелочная добавка —  $Na_2CO_3$ ).

С уменьшением содержания соды в шихте степень извлечения ванадия снижается (рисунок). Проведенные эксперименты позволили сравнить возможность извлечения ванадия из шлаков, полученных в разных металлургических процессах. При этом выявлено, что при отсутствии окислителя в шихте степень извлечения ва-

надия из шлаков процесса ITmk3 значительно меньше (31%), чем из шлаков ОАО «НТМК» (65%). Причем, добавка окислителя в шихту существенно интенсифицирует процесс только при обработке шлаков ОАО «НТМК», приводя к увеличению степени извлечения на 22%.

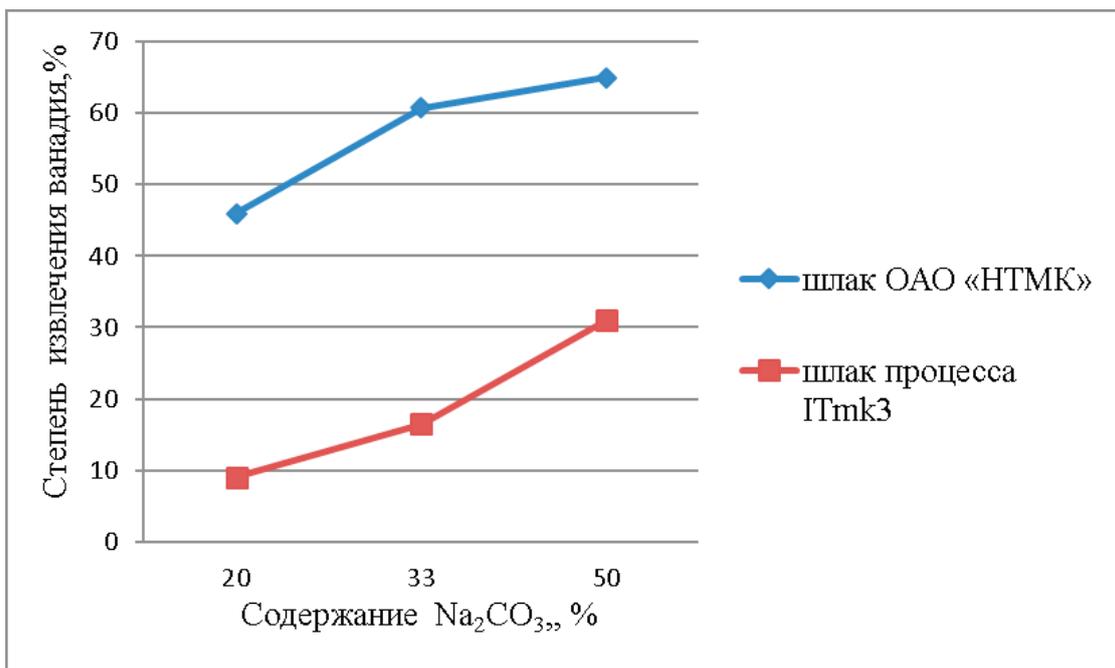


Рис. 1. Зависимость степени извлечения ванадия от содержания  $Na_2CO_3$  в шихте с разными шлаками

Полученное различие в степени извлечения ванадия из разных шлаков связано с особенностями их химического состава. Известно, что увеличение содержания  $\text{SiO}_2$  в шлаке приводит к значительному ухудшению результатов и уже при содержании  $\text{SiO}_2$  16% степень извлечения ванадия не превышает 35%. К тому же, существенно влияет на вскрытие и выщелачивание ванадия присутствие оксида марганца в шлаке. Уменьшение отношения  $\text{MnO} / \text{V}_2\text{O}_5$  менее чем 0,45–0,05 приводит, при том же отношении  $\text{CaO} / \text{V}_2\text{O}_5$ , к снижению вскрытия и полноты извлечения ванадия [12,13].

Шлаки процесса ITmk3 содержат до 26,3% оксида кремния и не имеют в своем составе оксида марганца. Таким образом, учитывая химический состав шлака, опираясь на исследования в области окисления ванадийсо-

державших шлаков, можно предположить, что ванадий связан химически в стекловидной фазе, т.е. находится в нерастворимой форме. Поэтому достигнутая в экспериментах с данными шлаками степень извлечения 31% приближается к максимальной.

Таким образом, проведенные исследования показали существенное влияние на вскрываемость и извлечение ванадия состава и физико-химических свойств ванадийсодержащих шлаков. Сокращение расхода соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в шихте приводит к снижению степени извлечения ванадия, а увеличение — экономически нецелесообразно и приведет к чрезмерному загрязнению водного бассейна соединениями натрия, поэтому для интенсификации процесса извлечения ванадия дополнительно можно применять окислительные добавки в шихту.

#### Литература:

1. Чижевский, В. Б., Шавакулева О. П., Гмызина Н. В. Обогащение титаномагнетитовых руд Южного Урала // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2012. № 2. С.5–7.
2. Никифоров, Б. А., Тахаутдинов Р. С., Бигеев В. А., Бигеев А. М. Перспективы вовлечения в переработку новых видов железосодержащего сырья // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2004. № 1. С.9–11.
3. Kear, G. Development of the all-vanadium redox flow battery for energy storage: a review of technological, financial and policy aspects / G. Kear, A. A. Shah, F. C. Walsh // International Journal of Energy Research. — 2012. — Vol. 36, № 11. — pp. 1105–1120.
4. Жеваго, Н. К. Микрокапиллярные емкости для хранения водорода / Н. К. Жеваго, В. И. Глебов, Э. И. Денисов и др. // Альтернативная энергетика и экология, 2012. № 09. (113). С. 106–115.
5. Махоткина, Е. С., Шубина М. В. Извлечение ценных компонентов из шлака процесса ITmk3 // Металлургия: технологии, инновации, качество // под ред. Е. В. Протопопова. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. Ч.1. с. 340–344.
6. Шубина, М. В., Махоткина Е. С. Анализ возможности извлечения титана из шлака процесса ITmk3 // Наука и образование в современном обществе: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Смоленск: НОВАЛЕНСО, 2015. Ч.1. с. 64–65.
7. Махоткина, Е. С., Шубина М. В. Извлечение титана из шлака прямого восстановления титаномагнетитов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции / под ред. В. М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2015. Т. 1. № 1. с. 255–258.
8. Махоткина, Е. С., Шубина М. В. Шлаки процесса прямого восстановления железа как источник получения ванадия и титана // Теория и технология металлургического производства, 2015. № 2 (17). С 60–64.
9. Шубина, М. В., Махоткина Е. С. Гидрометаллургический способ извлечения ванадия из шлака // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: сборник материалов III Всероссийской конференции с международным участием / отв. ред. К. В. Липин. Чебоксары: Изд-во «Новое время», 2013. с. 151–152.
10. Махоткина, Е. С., Шубина М. В. Растворы: Учеб. пособие. М. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2006. 67 с.
11. Махоткина, Е. С., Шубина М. В., Крылова С. А. Растворы электролитов и неэлектролитов: Учеб. пособие. М. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2012. 91 с.
12. Пат. 2090640 РФ. МПК7 C22B34/22. Способ извлечения ванадия из шлаков / Г. К. Тарабрин, В. А. Бирюкова, Е. М. Рабинович, В. С. Волков, Н. Е. Мерзляков, С. Е. Кузьмичев, В. П. Тарабрина, И. М. Тартаковский. Заявл. 25.10.1995. Оpubл. 20.09.1997. Бюл. № 26.
13. Пат. 2096510 РФ. МПК7 C22B34/22. Способ извлечения ванадия из титанистых шлаков / Г. Б. Садыхов, В. А. Резниченко, И. А. Карязин, Л. О. Наумова. Заявл. 07.06.1996. Оpubл. 20.11.1997. Бюл. № 32.

## Изменение структуры и состава нитридного слоя при оксидировании параами воды

Эшкабилов Х. К.;

Бердиев Ш. А.

Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Возможность прогнозирования структуры и свойств азотированного слоя на поверхности конструкционных и углеродистых сталей имеет большое значение для оптимизации ведения технологии процесса и последующей обработки изделий.

При определённых термодинамических условиях (температура, давление) аммиак диссоциирует в соответствии с реакцией:



В процессе насыщения образуется определённый азотный потенциал и в течение процесса происходит равновесие азотного потенциала. Согласно отношению (1) образующийся атомарный азот диффундирует в поверхность металла, образуя нитриды металлов MeN.

Для оценки отношения парциального давления аммиака к водороду можно использовать константы равновесия ( $K_a$ ):

$$K_a = \frac{P_{\text{NH}_3}}{P_{\text{H}_2}^{3/2}} \cdot \frac{1}{a_N}, \quad (2)$$

где:  $P_{\text{NH}_3}$  — парциальное давление аммиака;

$P_{\text{H}_2}^{3/2}$  — парциальное давление водорода;

$a_N$  — активность азота или азотный потенциал.

При азотировании образуется твёрдый раствор азота в  $\alpha$ -Fe,  $\gamma'$  и  $\epsilon$  — фазы. При постоянной температуре и давлении константа равновесия будет постоянной, поэтому уравнение (2) можно написать в следующем виде:

$$a_N = \frac{P_{\text{NH}_3}}{P_{\text{H}_2}^{3/2}} \quad (3)$$

Для обеспечения диффузии азота в материал, необходимо, чтобы азотный потенциал насыщающей среды был больше чем содержание азота в металле:

$$a_N^{\text{ГС}} > a_N^{\text{Ме}} \quad (4)$$

Уравнение (4) характеризует начальный этап диффузии, поскольку с образованием нитридного слоя ( $\text{g}\epsilon$  и  $\epsilon$  — фазы) соответственно величина азотного потенциала должна удовлетворить условия:

$$a_N^{\text{ГС}} > a_N^{\gamma'} > a_N^{\epsilon} \quad (5)$$

При кратковременных процессах нитрооксидирования, сначала происходит процесс азотирования с образованием нитридного слоя. Во всех случаях образование нитридного слоя и зоны внутреннего азотирования в чистом железе происходит в соответствии с диаграммой «Fe-N».

В сплавах на железной основе формирование диффузионного слоя сопровождается встречной диффузией

углерода в обратном направлении в зависимости от количества растворенного углерода в  $\alpha$ -железе.

Это можно охарактеризовать следующим отношением:

$$\mu_C^{\text{ГС}} < \mu_C^{\text{Ме}} \quad (6)$$

Только при добавлении в атмосферу углеродосодержащих компонентов отношение (6) усложняется.

При оксидировании нитридного слоя, отношение парциальных давлений  $\text{NH}_3$ ;  $\text{H}_2$  изменяется. В результате при оксидировании растёт толщина низкоазотистого нитридного слоя и зона внутреннего азотирования. [1]

Для разработки математической модели и теоретических основ технологии нитрооксидирования низколегированной углеродистой стали мы рассмотрели зависимости состава и строения азотированного и оксидного слоя от химического состава сталей и технологических параметров процесса. В качестве модельного сплава было использовано техническое железо. Исследовали также промышленные стали 40X, Р6М5 и стали 45.

После насыщения выше эвтектоидной температуры для системы «Fe-N», в азотированном слое наблюдается нитридная зона с четко выраженной столбчатостью. Эта зона состоит из крупных кристаллов с широкими границами между ними и большим количеством пор и трещин (Рис. 1, а и б). Такое строение слоя исключает получение в дальнейшем равномерной пленки оксида. После азотирования при температурах ниже эвтектоида ( $591^\circ\text{C}$ ) слои имеют меньшую толщину, но равномерное строение.

Блочность отсутствует, пористость слоя незаметная, а сами поры мелкие, округлые и изолированные (Рис. 2). Добавление в состав насыщающей среды при оксидировании кислородосодержащих компонентов в малом количестве, в частности комплексонов, благоприятно влияют на образование плотного поверхностного оксидного слоя. Резко уменьшается процесс деазотирования при оксидировании нитридного слоя (Рис. 2, б).

Результаты полученных данных по изучению влияния степени диссоциации аммиака на толщину и состав диффузионного слоя при температуре ниже эвтектоидной ( $580^\circ\text{C}$ ) показывают, что образование развитой зоны высокоазотистого нитрида ( $\epsilon$ -фазы) при значительной общей толщине слоя характерно для процессов со степенью диссоциации аммиака  $\alpha < 30\%$  (Рис. 3, линии 2 и 3). [2]

Однако при этом повышается пористость нитридного слоя.

При степени диссоциации аммиака  $\alpha > 50\%$  уменьшаются толщина нитридной зоны и количество  $\epsilon$ -фазы на поверхности слоя (Рис. 3).

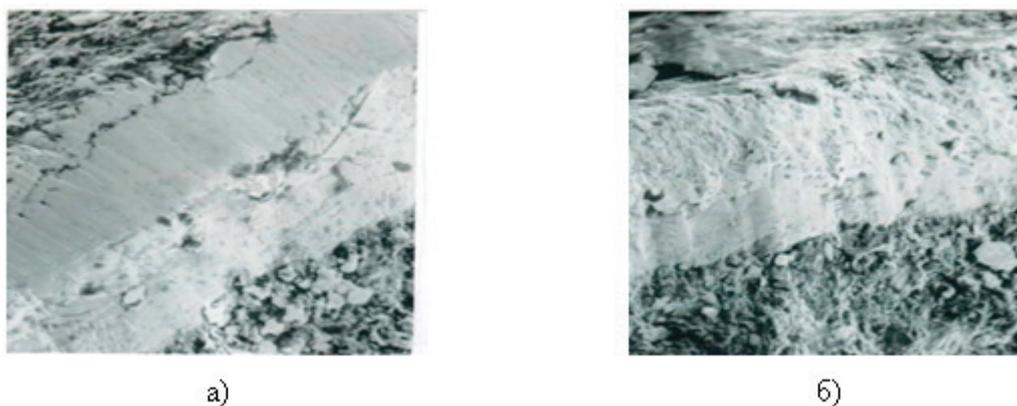


Рис. 1. Микроструктура азотированного слоя на стали 45 (а) и стали 40Х (б).  
Режим обработки: Азотирование — 620°С, 3 часа

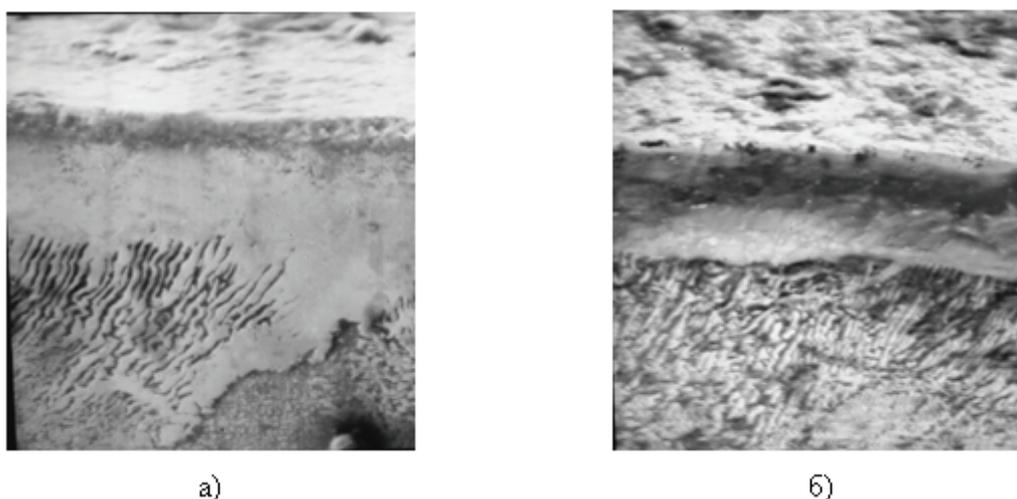


Рис. 2. Микроструктура нитрооксидированного слоя на стали 45. Режим обработки: Азотирование — 580°С, 3 часа; оксидирование — 550°С, а — 1 час и б — 2,5 часа в парах воды с добавками 5% ОЭДФ

Образование  $\epsilon'$ -фазы происходит только при азотировании стали и сплавов при наличии углерода в их матрице и имеет карбонитридный характер. Поэтому заметное образование такого типа нитрида характерно только при азотировании углеродистой стали и сплавов.

Исследовалась в качестве конструкционной сталь 40Х, имеющая мартенситную структуру. Образцы обрабатывались в атмосфере чистого аммиака, со степенью диссоциации  $\alpha=40\ldots60\%$ , при температуре 620°С — выше температуры эвтектоида для системы «Fe-N» (I вариант), и часть образцов, не извлекаясь из печи, при той же температуре подвергал оксидированию в парах воды в течение 1 часа (II вариант). Результаты исследования приведены на рис. 4.

При оксидировании за счет диффузии кислорода одновременно происходит деазотирование и обезуглероживание в части низшей нитридной зоны. На поверхности образуется слой оксикарбо-нитридного характера (Рис. 2).

Нитридный слой, полученный при выше эвтектоидной температуре (выше 590°С) имеет столбчатое строение, а также является микропористыми. В период охлаждения

образца, нитридный слой окисляется из кислорода воздуха, о чем и свидетельствует наличие кислорода после азотирования.

С целью получения полной картины изменения нитридного слоя при оксидировании, образцы из стали 40Х азотировали при температуре 580°С, в течение 3 часов, оксидировали при температуре 550°С ниже эвтектоидной температуре для системы “Fe-O” с продолжительностью 1 и 2,5 часа. Результаты исследования приведены на рис. 5.

Следует отметить экстремум (максимум) распределений кислорода, что соответствует точке появления азота в нитридном слое.

В результате полученных данных можно утверждать, что при благоприятных условиях оксидирования нитридного слоя на углеродистых сталях, можно получить регулируемые плотные карбонитридные, оксикарбонитридные слои, которые имеют лучшие физико-механические и физико-химические свойства, чем сам нитридный слой.

Был проведен рентгеноструктурный анализ обработанных образцов, который подтвердил наличие развитой

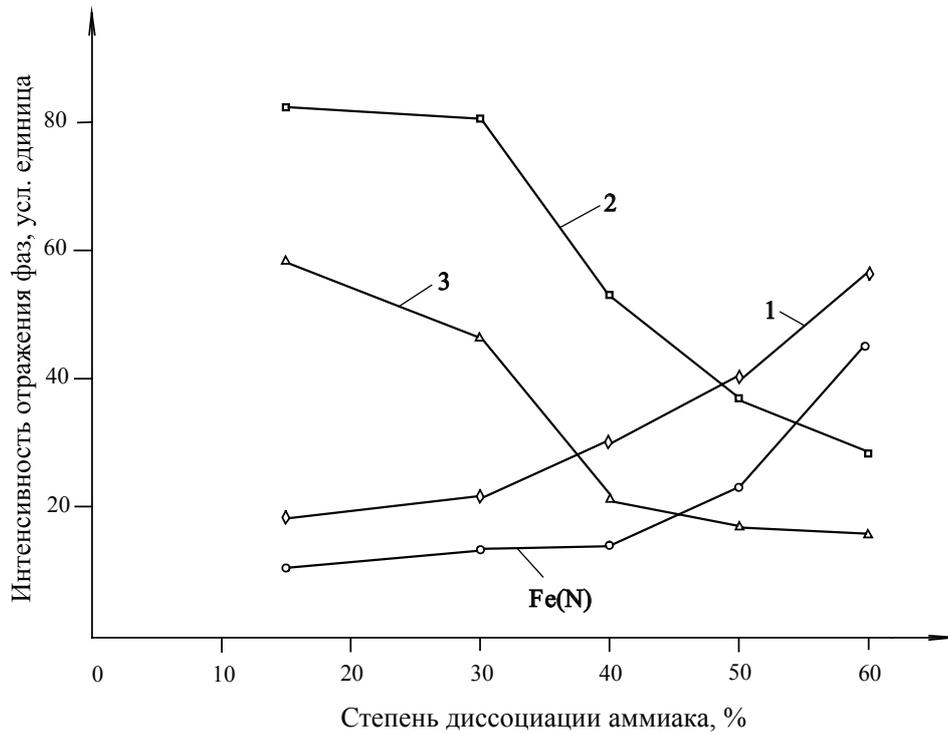


Рис. 3. Зависимость интенсивности линий фаз от степени диссоциации аммиака. Азотирование в среде аммиака при температуре 580°C с продолжительностью 3 часа. 1 —  $\gamma'$ -фаза (200); 2 —  $\varepsilon$ -фаза (110) и 3 —  $\varepsilon'$ -фаза (101)

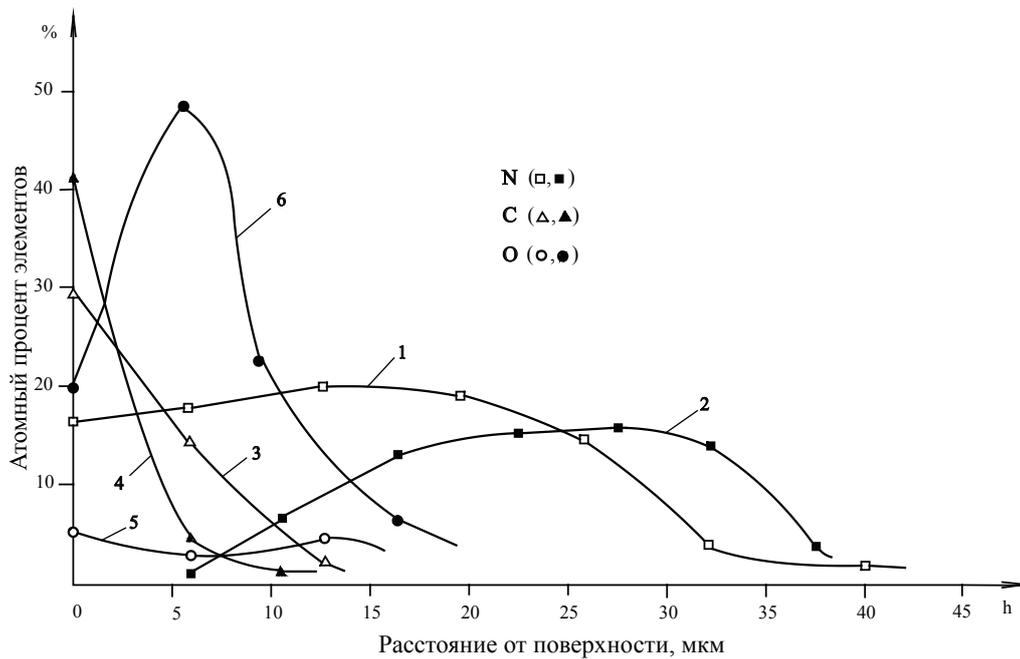


Рис. 4. Распределение элементов в нитридном слое после азотирования:  $t=620^\circ\text{C}$ ,  $t=3$  ч. (линии 1,3,5) и азотирование с последующим оксидированием:  $t=620^\circ\text{C}$ ,  $t=0,5$  ч. (линии 2,4,6)

$\gamma$ -фазы,  $\varepsilon$  — фаза карбонитридного характера,  $\varepsilon'$  — фаза оксикарбонитридного характера и при температуре оксидирования 620°C оксиды  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , а при температуре оксидирования 550°C оксидный слой состоит из одного  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Таким образом, оже-спектральный анализ позволяет совместно с другими методами исследования получить

картину послойного распределения элементов в нитрооксидированных сталях. При исследовании температурных и временных зависимостей формирования упрочняющего слоя, по его результатам, можно регулировать комбинированную технологию нитрооксидирования при поверхностном упрочнении низколегированных углеродистых сталей. [3]

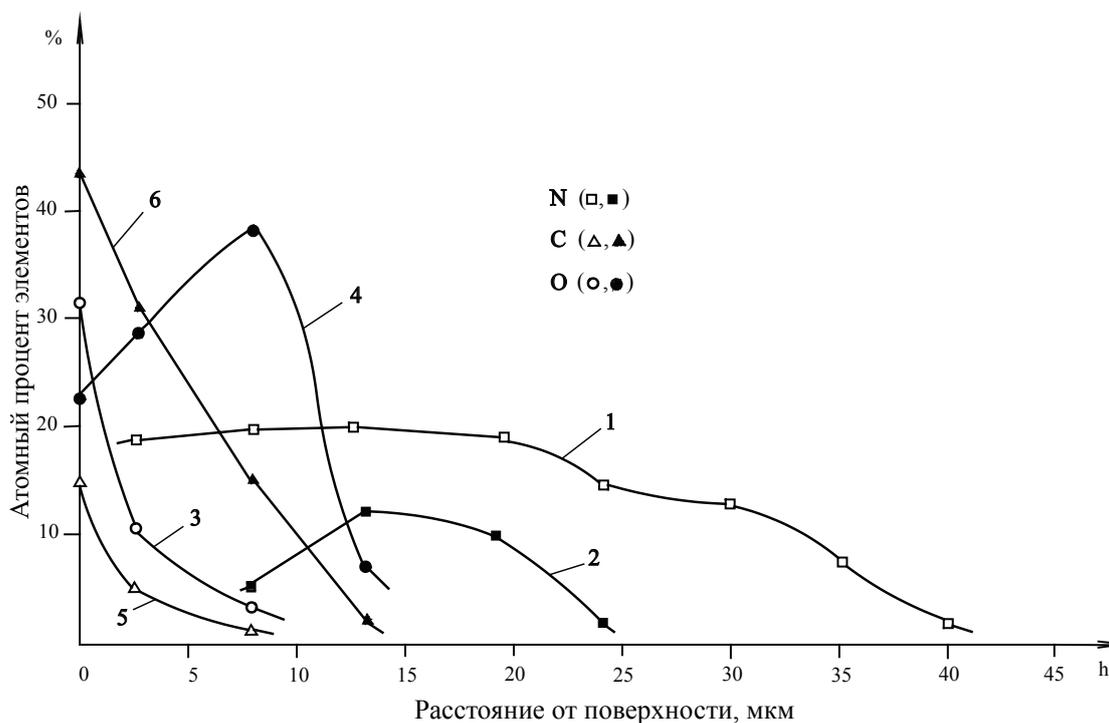


Рис. 5. Распределение элементов в нитридном слое после азотирования:  $t=580^{\circ}\text{C}$ ,  $t=3$  ч. и оксидирования  $t=550^{\circ}\text{C}$ ,  $t=1$  ч. (линии 1,3,5) и  $t=1$  ч. (линии 2,4,6)

Литература:

1. Лахтин, Ю. М. и др. Теория и технология азотирования. — М: Металлургия, 1981, 320 с.
2. Лахтин, Ю. М., Коган Я. Д. Структура и прочность азотированных сплавов. — М., Металлургия, 1982, 176 с.
3. Гаврилова, А. В. и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. — 1974. № 3 с. 14–21.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 14 (118) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметов И. Г.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Абдрасилов Т. К.  
Авдеюк О. А.  
Айдаров О. Т.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Жураев Х. О.  
Игнатова М. А.  
Калдыбай К. К.  
Кенесов А. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матвиенко Е. В.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Паридинова Б. Ж.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сенюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.  
Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Ахмеденов К. М. (Казахстан)  
Бидова Б. Б. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Демидов А. А. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)  
Игиснинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Колпак Е. П. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Г. А.  
**Ответственные редакторы:** Осянина Е. И., Вейса Л. Н.

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я., Голубцов М. В.,  
Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

**почтовый:** 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

**фактический:** 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.08.2016. Тираж 500 экз.

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