



СБОРНИК СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
XXIV МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

Новосибирск, 2013 г.

УДК 62
ББК 30
Т38

Т38 «Технические науки — от теории к практике»: сборник статей по материалам XXIV международной заочной научно-практической конференции. (07 августа 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 160 с.

Сборник статей по материалам XXIV международной заочной научно-практической конференции «Технические науки — от теории к практике» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области прикладной науки и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития технических наук.

Рецензенты:

— *Ахмеднабиев Расул Магомедович* — канд. техн. наук, доцент Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка;

— *Ахметов Сайранбек Махсutowич* — д-р техн. наук, профессор. Ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем;

— *Елисеев Дмитрий Викторович* — канд. техн. наук, доцент Института развития дополнительного профессионального образования.

ББК 30

ISSN 2308-5991

© НП «СибАК», 2013 г.

Оглавление

Секция 1. Инженерная графика, САПР, САД, САЕ	7
ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» В СИБИРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ИНДУСТРИАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ Голодова Марина Анатольевна Макаров Алексей Владимирович	7
Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление	13
АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА РАБОТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ Галеев Ахметсалим Сабирович Сулейманов Раис Насибович Арсланов Исмагил Ганеевич	13
АДАПТАЦИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СЕМАНТИЧЕСКОГО ВЕБ В ОБРАЗОВАНИИ Мельникова Нина Ивановна Вагарина Наталия Сергеевна	21
Секция 3. Электроника	28
ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ Литвинова Марина Николаевна Солдаткин Василий Сергеевич Туев Василий Иванович	28
Секция 4. Машиностроение и машиноведение	39
ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВАХ И КОНТРОЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ Чепчуров Михаил Сергеевич Горбачев Игорь Александрович	39
ДИНАМИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОСИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ Першин Николай Сергеевич	45

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДАВЛЕНИЯ В СЛОЕ СМЕСИ ПОД ВАЛКОМ ТАРЕЛЬЧАТО-ВАЛКОВОГО АКТИВАТОРА	50
Савченко Александр Григорьевич Буцкий Вячеслав Александрович Супряга Дмитрий Викторович Супряга Андрей Викторович	
Секция 5. Энергетика и энергетические техника и технологии	59
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЭКВИВАЛЕНТИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТОВ РЕЖИМОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	59
Кутукова Екатерина Сергеевна Малафеев Алексей Вячеславович	
Секция 6. Транспорт и связь, кораблестроение	69
ВЫСОКОМЕТАЛЛИЗИРОВАННОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ	69
Чернышов Евгений Александрович Романов Алексей Дмитриевич	
Секция 7. Аэро-космическая техника и технологии	74
ДОПЛЕРОВСКИЙ ПЕЛЕНГАТОР С ОДНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ АНТЕННОЙ	74
Сорочан Анатолий Григорьевич Добряк Дмитрий Александрович Добряк Оксана Анатольевна Нестругин Александр Владимирович	
Секция 8. Строительство и архитектура	84
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМНО- ПЛАНИРОВОЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ	84
Гадаборшева Тамара Бимбулатовна Ефремова Галина Сергеевна Захарьина Анна Янисовна	

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ Лебедев Михаил Сергеевич Жерновский Игорь Владимирович Фомина Екатерина Викторовна Потапова Ирина Юрьевна	94
ТЕРМОАКТИВАЦИЯ ОПАЛ-КРИСТОБОЛИТОВОЙ ПОРОДЫ — ОТХОДА КОРКИНСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Носова Анна Николаевна Фомина Екатерина Викторовна	106
Секция 9. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы	112
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛУЧШЕГО ДЕРЕВА В БИОГРУППЕ Русинова Наталия Владимировна	112
Секция 10. Химическая техника и технология	117
УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОТОКЕ Фролов Владимир Валерьевич Мозговой Иван Васильевич	117
ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ Хентов Виктор Яковлевич Великанова Лидия Николаевна Сёмченко Владимир Владимирович Хуссейн Ханаа Хассан	122
Секция 11. Приборостроение, метрология, радиотехника	130
МЕТОД БЕСТОРМОЗНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ Фоминых Алексей Михайлович	130

Секция 12. Электротехника	135
ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПУСКА В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ	135
Однокопылов Георгий Иванович Брагин Александр Дмитриевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СО СТРУКТУРНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ	141
Однокопылов Георгий Иванович Брагин Александр Дмитриевич	
Секция 13. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология	146
МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА	146
Коваленко Виктор Васильевич Гайдукова Екатерина Владимировна Хаустов Виталий Александрович Шевнина Елена Валентиновна Судакова Наталья Валерьевна Диавара Хамиду	
Секция 14. Нанотехнологии и наноматериалы	154
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУР	154
Матюшкин Лев Борисович	

СЕКЦИЯ 1.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» В СИБИРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ИНДУСТРИАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Голодова Марина Анатольевна

*канд. техн. наук, старший преподаватель
кафедры графики и начертательной геометрии
Сибирского государственного индустриального университета,
г. Новокузнецк
E-mail: mag5702@mail.ru*

Макаров Алексей Владимирович

*канд. техн. наук, доцент
кафедры графики и начертательной геометрии
Сибирского государственного индустриального университета,
г. Новокузнецк
E-mail: mag5702@mail.ru*

FEATURES OF TEACHING THE SUBJECT "ENGINEERING GRAPHICS" IN THE SIBERIAN STATE INDUSTRIAL UNIVERSITY

Marina Golodova

*candidate of science, Senior teacher of department of graphics and
descriptive geometry of Siberian State industrial University,
Novokuznetsk*

Aleksey Makarov

*candidate of science, assistant professor of department of graphics and
descriptive geometry of Siberian State industrial University,
Novokuznetsk*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены требования к графической подготовке бакалавров технических направлений в свете образовательных стандартов нового поколения. Приведена структура дисциплины «Инженерная графика», виды выполняемых работ в соответствии со спецификой направлений обучения.

ABSTRACT

Requirements for the graphic training of the baccalaureates of technical directions in light of the educational standards of the new generation are examined. It is given the structure of discipline “Engineering graphic”, the forms of the carried out works in accordance with the specific character of the directions of instruction.

Ключевые слова: инженерная графика, компьютерная графика, методика преподавания графических дисциплин.

Keywords: engineering graphic, computer graphic, the procedure of the teaching of graphic disciplines.

Формирование инженерной графической культуры является важным направлением в подготовке бакалавров технических направлений, в том числе и таких, как «Автоматизация технологических процессов и производств» и «Информатика и вычислительная техника». В образовательных стандартах нового поколения реализуется компетентностный подход к процессу обучения. Выпускники технических вузов должны обладать не только суммой знаний

по специальности, но и способностью применять эти знания, умения и личностные качества для успешной деятельности. Кроме того, одним из требований стандартов является использование интерактивных методов обучения. Результатом освоения дисциплины должны стать: знания основных стандартов в области инфокоммуникационных технологий, в том числе стандартов ЕСКД, правил выполнения изображений стандартных деталей, разъемных и неразъемных соединений, методов и средств компьютерной графики, геометрического моделирования и автоматизации выполнения и оформления проектно-конструкторской документации; умение выполнять и читать чертежи различного уровня сложности и назначения, использовать для решения типовых задач методы и средства геометрического моделирования, графические информационные технологии.

По мнению ряда авторов [1, 2] графическая подготовка выпускников технического вуза должна состоять из следующих разделов: фундаментальная дисциплина (начертательная геометрия), прикладная дисциплина (инженерная графика, включающая в себя проекционное черчение, техническое черчение и стандарты оформления чертежей), технологическая дисциплина (компьютерная графика). При этом необходимо учитывать, что студенты первого курса, как правило, не готовы сразу приступить к изучению компьютерной графики, так как отсутствуют знания по построению и оформлению изображений. Обязательным является выполнение части чертежей на бумаге с использованием традиционных чертежных инструментов (принцип «руки растут голову»).

При составлении программ дисциплин «Инженерная графика» и «Инженерная и компьютерная графика» были учтены как требования стандарта, так и приведенные выше рекомендации по структуре дисциплины. Дисциплина изучается в течение первого семестра и состоит из лекций по начертательной геометрии и инженерной графике, практических занятий по этим же разделам и лабораторных работ по компьютерной графике. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа, из них 72 аудиторных). Вид аттестации — экзамен, к которому допускаются студенты, сдавшие все расчетно-графические и лабораторные работы.

Лекции читаются потоку из двух групп. Особенностью проведения лекционных занятий являются решение типовых задач и тестовые контрольные работы по теме предыдущей лекции с обязательным разбором ошибок на консультациях. В результате повышается степень усвоения материала студентами.

Необходимо отметить, что проведение практических и лабораторных работ по предмету «Инженерная графика» возможно только с применением интерактивных методов первого уровня (при проверке расчетно-графических работ, рисунок 1. или высшего уровня (при выполнении студентами лабораторных работ в компьютерном классе и проверке этих работ преподавателем, рисунок 2.).

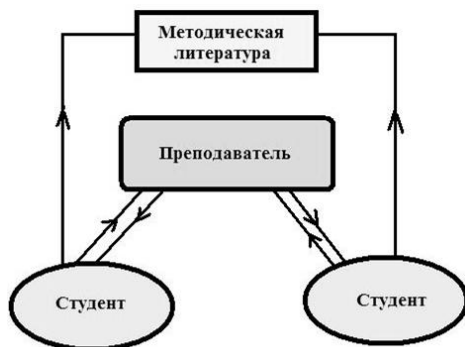


Рисунок 1. Интерактивный метод обучения первого уровня (студент-преподаватель)

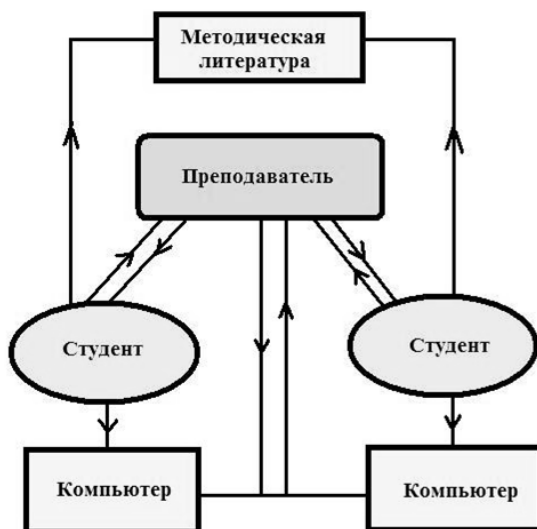


Рисунок 2. Интерактивный метод высшего уровня (студент-учебная среда)

На практических занятиях проходит работа с чертежами, выполняемыми студентами на ватмане без использования графических редакторов. Темы заданий учитывают специфику направлений (таблица 1).

Таблица 1.

Наименования выполняемых работ

Специальность	Наименование работы
«Автоматизация технологических процессов и производств» (ИАТ)	Построение линии пересечения плоскостей.
	Построение видов прямой правильной призмы.
	Построение проекций линии сквозного отверстия в конусе
	Построение проекций линии взаимного пересечения поверхностей
	Построение рабочего чертежа детали по сборочному чертежу (деталирование)
«Информатика и вычислительная техника» (ИВТ)	Построение линии пересечения плоскостей
	Построение видов прямой правильной призмы.
	Построение проекций линии сквозного отверстия в заданных поверхностях (сфера, конус)
	Построение проекций линии взаимного пересечения поверхностей
	Построение видов и разрезов детали

Первые две лабораторных работы для обоих направлений одинаковы — «Пользовательский интерфейс графических систем. Графические примитивы и их свойства» и «Выполнение чертежа детали типа «пластина» сложного контура с простановкой размеров и оформлением основной надписи». Выполнение данных работ позволяет студентам познакомиться с работой в графических редакторах и освоить методы построения изображений.

Следующие лабораторные работы уже учитывают специфику каждого из направлений. Студенты группы ИАТ выполняют работы из разделов «Проекционное черчение» и «Техническое черчение», а студенты группы ИВТ («Информатика и вычислительная техника») — из разделов «Начертательная геометрия» и «Проекционное черчение», в том числе и в 3D. В последнем случае большое внимание уделяется геометрическому моделированию. Студенты выполняют работы по построению вырезов в геометрических телах, аналогичных полученным без использования графических редакторов, что позволяет сравнить трудоемкость и сложность работ. Преподавателям, ведущим практические и лабораторные занятия,

предоставляется возможность в случае необходимости перераспределять количество часов между практическими и лабораторными занятиями, проводить проверку работ, выполненных на ватмане, параллельно с работой студентов в компьютерном классе.

Занятия по разработанной программе проводились в группах ИАТ-11, ИАТ-12, ИВТ-11, ИВТ-12. Результаты экзаменов показали, что данная методика является достаточно эффективной в условиях малого количества часов, отводимых на изучение дисциплины.

СЕКЦИЯ 2.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА РАБОТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Галеев Ахметсалим Сабирович

*д-р техн. наук, профессор филиала ФГБОУ ВПО УГНТУ,
г. Октябрьский*

Сулейманов Раис Насибович

*канд. техн. наук, доцент филиала ФГБОУ ВПО УГНТУ,
г. Октябрьский*

Арсланов Исмагил Ганеевич

*д-р техн. наук, профессор филиала ФГБОУ ВПО УГНТУ,
г. Октябрьский
E-mail: Arslanov59@mail.ru*

AUTOMATED MONITORING AND CONTROL SYSTEM OF SEWERAGE PUMPING STATION PUMPING UNITS' WORK

Ahmetsalim Galeev

*doctor of engineering science, professor of a branch of SEI HPE Ufa State
Petroleum Technological University,
Oktyabrski*

Rais Suleimanov

*candidate of engineering sciences, associate professor of a branch of SEI
HPE Ufa State Petroleum Technological University,
Oktyabrski*

Ismagil Arslanov

*doctor of engineering science, professor of a branch of SEI HPE Ufa State
Petroleum Technological University,
Oktyabrski*

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы модернизации системы автоматизации и управления насосными агрегатами канализационных насосных станций (КНС). В качестве перспективного варианта решения проблемы мониторинга работы КНС предлагается разработанная авторами автоматизированная система контроля и регистрации технологических параметров «АСКиР». Система «АСКиР» предназначена для обеспечения "on-line" сбора, регистрации, хранения и передачи на диспетчерский пункт технической и технологической информации, а также своевременной сигнализации при внештатных отклонениях в режиме работы технологического оборудования.

ABSTRACT

In the article there are considered questions of modernization of automation and management of pumping units of sewerage pumping stations (SPS). As a promising option of the problem of SPS work monitoring there is proposed the automated processing and control system of technological parameters "ASKIR" worked out by the authors. The system "ASKIR" serves to "on-line" collection, logging, storage and transfer of technical and technological information to a control station as well as to an early warning while emergencies in work of processing equipment.

Ключевые слова: автоматизация; насосные станции; контроль; мониторинг; управление.

Keywords: automation; pumping stations; control; monitoring; management.

Развитие и внедрение вычислительной техники, программного обеспечения, средств измерений приводит к существенному увеличению информационных потоков. Это в полной мере относится к объему передаваемых технологических данных. Опыт показывает: если современное предприятие хочет постоянно развиваться и совершенствоваться, ему просто необходимо оперативно принимать правильные управленческие решения, направленные на оптимизацию технологических процессов и режимов работы оборудования. Одним из основных путей решения этих задач является автоматизация технологических процессов.

Автоматизация процессов имеет особое значение в системе водоотведения и канализации, т. к. это связано не только с процессами эффективного управления, но и, что не менее важно, с экологическими вопросами. Несмотря на высокий уровень требований к водоканалам по непрерывности подачи воды в наши квартиры и отведения стоков, уровень автоматизации на этих предприятиях не всегда соответствует современным требованиям. Однако, автоматизация на водоканалах необходима для более эффективного управления технологическим процессом добычи и транспортировки воды, т. к. это позволяет снизить затраты энергии и более эффективно распорядиться имеющимися ресурсами. Особенно это касается работы насосных станций. Внедрение систем автоматического управления технологическим процессом водоотведения и, в частности, управления насосными станциями является одним из важнейших направлений технического прогресса в области создания энергосберегающих и экологически безопасных технологий.

Канализационные насосные станции (КНС) систем водоотведения представляют собой комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий водоотведение стоков в соответствии с нуждами потребителя. Состав сооружений, их конструктивные особенности, тип и число основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования водных ресурсов и охраны природы с учетом назначения насосной станции и предъявляемых к ней технологических требований [3]. На насосных станциях автоматизируются: пуск и остановка насосных агрегатов и вспомогательных насосных установок; контроль и поддержание заданных параметров (например, уровня воды). Основным параметром

автоматизированного управления работой станции является допустимый уровень в приемном резервуаре.

Основным режимом работы автоматики КНС является автономный режим, в котором управление перекачкой бытовых стоков осуществляется без вмешательства технического и диспетчерского персонала. Для реализации этого режима в автоматике предусмотрены входы для подключения датчиков уровня стоков в сборном приемке. Обычно в комплекте поставки для одной КНС присутствует три таких датчика. Уровни, о которых сигнализируют датчики можно обозначить следующим образом:

1. «первый рабочий» — соответствует 20—35 % заполнения.
2. «второй рабочий» — соответствует 45—50 % заполнения.
3. «перелив» — аварийный уровень, при котором заполнение сборного приемка достигает 70 % и более.

Как правило, в машинном зале канализационной насосной станции имеется три насоса перекачки стоков (один из них находится в режиме «ремонт» или «техническое обслуживание») и один дренажный насос.

Автоматика управляет насосами КНС по следующему алгоритму:

1. Если уровень стоков выше уровня «первый рабочий» — автоматика включает один из насосов КНС.
2. При достижении «второго рабочего» уровня — включается ещё один насос. В итоге перекачку стоков осуществляют уже два насоса.
3. Автоматическое включение второго насоса предусмотрено и при аварийном состоянии первого насоса.
4. Если уровень стоков в сборном приемке выше уровня «перелив» — в диспетчерский пункт и на телефоны обслуживающего персонала должен отправляться сигнал аварии. Тем временем оба насоса продолжают работать.
5. Дренажный насос включается при затоплении машинного зала. При этом в диспетчерский пункт так же должен поступать аварийный сигнал [2].

Несмотря на такой высокий уровень требований к системе управления канализационных насосных станций, уровень автоматизации на большинстве КНС недостаточен и зачастую ограничивается простым регулированием уровня без сигнализации об предаварийных и аварийных ситуациях на диспетчерские пункты. Такая ситуация приводит к необходимости содержать дополнительный обслуживающий персонал, который должен периодически выезжать на КНС для визуального анализа ситуации. Управление работой КНС в «ручном» режиме ведет к дополнительным финансовым и трудовым затратам и существенно снижает оперативность реагирования

на аварийные ситуации. При этом нельзя забывать и о экологической составляющей проблемы, т. к. канализационные насосные станции являются объектами повышенной экологической опасности.

Эффективное управление работой КНС на основе применения современных средств связи и автоматики может позволить своевременно выявлять предаварийные ситуации и соответственно снизить затраты на обслуживание оборудования и более эффективно распорядиться имеющимися трудовыми и финансовыми ресурсами. Предложения по комплексной автоматизации КНС, поступающие от многочисленных фирм и институтов, очень затратны, т. к. в них заложена дорогостоящая полная замена существующей системы автоматизации.

Более приемлемым с экономической точки зрения является модернизация существующей схемы автоматизации, которая в принципе справляется с управлением КНС. Такую возможность представляет разработанный коллективом авторов комплекс АСКИР [1].

Автоматизированная система контроля и регистрации технологических параметров «АСКИР» предназначена для обеспечения "on-line" сбора, регистрации, хранения и передачи на диспетчерский пункт технической и технологической информации, а также своевременной сигнализации при внештатных отклонениях в режиме работы технологического оборудования (рис. 1). Ядром системы является центральный микропроцессор, устанавливаемый в основном блоке системы в станции управления. Модуль контроллера обеспечивает последовательный опрос и передачу данных следующих модулей: опроса и сбора данных, индикации, связи с компьютером.

Блок опроса данных обеспечивает последовательный опрос и сбор данных до восьми отдельных входов. Опрос и передача данных идут в цифровом виде, за счет чего каждый вход/выход может передавать до десяти независимых параметров.

Блок связи с персональным компьютером обеспечивает двухстороннюю связь с компьютером по последовательному интерфейсу RS-485.

Блок индикации обеспечивает передачу данных в модули индикации. Индикация позволяет визуально оценить контролируемые параметры одного из выбранных датчиков по уровню вертикальной шкалы.

Микроконтроллер представляет собой полностью интегрированную на одном кристалле систему для обработки смешанных (аналого-цифровых) сигналов.

Для передачи данных от центрального контроллера на диспетчерский пункт используется промышленный беспроводной GSM/GPRS модем Овен ПМ01. Он предназначен для удаленного обмена данными

через беспроводные системы связи стандарта GSM с оборудованием, оснащенным последовательными интерфейсами связи.

Для принятия информации от приборов КНС диспетчер должен иметь персональный компьютер и обычный USB-модем с активной SIM-картой. Вся регистрируемая информация с центрального контроллера попадает в базу данных, где сопоставляется с установленными пределами значений по каждому контролируемому параметру.

Основное окно программного обеспечения системы представлено на рис.2. Для контролируемого параметра имеется два предельных значения, соответствующие тревожному и аварийному состоянию. Тревожному состоянию параметра соответствует оранжевый цвет, аварийному — красный. В случае превышения установленного порога, система выдает на экран окно, содержащее сообщение о характере отклонения.

Внедрение системы на канализационной насосной станции позволит обеспечить значительное увеличение эффективности управления и мониторинга основными режимами. В режиме «Канализационная насосная станция» на экране компьютера отображаются уровень стоков, токи и уровень вибрации насосных агрегатов.

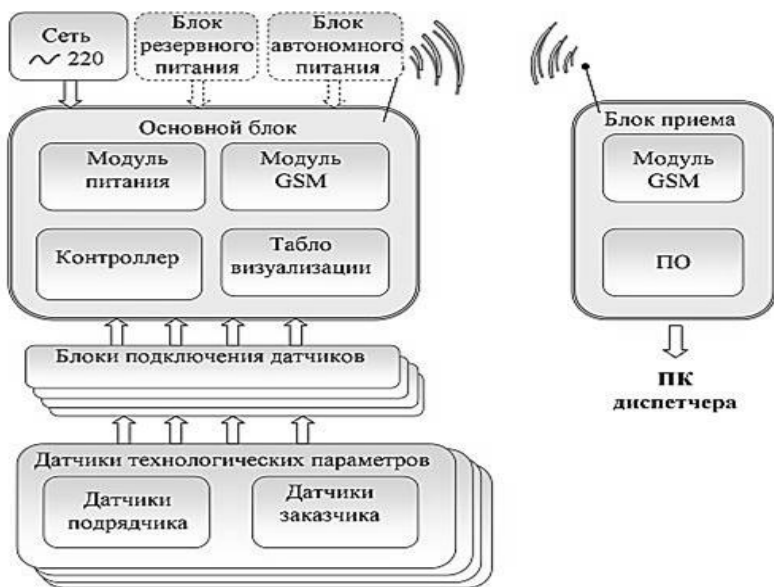


Рисунок 1. Автоматизированная система контроля и регистрации технологических параметров «АСКиР»

При этом система обеспечивает:

1. мониторинг и учет выходных параметров насосных агрегатов КНС;
2. индикацию уровня воды в накопительном резервуаре и машинном зале насосной станции;

Обоснование применения системы АСКИР:

1. быстрая и достоверная диагностика состояния объектов, разбросанных на большой территории,
2. отказ от использования дорогих самописцев на объектах, расходов на их обслуживание и расходных материалов к ним;
3. круглосуточный компьютерный контроль за технологическими процессами;
4. контекстные подсказки оператору в аварийных ситуациях;
5. компьютерный анализ всех параметров работы оборудования и предупреждение оператора о подходе значений параметров к границе опасной зоны;

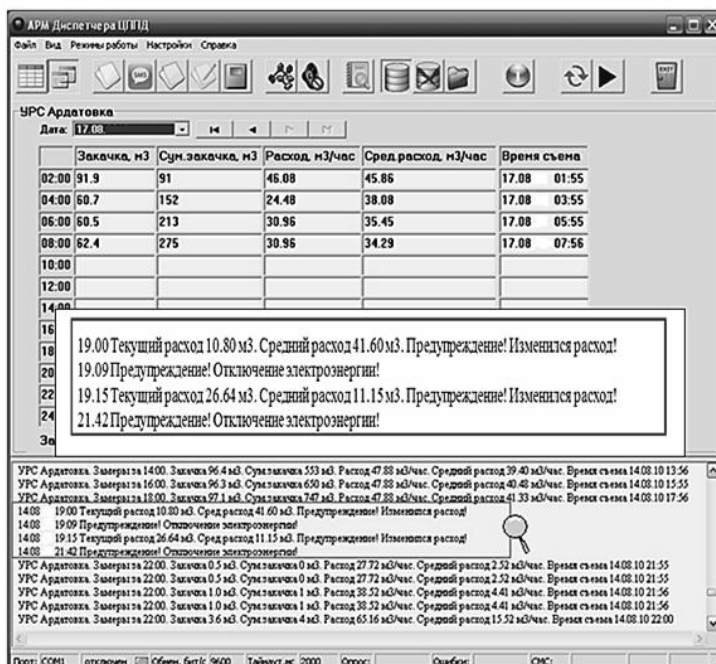


Рисунок 2. Основное окно: сообщение о превышении порогового значения

6. возможность ретроспективного анализа важнейших параметров для принятия решения о плановом ремонте или замене части оборудования;

7. центральный компьютер диспетчера беспристрастно записывает поминутные графики изменения измеряемых величин, ведет журнал событий и команд с четкой персонализацией и последующей ответственностью дежурного персонала и диспетчеров;

8. возможность расширения уже существующих систем контроля (увеличение числа контролируемых параметров на объекте, подключение любых других объектов);

Выводы: Внедрение блока АСКИР в систему автоматизации канализационных насосных станций увеличивает надёжность системы, повышает оперативность управления, снижает затраты на обслуживание технологического оборудования.

Список литературы:

1. Галеев А.С., Сулейманов Р.Н., Арсланов Р.И. и др. Повышение эффективности эксплуатации СШНУ. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2012. 126 с.
2. Попкович Г.С., Кузьмин А.А. Автоматизация систем водоснабжения и канализации. — М.: Стройиздат, 1983. 151 с.
3. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Калицун В.И. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Стройиздат, 1996. — 591 с.

АДАПТАЦИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СЕМАНТИЧЕСКОГО ВЕБ В ОБРАЗОВАНИИ

Мельникова Нина Ивановна

*д-р социолог. наук, профессор Саратовского государственного
технического университета им. Гагарина Ю.А.,
г. Саратов
E-mail: melnikovani@gmail.ru*

Вагарина Наталия Сергеевна

*канд. физ.-мат. наук, доцент Саратовского государственного
технического университета им. Гагарина Ю.А.,
г. Саратов
E-mail: v-n-s@yandex.ru*

THE ADAPTATION OF FOREIGN EXPERIENCE OF SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES IN EDUCATION

Natalia Vagarina

*candidate of Science, associate professor of Gagarin Saratov State
Technical University,
Saratov*

NinaMelnikova

*doctor of Science, professor of Gagarin Saratov State Technical University,
Saratov*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается зарубежный опыт применения технологий семантического Веб в образовании на конкретных проектах Ensemble и Linked Education.org. Обосновывается необходимость выпуска серии информационно-аналитических материалов, представляющих и обобщающих зарубежный опыт в этой области. Продуктивно использованный зарубежный опыт позволит актуализировать университетские учебные планы, создавать рабочие программы дисциплин

по выбору, и в конечном итоге формировать профессиональные компетенции в области семантических технологий.

ABSTRACT

The article deals with the foreign experience of applying Semantic Web technologies in education. We examine some projects, such as Ensemble and Linked Education.org. We explain the need to issue the information and analytical materials about foreign experience in semantic web technologies. The international experience would mainstream university curricula.

Ключевые слова: семантические технологии, связанные данные, словари, онтологии.

Keywords: semantic technologies, linked data, vocabularies, ontologies.

В последнее время научное сообщество признает, что использование пространства Веб в научных и образовательных целях не приносит желаемых результатов в силу огромного количества плохо структурированной, разрозненной, не всегда адекватной и релевантной информации. Это является одной из причин резко усилившегося роста исследований в области развития так называемых технологий семантического Веб. К сожалению, в России практически отсутствуют проекты и программы, посвященные исследованию этой темы. Однако западный опыт показывает, что возможности семантических технологий несут в себе много преимуществ по сравнению с традиционным Веб.

На настоящий момент назрела острая необходимость проектной деятельности в области семантических технологий в России, подобно тому, как это происходит во всех странах Европы, США, Канады, Индии и др. Представляется целесообразным выпуск серии информационно-аналитических материалов, представляющих и обобщающих зарубежный опыт в этой области.

В образовании применение семантических технологий используется достаточно давно и успешно. Учитывая значимость мультимедийных образовательных ресурсов, прежде всего, необходимо использовать семантические подходы к организации такого типа данных. В частности большой интерес представляет использование новых методов представления мультимедийных образовательных ресурсов [4, 5].

Применяемые семантические инструменты могут быть классифицированы следующим образом:

- инструменты совместного создания и аннотации документов, включая семантические wiki (AceWiki, Cicero, Mymory, Kiwi, Compendium, Debategraph, PROWE и др.);
- инструменты поиска семантической информации (Swoogle, VisiNav, Twine, Watson, ArnetMiner и др.);
- репозитории и виртуальные обучающие среды, которые импортируют/экспортируют их данные в семантические форматы (Freebase, DBpedia, Project Gutenberg, MyExperiment и др.);
- репозитори научных ресурсов, которые могут представлять метаданные в RDF (DSpace, EPrints и др.);
- инструменты и сервисы, которые позволяют публиковать базы данных в интероперабельных семантических форматах (D2R Server, TALIS, Virtuoso, RKBexplorer, Yahoo! SearchMonkey и др.).

Одним из наиболее масштабных проектов по исследованию возможностей применения технологий семантического Веб в образовании является проект Ensemble (Великобритания) [2]. Проект “Ensemble: Semantic Technologies for the Enhancement of Case Based Learning” является одним из восьми проектов, совместно финансируемых ESRC (Economic and Social Research Council, Британский Совет экономических и социальных исследований) и EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council, Британский Совет инженерных и физических научных исследований) в рамках программы Teaching and Learning Research Programme (TLRP, Программа преподавания и обучения Совета по экономическим и социальным исследованиям). Этот научно-исследовательский проект начал работу в октябре 2008 года, серия последующих проектов началась в 2011 и 2012 годах.

Целью проекта было исследование возможностей использования и потенциала появившихся технологий семантического Веб и связанных данных в поддержке преподавания в сложных и быстро развивающихся областях. В рамках проекта изучался ряд вопросов. Например, как преподаватели и учащиеся проектируют, разрабатывают, описывают и реконструируют учебные материалы, и как эти процессы способствуют академическим и профессиональным результатам? Каковы возможности использования семантических веб-технологий с точки зрения преподавания? Какие новые инструменты могут быть разработаны, чтобы позволить пользователям (учащимся, учителям, исследователям) получать доступ, адаптировать и управлять различными образовательными ресурсами? Каковы теоретические

основы для исследования технологий обучения и формирования междисциплинарных связей в областях, которые находятся в состоянии постоянного изменения?

Проект Ensemble вносит вклад в развитие образования в целом, в развитие компьютерных наук и смежных областей знаний, например лингвистики. В ходе проекта были исследованы и расширены представления об изучении разных дисциплинарных областей — от чистой науки до исполнительских видов искусства (драма, музыка, танцы). Семантические технологии, примененные к созданию и структурированию учебно-методических материалов, позволили выделить наиболее подходящие методы для преподавания конкретных дисциплин и особенности структурирования учебной информации для разных дисциплин. Также проект продемонстрировал совместное использование цифровых архивов и семантических хранилищ данных в формате RDF-триплетов для поддержки преподавания и обучения. Это способствовало развитию хранилищ RDF-триплетов, созданию соответствующего программного обеспечения и появлению семантических стандартов.

Результаты, полученные в проекте, способствуют созданию и внедрению очередной версии DDI (Data Documentation Initiative) [1]. DDI — это инициатива, целью которой является создание международного стандарта для описания данных из социальных, поведенческих и экономических наук. Стандарт DDI поддерживает описание всего жизненного цикла исследовательских данных от технического задания для исследования до хранения полученных и обработанных данных.

Также в рамках проекта были разработаны инструменты, которые позволили преподавателям и студентам из различных дисциплинарных областей принимать совместное участие в проектировании, создании и оценке новых веб-инструментов, применяемых в изучении междисциплинарных областей знаний.

Одним из проектов, разработанных в рамках Ensemble является “The Semantic Kitten”. Демонстрационный пример этого проекта возник как часть исследования Ensemble в области современного танца. Он объединил Семантический Веб и интернет-видео, связав позиции головки воспроизведения видео с соответствующими ключевыми словами. В результате из видео могут автоматически выбираться и проигрываться фрагменты, соответствующие заданным ключевым словам. В качестве примера типовое видео с YouTube о котенке было связано с некоторыми данными относительно игрушек котенка. Семантически было описано, какие игрушки использовались

в каждой части видео, таким образом, были связаны такие понятия, как «корзина», «шар» и «шерсть» и временные периоды в пределах продолжительности видео. В соответствии с семантическими принципами описания данных, полученные связанные отношения могли быть рассмотрены в любом направлении: выбрав игрушку (например, «шар») можно сразу попасть на соответствующие фрагменты в видео, и наоборот. Для использования в области современного танца основная задача, которая решается за счет этой технологии — возможность найти моменты в пределах видео репетиции, касающихся определенных движений танца.

Еще один интересный проект Ensemble — Plant Evolution Timeline (Хронология эволюции растений). Он был разработан в Кембриджском университете для поддержки преподавания и изучения разнообразной и сложной области, касающейся эволюции растений. При изучении этого вопроса от студентов требуется понимание широкого спектра данных, поскольку они исследуют отношения между глобальными условиями, местными экологическими условиями, физиологией растений и молекулярной биологией. Приложение изначально было разработано с использованием приложения Timeplot SIMILE в качестве основы, но затем трансформировалось в гораздо более сложное и обширное семантическое веб-приложение.

В рамках еще одного проекта Ensemble Education Studies Timeline (История образования) разработано два приложения для использования студентами в университете Джона Муреса (Ливерпуль). Первый из них был разработан, чтобы представить студентам визуализацию жизней и работ известных ученых в области образования, с трудами или идеями которых они сталкиваются при изучении истории, философии и социологии образования. Второе приложение более масштабно, оно объединило более широкий диапазон данных, включая сведения об ученых, различные исторические данные, коллекции изображений, видео, экономические и демографические индикаторы. В настоящий момент студентам предоставляется три возможности: просмотр источников данных; просмотр отобранных наборов данных от различных источников (включая данные, созданные учителями на курсе), каждый из которых может быть рассмотрен и изучен отдельно; просмотр 3 или 4 из отобранных наборов данных в сравнении (исторический временной аспект, образцы, тенденции и пр.).

Представляет интерес открытая платформа, нацеленная на дальнейшее продвижение использования связанных данных и семантических технологий в образовательных целях — Linked

Education.org [3]. Подход связанных данных дал основу для развития стандартов W3C, например RDF, развился как общий стандарт для того, чтобы разделить данные в Сети и привел к огромному количеству публично доступных наборов данных. Однако применение данного подхода при работе с образовательными ресурсами находится на начальной стадии. Одной из основных целей Linked Education.org является идентификация лучших методов работы со связанными данными, определение потенциальных связи между отдельными ресурсами, привлечение так называемых ранних адептов [6, с. 23]. Форум в рамках данного ресурса позволяет исследователям и практикам в областях образования и семантических технологий делиться информацией и обсуждать вопросы создания, использования связанных наборов данных и выявления лучших методов работы с ними. Linked Education.org является открытой платформой, объединяющей ведущих специалистов в области семантических технологий из Исследовательского центра L3S (Германия), Открытого университета Великобритании, университета Атабаска и университета Симона Фрейзера (Канада). Спонсорами проекта являются представители ведущих университетов Германии, Великобритании, Италии, Швеции. На сайте проекта представлен список онтологий и словарей, которые используются в образовательных контекстах. Например, онтология «Bowlogna ontology», определяющая основные понятия и условия, связанные с болонским процессом, онтология «Academic Institution Internal Structure Ontology» обеспечивающая схему для описания внутренней организационной структуры академического учреждения и другие (всего представлено 17 онтологий и словарей).

Обзор, приведенный в данной статье, показал, что накоплен уже достаточно большой зарубежный опыт использования семантических технологий не только в области образования, но и в других сферах. Необходимость развития в одном ритме с ведущими зарубежными университетами требует формировать новые образовательные профили в подготовке специалистов по информатике и вычислительной технике. Продуктивно использованный зарубежный опыт позволит актуализировать университетские учебные планы, создавать рабочие программы дисциплин по выбору, и в конечном итоге формировать профессиональные компетенции в области семантических технологий.

Список литературы:

1. Проект Data Documentation Initiative [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ddalliance.org/> (дата обращения 16.07.2013).
2. Проект Ensemble [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ensemble.ac.uk/wp/> (дата обращения 16.07.2013).
3. Проект Linked Education [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://linkededucation.wordpress.com/>(дата обращения 16.07.2013).
4. Сытник А.А., Вагарина Н.С., Мельникова Н.И. Онтологическое описание мультимедийных ресурсов в контексте технологий семантического веб // Вестник СГТУ. 2011. № 4 (60). Выпуск 2. С. 202—207.
5. Сытник А.А., Вагарина Н.С., Мельникова Н.И. Технологии семантического веб доступа к мультимедийным активам // Вестник СГТУ. 2011. № 4 (60). Выпуск 2. С. 207—212.
6. Everett M. Rogers, Diffusion of Innovations, Fifth Edition 2003, Free Press, New York, p. 221.

СЕКЦИЯ 3.

ЭЛЕКТРОНИКА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Литвинова Марина Николаевна

*младший научный сотрудник каф. РЭТЭМ ТУСУР,
г. Томск*

E-mail: litvinova-m-n@yandex.ru

Солдаткин Василий Сергеевич

*старший преподаватель каф. РЭТЭМ ТУСУР,
г. Томск*

E-mail: issledowatel86@mail.ru

Туев Василий Иванович

*д-р техн. наук, Заведующий каф. РЭТЭМ ТУСУР,
г. Томск*

E-mail: tvi_retem@main.tusur.ru

STREET LIGHTING DESIGNING

Marina Litvinova

*junior Research Fellow Department. RETEM TUSUR,
Tomsk*

Vasily Soldatkin

*senior Lecturer of Department. RETEM TUSUR,
Tomsk*

Vasily Tuev

*phD, Head of Department. RETEM TUSUR,
Tomsk*

АННОТАЦИЯ

Авторами в программе DIALux проведено проектирование освещения дорожного полотна, которое явилось сравнением коэффициентов равномерности освещенности дорожного полотна при различных углах расположения светильников-аналогов. В результате моделирования было выявлено, что при увеличении угла расположения светодиодных светильников-аналогов коэффициент равномерности освещенности К_{р.о.} увеличился на 15 %. Проектирование световой части светильника, расчет его светового потока произведены в среде проектирования TracePro.

ABSTRACT

The authors have used the DIALux software to generate a road lighting simulation, which was used to compare the uniformity ratios of road surface luminance for analogue luminaires located at different angles. The simulation made it possible to conclude that a bigger angle of the analogue luminaire increases the luminance uniformity ratio by 15 %. TracePro was used to simulate the light-emitting part of the luminaire and calculate its luminous flux.

Ключевые слова: светодиод, светодиодное освещение, уличное освещение, светодиодный уличный светильник, электролюминесценция, проектирование освещения, органические светодиоды, коэффициент равномерности освещенности.

Keywords: LED, LED-light, street-lighting, LED street lamp, electroluminescence, lighting designing, OLED, the coefficient of illumination uniformity.

Светильники бывают для наружного освещения с лампами накаливания или газоразрядными лампами, предназначенные для освещения улиц, дорог, площадей, транспортных туннелей и развязок, пешеходных переходов, открытых пространств производственного назначения, а также для функционально-декоративного освещения скверов, парков и бульваров, изготавливаемые для нужд народного хозяйства и на экспорт [3].

Революцией в области освещения стало развитие инновационных светодиодных технологий, представленных мировыми производителями светодиодов такими, как *Cree Lighting* (США), *OSRAM Opto Semiconductor* (Германия), *Philips Lumileds Lighting* (США), *Nichia* (Япония). Прорыв осуществился благодаря тому, что в 1928 году *Лосев О.В.* опубликовал результаты своих исследований явления электролюминесценции, заключающегося в излучении фотонов

твердым телом под воздействием электрического тока [9]. Само появление и исчезновение свечения в SiC-диодах было обнаружено *О.В. Лосевым* в начале XX при изучении кристаллических детекторов на основе карбида кремния SiC, названного карборундом, которое лежит в основе принципа действия светодиода.

Светодиод (СД) — это полупроводниковый прибор с p-n переходом, который излучает фотоны при прямом смещении. Эффект излучения света называется инжектированной электролюминесценцией и происходит, когда неосновные носители заряда рекомбинируют с носителями противоположного типа в запрещенной зоне. Длина волны излучаемого света определяется в основном выбором используемых полупроводниковых материалов.

Преимущества светодиодов перед всеми остальными светильниками-аналогами трудно переоценить. Основными из них являются: высокая эффективность, высокая мощность излучения, хорошая цветопередача, высокая надежность, низкая стоимость производства и безопасность для окружающей среды. Также плюсами использования светодиодных осветительных устройств можно назвать:

- экономичность и световая эффективность. Светодиоды по потребляемой энергии экономичней ламп накаливания в 8—10 раз, люминесцентных ламп — в 1,5—2 раза;
- большая светоотдача. Светоотдача ламп — 50—150 Лм/Вт — сравнима со световой отдачей ламп накаливания мощностью 75—100 Вт;
- более качественная цветопередача. Большинство эффективных светодиодов имеют высокую цветовую температуру, часто выше 5000 К и испускают «холодный белый» свет;
- излучение СД близко к монохроматическому, имеется широкий набор СД различных цветов, что позволяет использовать СД в различных устройствах и получать любой цвет излучения сочетанием разных СД;
- высокая устойчивость СД к механическим воздействиям и работоспособность в широком диапазоне температур;
- высокий КПД. Такие компании, как Cree, Nichia достигли уровня КПД 50 % при производстве белых светодиодов;
- срок службы. Минимальное время работы светодиодных ламп, заявленное производителями, 30000 часов, т. е. более трех лет непрерывной работы, что в 30 раз дольше, чем у ламп накаливания. Заявленный срок работы некоторых светодиодных ламп более 100 тысяч часов. Типично все производители указывают 50000 часов;

- безопасность. Светодиодные лампы не требуют специальной утилизации и транспортировки, они безвредны для окружающей среды;
- отсутствие вредных материалов. СД не содержат экологически вредных компонентов (типа ртути в люминесцентных лампах); не имеют разбивающихся стеклянных баллонов, необходимых в лампах накаливания.

Существующим светодиодам присущи все эти свойства, что позволяет им успешно конкурировать с традиционными осветительными устройствами, такими как флуоресцентные лампы и лампы накаливания.

К недостаткам светильников на базе светодиодов можно отнести необходимость специализированного источника питания и охлаждения.

Особой категорией полупроводниковых осветительных приборов можно считать уличные светильники, поскольку в данном случае добавляется еще необходимость учитывать влияние погодных условий: высокие и низкие температуры окружающей среды, осадки, ветер и пр.

Далее предлагается сравнительная таблица характеристик светодиодных источников света мировых брендов полупроводниковых осветительных устройств [4, 5, 6, 7].

Таблица 1.

Сравнительные характеристики светодиодных источников света мировых брендов полупроводниковых осветительных устройств Cree Lighting, OSRAM Opto Semiconductor, Philips Lumileds Lighting, Nichia

	Характеристики			
	Индекс цветопередачи (R_a)	Светоотдача, Лм/Вт	Угол излучения, °	Цветовая температура, К
Cree Lighting	80	130—140	115	4700—5300
OSRAM Opto Semiconductor	не менее 80	108	140	2700—5000
Philips Lumileds Lighting	80	110	120	2700—5000
Nichia	92	160	120	2500—11000

Однако прогресс не стоит на месте, в том числе и в области светодиодных осветительных приборов.

Началом светодиодной революции можно считать 1996 год. Светодиоды — монохроматические источники света, однако на их основе можно получать источники белого света, что доказал японский инженер компании Nichia Суджи Накамура, когда первым создал светодиод белого цвета. Это послужило толчком к использованию в осветительных системах принципиально нового, высокоэффективного источника света.

Существует три способа получения СД белого свечения. Первый — метод RGB — смешение излучения трех СД, имеющих определенные длины волн в красной, голубой и зеленой областях. Второй — смешение голубого излучения СД с излучением широкополосного желто-оранжевого люминофора или двух люминофоров — зеленого и красно-оранжевого, возбуждаемых излучением СД. Третий — смешение излучения трех люминофоров (RGB), возбуждаемых ультрафиолетовым СД. Каждый способ имеет свои достоинства и недостатки [4].

Для белых светодиодов достигнуты следующие характеристики: светоотдача — 15—22 Лм/Вт при мощности прибора до 5 Вт, коэффициент цветопередачи $R_a=80-85$, срок службы 100000 часов или 11 лет непрерывной работы.

Моделирование уличного освещения

На рис. 1 показаны три максимума на дорожном полотне от трёх матриц в светодиодном модуле.

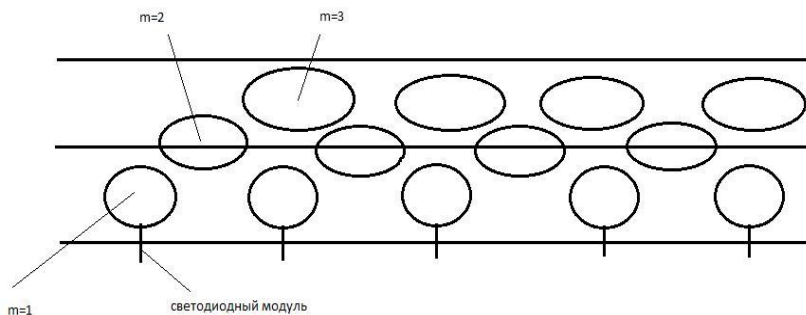


Рисунок 1. Чертеж спроектированного освещения дорожного полотна с помощью светодиодного модуля

В программе Dialux (программа для расчёта и проектирования освещения) было доказано, что данный модуль обеспечивает освещённость дорожного покрытия, удовлетворяющего действующему

ГОСТ 17677-82 по СНиП 23-05-95. При перегорании одного из модулей, соседние два возмещают его по качеству освещённости дорожного полотна. Это доказано с помощью программы Dialux.

На рис. 2 а) и б) представлены варианты расположения светильников-аналогов. Нижеприведенные рисунки являются доказательством того, что максимальная равномерность освещения дорожного покрытия достигается при расположении светильников-аналогов, расположенных под углом к кромке дороги.

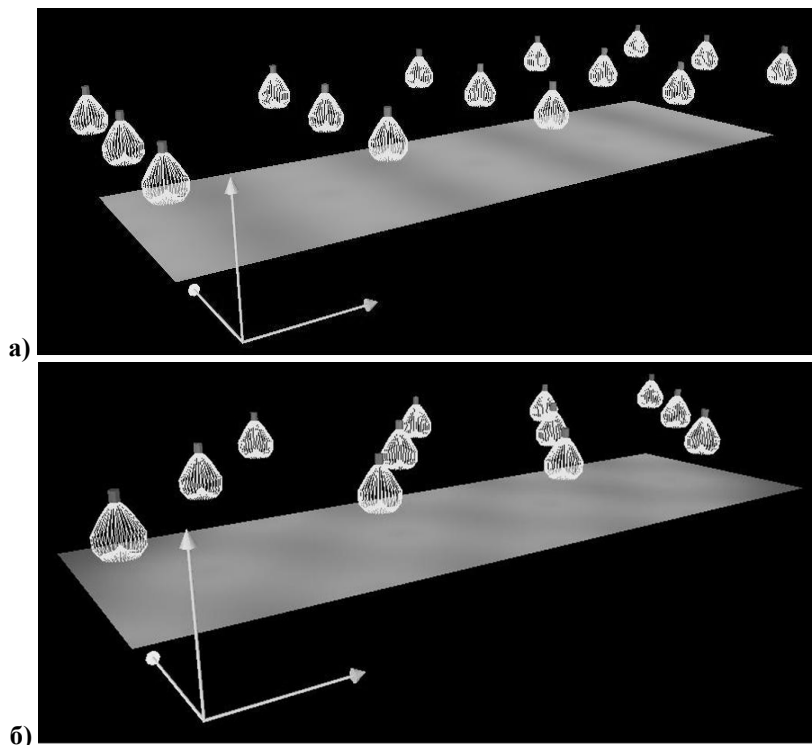


Рисунок 2. Исследуемые варианты расположения светильников над проезжей частью: а) расположение светильников-аналогов перпендикулярно к кромке дороги, б) расположение светильников-аналогов под углом, большим 90° к кромке дороги

Под существующую задачу в программе TracePro был смоделирован светильник с тремя светодиодными матрицами. Диаграмма направленности такого светильника представлена на рис. 3.

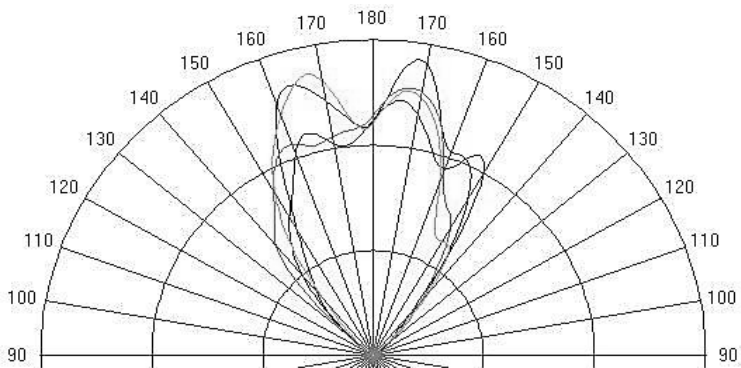


Рисунок 3. Кривые силы света светильников

Как видно из рис. 3 угол рассеивания с линзой равен 80° . На рисунках 4—7 показано моделирование световой части светильника (в TracePro):

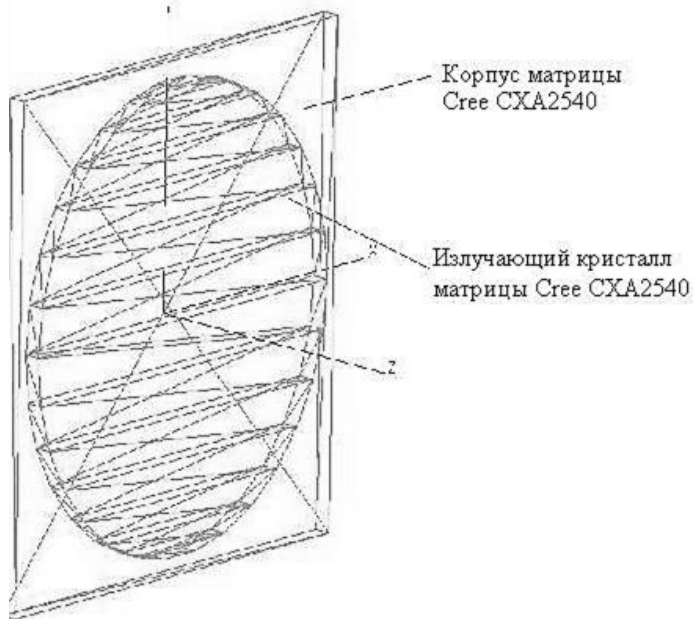


Рисунок 4. Пространственная модель матрицы CreeCXA2540, смоделированной в программе TracePro

- Моделирование матрицы Cree со всеми её параметрами.

После моделирования светодиодной матрицы был спроектирован конусообразный отражатель, с параметрами отражения (Perfectmirror) идеального зеркала.

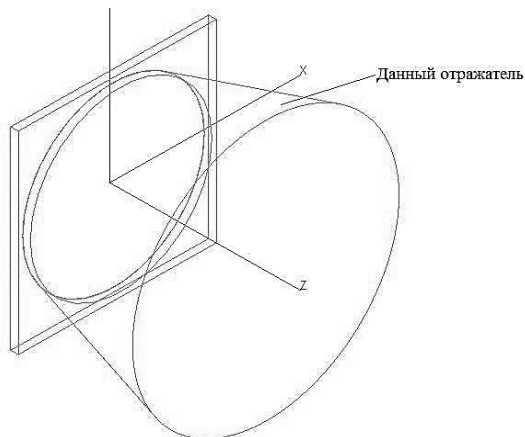


Рисунок 5. Эскизный чертеж матрицы с отражателем

В данную матрицу с отражателем для уменьшения угла рассеивания была вставлена двояковыпуклая линза.

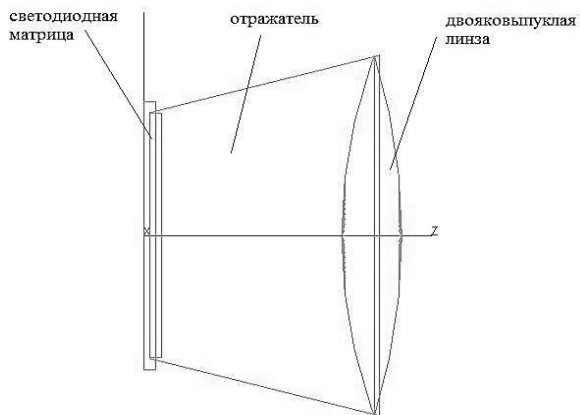


Рисунок 6. Конструкция светодиодной матрицы с отражателем и двояковыпуклой линзой

Светодиодный модуль, состоящий из трёх светодиодных матриц, представлен на рис. 7.

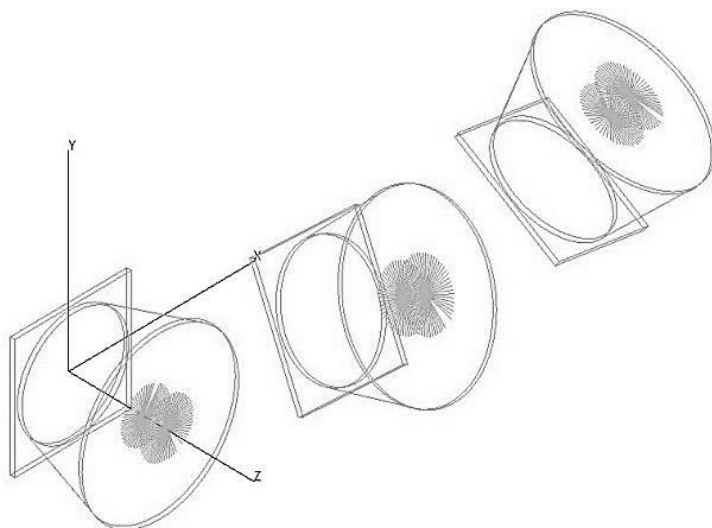


Рисунок 7. Расположение светильников

В результате моделирования были получены желаемые характеристики, а именно: в светодиодной матрице было достигнуто значение угла рассеиваемого излучения не более 80° .

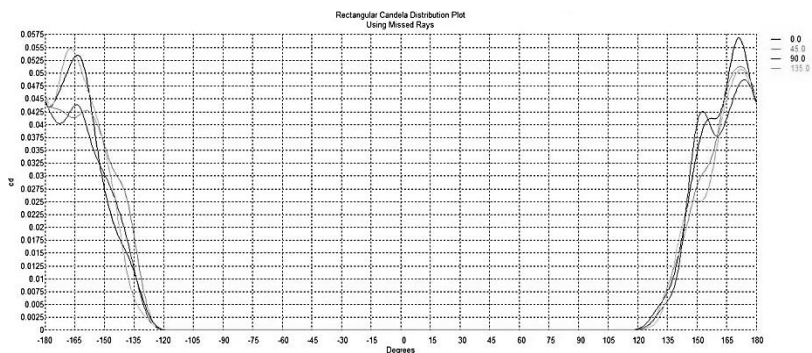


Рисунок 8. График рассеяния света данной матрицы

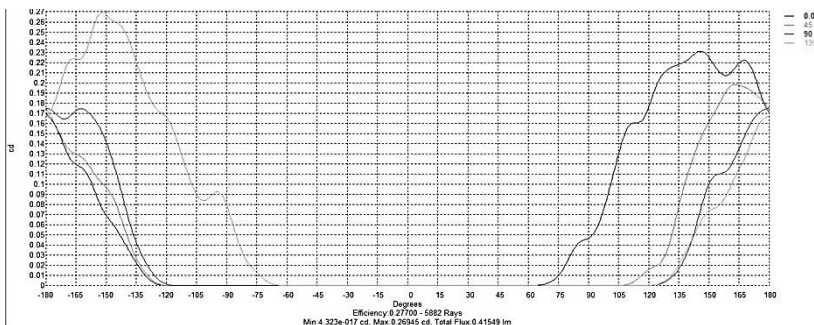


Рисунок 9. График рассеяния света светильника

Сформировав светодиодный модуль (светильник), добились направленного распределения света, который удовлетворяет по рассеиванию ГОСТ 17677-82 [2, 8].

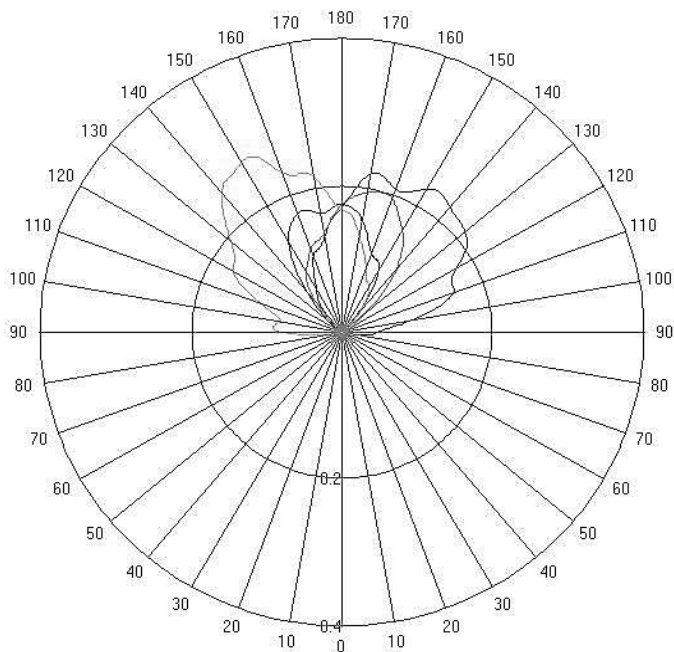


Рисунок 10. Диаграмма рассеяния света в полярной системе координат

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования, было установлено, что с линейным увеличением угла расположения светильников-аналогов в горизонтальной плоскости относительно оси, перпендикулярной краю дороги, коэффициент равномерности освещенности $K_{p.o.}$ также линейно возрастает в пределах от 3 до 4,5, что позволяет получить требуемую диаграмму направленности светильника.

Список литературы:

1. Вилисов А., Калугин К., Солдаткин В., Перминова Е. Белые светодиоды // Полупроводниковая светотехника. — 2012. Т. 4. — № 18. — С. 14—17.
2. Выпускная квалификационная работа П.В. Маломуж. — 2013. — 114 с.
3. ГОСТ 8045-82. Светильники для наружного освещения. Общие технические условия. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 9 с.
4. Официальный сайт фирмы Cree [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.cree.com/> (дата обращения 09.07.2013).
5. Официальный сайт Lumiled-Philips [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.philipslumileds.com/> (дата обращения 09.07.2013).
6. Официальный сайт фирмы Nichia [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.nichia.co.jp/en/about_nichia/index.html (дата обращения 09.07.2013).
7. Официальный сайт Osram [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.osram.ru/osram_ru/ (дата обращения 09.07.2013).
8. Серебренникова И.В., Маломуж П.А., Солдаткин В.С., Туев В.И. Моделирование световых характеристик светодиода для систем освещения // Технические науки — от теории к практике. — 2013. — № 21. — С. 174—179.
9. Шуберт Ф. Светодиоды/ Пер. с англ. Под ред. А.Э. Юновича — 2-е издание. — М. ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 496 с.

СЕКЦИЯ 4.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ В ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВАХ И КОНТРОЛЬ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Чепчуров Михаил Сергеевич

*д-р техн. наук, проф, БГТУ им. В.Г. Шухова,
Белгород, Россия,
E-mail: avtpost@mail.ru*

Горбачев Игорь Александрович

*аспирант, БГТУ им. В.Г. Шухова,
Белгород, Россия,
E-mail: Gorbachev-Igorek@ya.ru*

TECHNOLOGY OF PROCESSING OF OPENINGS IN HEAT RESISTING ALLOYS AND CONTROL OF THE ROUGHNESS OF THE SURFACE

Chepchurov Mikhail Sergeyevich

*dr. Sc. science, professor BSTU V.G. Shukhova,
Belgorod, Russia*

Gorbachev Igor' Alexzandrovich

*graduate student BSTU V.G. Shukhova,
Belgorod, Russia*

АННОТАЦИЯ

Рассматривается протягивание как способ повышения качества и восстановления отверстий малого диаметра в жаропрочных сплавах. Применение для контроля шероховатости специального устройства.

ABSTRACT

The drawing as a way of improvement of quality and restoration of openings of small diameter in heat resisting alloys is considered. Application for control of a roughness of the special device.

Ключевые слова: протягивание; жаропрочный сплав; отверстие; устройство бесконтактного определения шероховатости отверстия.

Keywords: drawing; heat resisting alloy; opening; device of contactless definition of a roughness of an opening.

Получение отверстий малых диаметров в ответственных деталях из твердых или жаропрочных сплавов имеет ряд определенных особенностей.

Чем сложнее задача обработки элементов деталей механическим способом (высокие физико-механические свойства материала, малые размеры полостей, острые углы наклона оси отверстий к поверхности детали) тем более целесообразно применять отличные способы.

В настоящее время для обработки отверстий малых диаметров в труднообрабатываемых сплавах существует несколько распространенных методов: электроэрозионная обработка, лазерная обработка; гидроабразивная резка; электрохимическая обработка и т. д. [3].

Поэтому сегодня перед специалистами стоит задача изыскания новых высокоэффективных процессов электроэрозионной обработки.

Электроэрозионная обработка является дорогостоящей. Рассмотрим возможность применения сверления отверстий малого диаметра с последующим доведением или восстановлением поверхности при помощи специальной режущо-деформирующей протяжки.

Сущность гибкой протяжки заключается в том, что она содержит гибкий вал-трос с установленными на нём рабочими элементами, имеющими стружкоразделительные канавки расположенные в шахматном порядке, связанными по торцам между собой за счет соответствующих друг другу по форме и размерам выступов и впадин. Протяжка снабжена деформирующим элементом, размещенным после последнего рабочего элемента и выполненным в виде шарика усеченного по двум параллельным плоскостям. Материал гибкого вала-троса выбирается с учетом силы резания.

Задачей, на решение которой направлена полезная модель, является создание устройства позволяющего повысить качество обрабатываемой поверхности за счет снижения шероховатости, и исправления отклонения формы, а так же повысить эффективность производства за счет возможности сбора стружки в процессе обработки.

Поставленная задача решается за счет того, что стружкоразделительные канавки располагаются в шахматном порядке и протяжка снабжена деформирующим элементом, размещенным после последнего рабочего, выполненным в виде шарика усеченного по двум параллельным плоскостям, при этом все рабочие и деформирующий элементы связаны между собой за счет соответствующих друг другу по форме и размерам выступов и впадин, а материал гибкого вала-троса выбирается с учетом зависимости $P_{пр} < \sigma_{доп} < P_{рез}$.

Предлагаемая протяжка, предназначена для протягивания фильер в устройствах для получения базальтовых волокон, диаметр которых находится в пределах 2—0,8 мм. В связи с большим гидростатическим давлением и высокой температурой расплава базальта, из которого получают волокно, устройство для получения базальтовых волокон изготавливают из драгоценных и редкоземельных материалов, например сплава ПлРд-20ДУ [1].

Первоначально в устройстве для получения базальтовых волокон, которое представляет собой плиту с фильерами (сквозными отверстиями) после сверления, фильеры обрабатывают протягиванием. Затем в процессе изготовления базальтового волокна изменяется форма и шероховатость внутренней поверхности фильер, что приводит к ухудшению качества волокна.

Используя предлагаемую протяжку можно восстановить состояние поверхности фильеры, его форму, изменить диаметр и в дальнейшем получать волокно требуемого качества и диаметра.

Повышение качества обрабатываемой поверхности выражается в снижении шероховатости и исправлении формы поверхности. Снижение шероховатости достигается за счет наличия деформирующего элемента, который в процессе протягивания «сглаживает» выступы шероховатости, остающиеся после режущих элементов. Кроме того, совокупность конструктивных признаков: гибкость вала-троса и наличие связи между элементами за счет соответствующих друг другу по форме и размерам выступов и впадин на торце каждого элемента обеспечивают исправление криволинейности оси фильеры (отклонения формы).

В связи с тем, что материал обрабатываемой детали, сплав драгоценных и редкоземельных элементов, имеющий высокую

стоимость, необходим возврат материала после обработки, что обеспечивается конструктивными особенностями выполнения деформирующего элемента и расположением стружкоразделительных канавок режущих элементов в шахматном порядке.

Выбор материала вала-троса определяется по следующей зависимости $P_{\text{пр}} < \sigma_{\text{доп}} < P_{\text{рез}}$, где $P_{\text{пр}}$ — усилие протягивания резания; $\sigma_{\text{доп}}$ — допустимое усилие на разрыв вала; $P_{\text{рез}}$ — сила резания. Это дает возможность получить оптимальное значение $\sigma_{\text{доп}}$ и выбрать материал вала-троса.

Контроль шероховатости обрабатываемой поверхности осуществляем с помощью специального устройства [4].

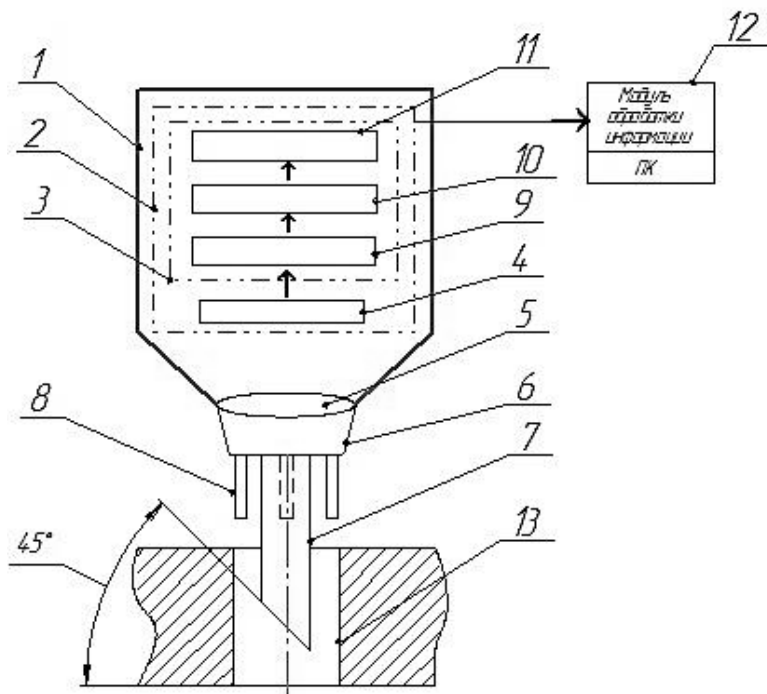
Устройство бесконтактного определения шероховатости отверстий содержит корпус с расположенной в нём оптической системой. Оптическая система включает в себя электронный блок электрически связанный с матрицей с положительно-зарядной связью. В корпусе на его торце установлен объектив, к нему через переходник закреплен световод, рабочий торец которого имеет срез под углом 45° . На кольцевом торце переходника равномерно размещены осветители, в количестве не менее 3-х штук. Электронный блок состоит из видеусилителя и связанного с ним аналого-цифрового преобразователя с контроллером последовательного действия. Электронный блок последовательно соединён с модулем обработки информации о микрорельефе [2].

Принцип действия устройства бесконтактного определения шероховатости отверстий, заключается в следующем: световой поток 8 от осветителей (рис. 1), размещенных на кольцевом торце переходника, падает на поверхность 13. Равномерное расположение осветителей 8 обеспечивает наиболее точное освещение внутренней поверхности 13. Кроме того, их количество не менее трех дает возможность идентифицировать поверхность 13. Через световод 7 рабочий торец, которого имеет срез под углом 45° , необходимый для преломления света и объектив 5 на поверхности матрицы 4 с положительной зарядовой связью формируется изображение микрорельефа внутренней поверхности отверстия [5].

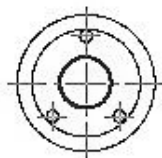
Матрица с положительной зарядовой связью образует изображение микрорельефа в электрический сигнал, который обрабатывается электронным блоком 3, содержащим видеусилитель 9 и аналого-цифровой преобразователь 10 с контроллером последовательного действия 11. Контроллер последовательного действия передаёт через модуль обработки информации 12 данные об изображении микрорельефа поверхности в компьютер, который с помощью специального

программного обеспечения, по фрактальным зависимостям, идентифицирует микрорельеф и определяет величину микронеровностей на внутренней поверхности отверстия, и отображает на экране её числовое значение [4; 6].

Устройство бесконтактного определения шероховатости отверстий



$\Phi_{1/2} 1$



$\Phi_{1/2} 2$

Рисунок 1. Устройство бесконтактного определения шероховатости поверхности

Таким образом, целесообразно применять для обработки глубоких отверстий в жаропрочных сплавах, сверление с последующим протягиванием, а контроль шероховатости внутренней поверхности отверстий с заданной точностью осуществлять прибором предложенным авторами статьи.

Список литературы:

1. Горбачев И.А., Чепчуров М.С., Богданова Т.В. Гибкая протяжка для обработки отверстий малого диаметра. — патент на полезную модель RUS 123357, 11.04.2012 .
2. Егунов О.В., Чепчуров М.С. Устройство бесконтактного измерения шероховатости поверхностей деталей сложной формы // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2010. — № 4 Т. 5. — С. 24а—25.
3. Чепчуров М.С., Горбачев И.А. Обработка отверстий малых диаметров в жаропрочных сплавах // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2012. — № 10. — С. 06—10.
4. Чепчуров М.С., Архипова Н.А., Горбачев И.А. Устройство бесконтактного определения шероховатости отверстий малого диаметра. — патент на полезную модель RUS 109549, 18.05.2011.
5. Чепчуров М.С. Контроль и регистрация параметров механической обработки крупногабаритных деталей. — монография изд. — Белгород: БГТУ, 2008. — 232 с.
6. Челядинов Д.В., Чепчуров М.С. Реализация прибора подсистемы контроля шероховатости в АСУ контроля параметров технологического процесса механической обработки отверстий малого диаметра // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2007. Т. 12. № 1. — С. 102—104.

**ДИНАМИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ
РЕАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОСИ
НЕСТАЦИОНАРНЫХ КРУПНОГАБИРИТНЫХ
ВРАЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ**

Першин Николай Сергеевич

*аспирант Белгородского государственного
технологического университета им. В.Г. Шухова,
г. Белгород*

E-mail: Pershin26@yandex.ru

**DYNAMIC MEASUREMENT
OF REAL AXIS OF NON-STATIONARY
LARGE OBJECT OF ROTARY**

Pershin Nickolay Sergeevich

*postgraduate of Belgorod State Technological University them. VG Shukhov,
Belgorod*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается метод измерения реального положения оси нестационарных крупногабаритных вращающихся объектов, и приводится описание возможного для реализации устройства. Автором произведён анализ имеющихся данных и выявлены требования к описываемому устройству. В статье приводятся схемы устройства и расчётов. Особое внимание уделено выбору датчика позволяющего произвести такое измерение. Рассматриваемая тематика является малоизученной и требует дальнейших исследований.

ABSTRACT

In the article discusses a method of measurement of the real position of the axis nonstationary large rotating objects, and is a description of a possible implementation for the device. The author analyzed the available data and identified the requirements for the equipment described herein. The article presents the scheme of the device and calculations. Particular attention is paid to the choice of the sensor allows to make such a measurement. The considered theme is poorly studied and requires further research.

Ключевые слова: оборудование; отклонение оси; нестационарная ось; теоретическая ось; реальная ось; измерение вибраций; акселерометр.

Keywords: equipment, axis deviation, non-stationary axle; theoretical axle centerline, real axle; vibration measurement; accelerometer.

В различных отраслях промышленности, используемые технологические агрегаты, могут иметь вращающиеся крупногабаритные узлы, у которых отсутствует выраженная ось вращения. Смещение оси агрегатов вызывает изменение режимов его работы, приводит к преждевременному износу или разрушению. Своевременное восстановление поверхностей катания агрегата или периодическая выверка положения его оси позволяет избежать последствий отражающихся на себестоимости продукции в виде затрат на ремонт агрегата или полученной продукции ненадлежащего качества. Своевременная диагностика положения оси агрегата позволяет оперативно скорректировать её положение или выполнить ремонт узла агрегата.

В [1, 2, 3, 5, 6] описаны различные методы, способы и устройства для реализации контроля и оперативной диагностики положения оси агрегата. Существенный недостаток многих устройств — невозможность постоянного контроля оси агрегата, а следовательно, и определения динамического изменения оси, что расходится с самой целью оперативной диагностики. Создание устройства, реализующего оперативную диагностику оси технологического агрегата, позволяет реализовать именно оперативную диагностику состояния агрегата.

Анализ различных источников [1, 3, 5, 6] позволяет сформулировать требования к подобному устройству:

- устройство должно функционировать совместно с агрегатом, т. е. являться его узлом.
- данные о положении оси агрегата должны быть получены в режиме «реального времени».
- стоимость устройства и его обслуживание не должно превышать стоимости затрат на ремонт и восстановление агрегата.
- устройство должно быть встроено в узел агрегата как можно более конкретно идентифицирующее положение оси технологического агрегата.

К устройству, идентифицирующему пространственное положение объекта, относятся гироскопы и акселерометры [7]. Выбор того или иного датчика положения оказывает влияние на конструкцию прибора и алгоритм его реализации.

Наиболее простой представляется следующая структурная схема, рис. 1.

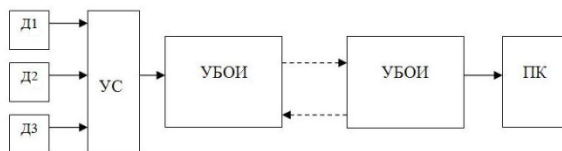


Рисунок 1. Предполагаемая структурная схема устройства

На схеме представлен Д — датчик положения, устанавливается на агрегат, УС — устройство сопряжения, считывающее информацию с датчиков и подготавливающее её для передачи в устройство её обработки; УБОИ — устройство беспроводного обмена информацией, позволяющее организовать передачу информации от датчиков к устройству её обработки, необходимость выбора такого варианта обмена информацией вызвана тем, что узел вращается, следовательно, передача данных по проводам исключена, а использование щётчного узла не гарантирует достоверность получаемой информации, к тому же он обладает нужной надёжностью. В качестве устройства обработки информации используется персональный компьютер с установленным на нём специальным программным обеспечением. Это программное обеспечение позволяет идентифицировать отклонение реальной оси объекта от теоретической, что и является целью реализации прибора, или согласно вышеизложенному — аппаратно программно комплекса.

Алгоритм обработки информации с датчиков и построения или «восстановления», конечно в виртуальном виде оси вращения объекта, связан со схемой реализации прибора, следовательно, начинать нужно с неё, рис. 2.

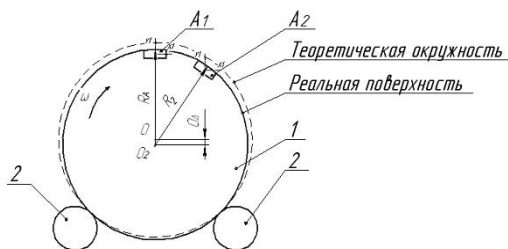


Рисунок 2. Схема определения оси объекта

На изображённой схеме объект 1, имеющий некую реальную поверхность катания установлен на двух опорах в виде роликов 2, объекту 1 придаётся некая скорость вращения ω , причём эта скорость придаётся через один из опорных роликов, т.е. привод объекта жестко не связан с ним, что позволяет объекту свободно перекатываться. В таком случае если объект имеет постоянный радиус по всей окружности поверхности катания, изменение теоретического центра O не происходит и объект не испытывает ударов, вибраций и т. п. Но в реальном мире подобного размещения объектов попросту не существует, что вызывает необходимость в определении положения оси вращающегося объекта. К тому же в технологическом агрегате это смещение — O_d может являться параметром работоспособности всей технологической машины в целом.

Для того чтобы понять суть предлагаемого автором технического решения по определению положения оси вращающегося объекта, стоит понять принцип измерения отклонения положения акселерометра. Использование акселерометров для измерения отклонения объектов от определённого положения описано в различных источниках. В нашем случае конструкция датчика подробно описанного в [7] позволяет вычислить как отклонение оси, так и частоту с амплитудой вибраций в технологической системе. Согласно рекомендациям, изложенным в [3] акселерометр, предназначенный для выполнения измерений положения объекта, должен иметь максимальный диапазон измерений до $1g$, эта же величина является максимальной измеряемой величиной вибраций. Использование датчиков до $1g$ ($0,5g$, $0,32g$, $0,25g$) для объекта совершающего полный оборот не приемлемо, т.к. вектор силы тяжести в течении одного оборота объекта изменяется в пределах от $-1g$, до $+1g$. Что касается вибраций, то исследование, проведённое по некоторым образцам технологических агрегатов показывает, что непосредственно вибрации не должны превышать $\pm 1g$ в диапазоне инфразвуковых частот. А большее их значение идентифицируется как удар, что свидетельствует появлением дефектов на поверхностях катания узлов, в которые входит диагностируемый объект. Превышение определённых значений этими величинами позволяет диагностировать неполадки и дефекты в технологической системе. Таким образом, установка датчика на условной окружности профиля поверхности катания объекта позволяет решить задачу диагностики исправности узла. Согласно [7], сигнал может быть передан в виде аналогового сигнала, когда его нулевое значение на выходе соответствует $-1g$, а выходное напряжение, равное напряжению питания ($U_{пит}$) $-1g$,

следовательно, нулевое значение $U_{\text{пит}}/2$. Такой способ получения в систему сигнала удобно реализовать при проводной связи датчика с устройством обработки сигнала, при наличии коротких соединяющих проводников, а при использовании модуля радиосигнала этот способ получения информации неприемлем, т. к. он подвержен помехам. Следовательно, в нашем случае подходит широтно-импульсная передача сигнала датчика, так же заявленная производителем. Сущность её заключается в том, что на выходе прибора формируются импульсы определённой частоты, а их период зависит от измеренной величины, аналогично предыдущему — O_{Δ} составляет 50 % длительности импульса. Таким образом, на самом объекте располагается только датчик и модуль радиоканала, позволяющий передать сигнал в устройство его обработки.

Список литературы:

1. Бондаренко В.Н. К определению погрешности установки крупногабаритных сварных трубных изделий на операциях механообработки / В.Н. Бондаренко, А.И. Корнев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2008. — № 2. — С. 38—41.
2. Бондаренко В.Н. К расчёту метрологических характеристик измерительного устройства типа «НАЕЗДНИК» для крупногабаритных тел вращения/ В.Н. Бондаренко, М.В. Куденикова// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2008. — № 3. — С. 45—48.
3. Чепчуров М.С. Способ контроля вибраций в технологических системах / М.С. Чепчуров, А.Н. Феофанов // Автоматизация в промышленности. Москва. Издательский дом «ИнфоАвтоматизация». — 2009. — № 4. — С. 13—14.
4. Чепчуров М.С. Использование АЦП для регистрации и обработки аналогового сигнала в ПК/ М.С. Чепчуров// Ремонт, восстановление, модернизация. — 2008. — № 5 — С. 8—10.
5. Чепчуров М.С. Контроль и регистрация параметров механической обработки крупногабаритных деталей: монография / М.С. Чепчуров// Изд-во БГТУ, 2008. — с. 231: ил. — Библиогр.: с. 228—231.
6. Четвериков Б.С. Лазерное устройство для определения погрешности формы крупногабаритных объектов/ Б.С. Четвериков, М.С. Чепчуров, А.Н. Блудов// патент на полезную модель RUS 121362 22.06.2012.
7. ANALOG DEVICES Data Sheet ADXL103/ADXL203 — Спецификация. — 2009. — 16 с.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДАВЛЕНИЯ
В СЛОЕ СМЕСИ ПОД ВАЛКОМ
ТАРЕЛЬЧАТО-ВАЛКОВОГО АКТИВАТОРА**

Савченко Александр Григорьевич

*канд. техн. наук,
проф. кафедры механизации строительных процессов
Харьковского национального
университета строительства и архитектуры,
г. Харьков
E-mail: Savchenko-ag@mail.ru*

Буцкий Вячеслав Александрович

*канд. техн. наук,
доц. кафедры механизации строительных процессов
Харьковского национального
университета строительства и архитектуры,
г. Харьков
E-mail: nutter@ukr.net*

Супряга Дмитрий Викторович

*ассистент кафедры механизации строительных процессов
Харьковского национального
университета строительства и архитектуры,
г. Харьков
E-mail: supdima@ukr.net*

Супряга Андрей Викторович

*аспирант кафедры механизации строительных процессов
Харьковского национального
университета строительства и архитектуры,
г. Харьков
E-mail: magicproof@gmail.com*

RESULTS OF RESEARCH PRESSURE IN LAYER OF MATERIAL UNDER THE ROLL OF PLATE-ROLLER ACTIVATOR

Savchenko Aleksandr Grigorievich

*candidate of technical Sciences, prof. department of mechanization
construction processes of Kharkov National University of Construction
and Architecture,
Kharkov*

Butsky Vyacheslav Aleksandrovich

*candidate of technical Sciences, prof. department of mechanization
construction processes of Kharkov National University of Construction
and Architecture,
Kharkov*

Supryaga Dmiriy Victorovich

*assistant, department of mechanization construction processes of Kharkov
National University of Construction and Architecture,
Kharkov*

Supryaga Andrey Victorovich

*postgraduate, department of mechanization construction processes of
Kharkov National University of Construction and Architecture,
Kharkov*

АННОТАЦИЯ

С целью экономии ресурсов в производстве кирпича предложен тарельчато-валковый активатор. Проведены теоретические и экспериментальные исследования распределения давления в обрабатываемом слое материала под валком тарельчато-валкового активатора.

ABSTRACT

In order to save resources in the production of bricks proposed plate-roller activator. Theoretical and experimental research of the pressure distribution in the treated layer material under the roll of plate-roller activator.

Ключевые слова: валок; тарельчато-валковый активатор; прокатка; давление.

Keywords: roller; plate-roller activator; rolling; pressure.

Актуальность. Все более широкое распространение приобретают активаторы валкового типа для подготовки сырьевых смесей перед формированием при производстве мелкоштучных изделий. В агрегатах валкового типа частицы материала в преобладающем своем количестве взаимодействуют между собой, и только в вторую очередь — с рабочими органами — валком и основой, на которой лежит толстый слой материала, что обеспечивает наименьший износ рабочих органов в сравнении с другими механоактиваторами в случае одинаковых уровней силового действия и количества циклов этих действий. Нами предлагается активатор тарельчато-валкового типа (далее — ТВА) — рис. 1 [2].

Принцип действия состоит в многократной прокатке под валками 3, шарнирно прикрепленных к вращающемуся валу 4, толстого слоя смеси, которая подается в зону загрузки на периферию неподвижной тарели 1 диском 2. После многократной прокатки слой смеси выдавливается через внутреннее кольцо тарели 1 и разгружается по лотку 5, за счет градиента давления создаваемого беспрерывным питанием.

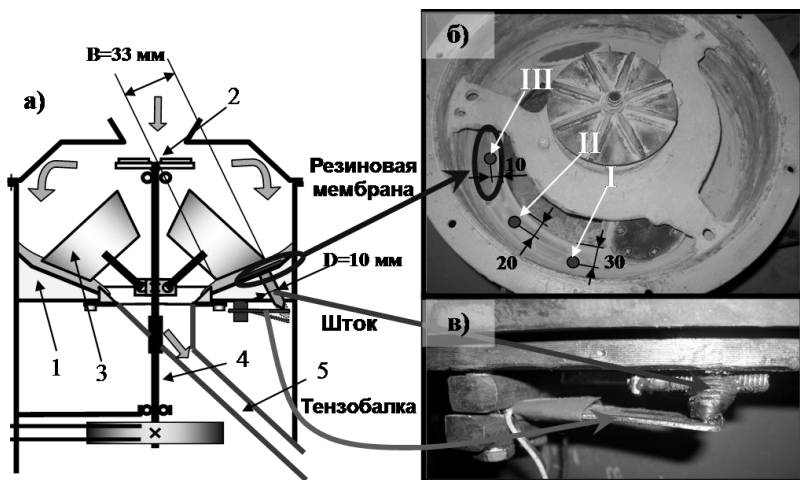


Рисунок 1. Лабораторный образец ТВА: а) Принципиальная схема ТВА с установленным тензодатчиком; б) Размещение тензодатчиков на тареле; в) тензодатчик под тарелем

Цель работы. Решалась задача по определению распределения скоростей движения смеси и распределения давления под валком ТВА.

Основной материал. Эффективность ТВА, подтвержденная экспериментально, составляет не менее 30 % экономии цемента без потери прочности изделий [3, с. 106—111]. Характер движения смеси, которая активируется в ТВА, имеет много общего с закономерностями движения материала в тарельчато-валковой мельнице ведущей мировой фирмы “FISmith” (рис. 2) [5, с. 2707—2719]. На рис. 3 приведена общая схема движения материала под валком ТВА. На ней можно с определенным количеством допущений выделить условный канал течения в радиальном направлении. Этот «псевдо канал» ограниченный снизу — поверхностью неподвижной тарели, сверху — подвижной поверхностью вращающегося вала.



Рисунок 2. Характер движения материала под валком

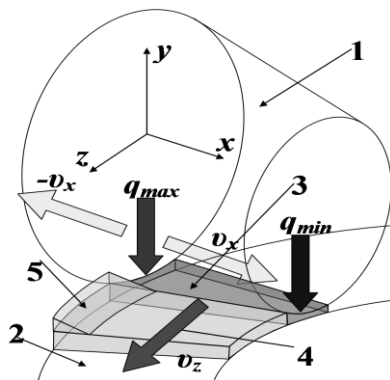


Рисунок 3. Общая схема течения слоя смеси под валком ТВА, 1 — валок; 2 — тарель; 3 — условный «псевдо канал» течения; 4 — уплотненный слой смеси вместе с «волной»; 5 — начало

**условного «псевдо канала» течения — зона высокого давления
создаваемая загрузкой смеси**

Движение смеси вдоль тарели, необходимое для обеспечения сотен прокатывании, обуславливается градиентом давления, создаваемого непрерывным питанием смеси в зону загрузки. Активация осуществляется во время многократного прокатки толстого слоя под валками за счет интенсивного сдвига слоев смеси один относительно другого. Движение каждой частицы смеси в радиальном направлении имеет дискретный, пульсирующий характер и состоит из разгонки и замедления во время прокатки каждым валком, а также паузы, который длится к прокатке следующим валком (рис. 4).

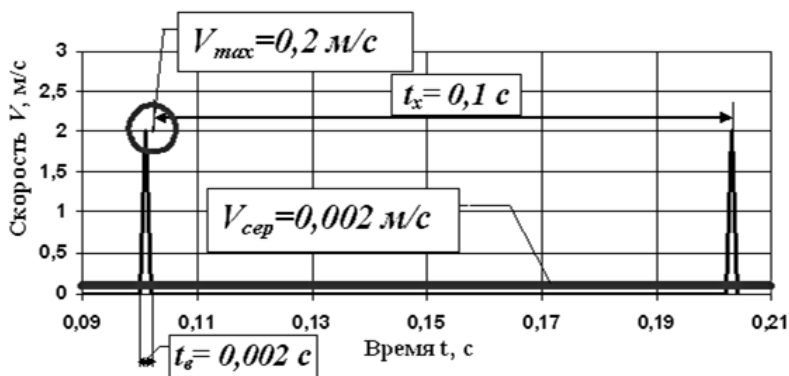


Рисунок 4. Характер движения слоя смеси в радиальном направлении

Для описания закономерностей радиального движения слоя смеси по тарели, от внешнего до внутреннего диаметра тарели, как напорного градиентного вязкого течения не неньютоновской жидкости, нами выбрана модель Оствальда-де-Вилля:

$$\tau = \mu(\gamma)^n \tag{1}$$

где: γ — градиент течения;
 μ — эффективная вязкость смеси;
 n — индекс течения;

Выделим три зоны, характерные для вязкого движения: I — зона вязких деформаций; III — зона, ограничивающая движение смеси,

IV зона — зона седиментационно-неустойчивого слоя смеси (рис. 5). А зону II — ядра течения, по результатам экспериментальных исследований [1, с. 150—156], можно не учитывать. Распределение скоростей по глубине слоя смеси:

$$v_x = \frac{I}{h^{\frac{I}{n+1}}} \left(\frac{Q}{\pi \cdot D \cdot h} - v_c \right) \cdot \frac{2n+1}{n+1} \cdot \left(h_0^{\frac{I}{n}} - y^{\frac{I}{n+1}} \right) + v_c, \quad (2)$$

где: Q — производительность питания;
 h_0 — толщина основного слоя смеси;
 v_c — скорость седиментации смеси;
 D — средний диаметр тарели.

Толщина седиментационно-неустойчивого слоя смеси h_c :

$$h_c = h \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{v_c \cdot (n+1)}{\left(\frac{Q}{\pi \cdot D \cdot h} - v_c \right) \cdot (2n+1)} \right)^{\frac{n}{n+1}} \right) \quad (3)$$

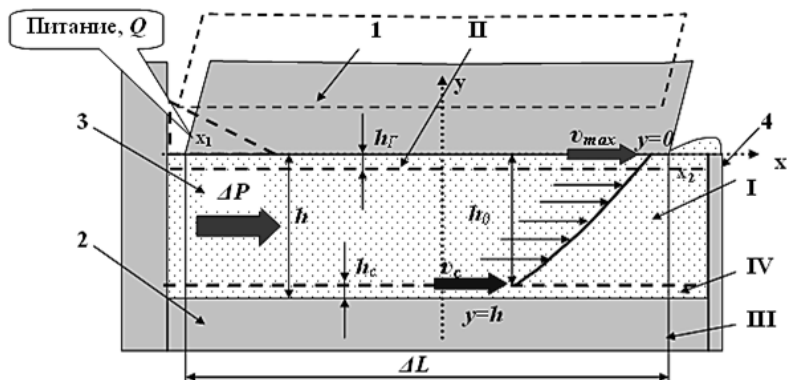


Рисунок 5. Схема к определению эпюры скоростей в слое смеси ТВА, 1 — валок; 2 — тарель; 3 — обрабатываемый слой сырьевой смеси; 4 — кольцо регулирования толщины слоя

Песчано-цементная и подобные смеси считают нестабильными суспензиями, поэтому минимальную скорость движения таких смесей рекомендовано ограничивать уровнем так называемой скорости седиментации [4, с. 343—346]. Смесь будем рассматривать как дилатантную жидкость, вязкость которой уменьшается по мере уменьшения давления:

$$\mu = \mu_1 \cdot e^{\alpha(P-P_1)} \quad (4)$$

где: μ и μ_1 — значение вязкости МПа·с при давлениях P та P_1 в МПа;
 α — пьезометрический коэффициент вязкости.

Получено уравнение распределения давления q по ширине вала L :

$$q = \frac{\nu}{\alpha} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \alpha \cdot \mu_0 \cdot \left(\frac{1}{n \cdot h^n} \left(\frac{Q}{\pi \cdot D \cdot h^n} - \nu_c \right) \cdot (2n+1) \right)^n (L-Lx)} \right) \quad (5)$$

где: ν — коэффициент Пуассона;
 μ_0 — начальная вязкость смеси.

Для подтверждения адекватности предложенных зависимостей проведены экспериментальные исследования на лабораторном ТВА (рис. 1а).

Адекватность уравнения распределения скорости по глубине слоя (2) подтверждена экспериментальными исследованиями с использованием крашенных смесей [1, с. 150—156].

Для замеров давления под валком ТВА использовали тензоизмерительную систему состоящую из тензоусилителя, тензобалки, АЦП и ЭВМ. Схема размещения тензодатчиков на тареле приведена на рис. 1б, в.

На рис. 6 приведено распределение нормального давления q по ширине вала L . Распределение давление получено аналитически согласно уравнению (5) хорошо коррелируется с экспериментально полученным распределением давления под валком ТВА. На рис. 7 приведено распределение давления под валком тарельчато-валковой

мельницы FlSmith, которое имеет похожий характер с распределением давления под валком ТВА.

Уровень давления под валком ТВА для обеспечения эффективной активации должен быть достаточным для обдирания поверхности частицы, но недостаточным для её разрушения. Поэтому уровень максимального давления является основным показателем эффективности активации в ТВА и определяется для каждой смеси на основе проведения регламентных испытаний на лабораторном ТВА [3, с. 106—111].

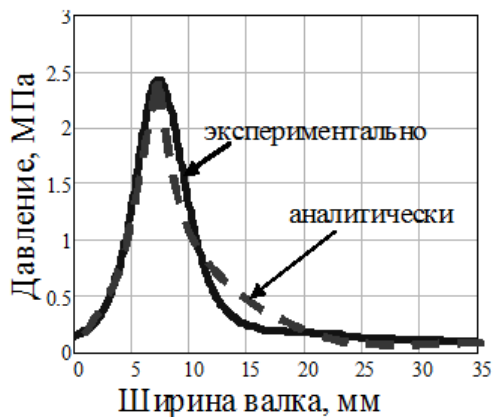


Рисунок 6. Распределение давления по ширине вала ТВА

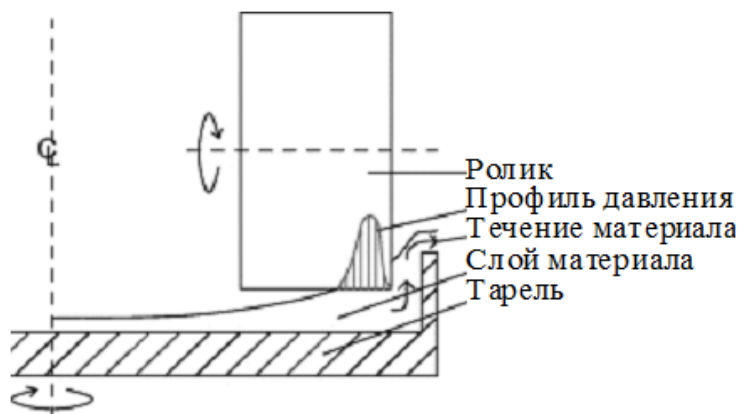


Рисунок 7. Распределение давления под валком мельницы FISmith

Выводы. Теоретически и экспериментально определено распределение давления под валком ТВА. Доказано, что зона максимального давления и соответственно зона наибольшего износа валка совпадает с зоной загрузки смеси на периферии тарели. Результаты подтверждают гипотезу о движении материала от периферии тарели к центру за счет градиента давления, создаваемого непрерывным питанием ТВА. Полученное распределение давления под валком ТВА позволяет определить оптимальный уровень давления необходимый для обеспечения эффективной активации в ТВА.

Список литературы:

1. Визначення закономірностей руху суміші в тарілчасто-валковому активаторі / Савченко О.Г., Федоров Г.Д., Крот О.Ю., Буцький В.О., Супряга А.В., Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. — Вип. 1 (31) — Полтава: ПолтНТУ, 2012. — 150—156 с.
2. Пат. № а 94161. МПК В02С 15/04. Тарілчасто-валковий агрегат / Савченко О.Г., Федоров Г.Д., Болотських М.С., Крот О.Ю., Супряга А.В., Супряга Д.В. — № а200911157, Бюл. — № 7.
3. Супряга А.В. Регламентні іспити цементно-доломітової суміші на активаторі тарілчасто-валкового типу / Супряга А.В. // Вісник НТУ «ХПІ» Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія». — Харків НТУ «ХПІ». — 2012. — 106—111 с.
4. Шубин А.А. Течение нестабильных высококонцентрированных суспензий в подземных пустотах / материалы семинара № 18 симпозиума «Неделя горяка — 2007», МГГУ, М. — 2008, 343—346 с.
5. Lucas R.D. Jensena Wear mechanism of abrasion resistant wear parts in raw material vertical roller mills / Lucas R.D. Jensena, Erling Fundal, Per Møllerc, Mads Jespersena // “Wear” an international journal of science and technology of friction lubrication and wear. — Volume 271, Issues 11—12, 2 September 2011, Pages 2707—2719.

СЕКЦИЯ 5.
ЭНЕРГЕТИКА
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА
И ТЕХНОЛОГИИ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО
ЭКВИВАЛЕНТИРОВАНИЯ
ДЛЯ РАСЧЕТОВ РЕЖИМОВ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кутукова Екатерина Сергеевна
студент, МГТУ им Г.И. Носова,
г. Магнитогорск
E-mail: katya_kutukova@mail.ru

Малафеев Алексей Вячеславович
канд. техн. наук, доцент, МГТУ им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск

FEATURES OF APPLICATIONS OF A SERIAL
EQUIVALENTING TO CALCULATE THE MODES
OF REGIONAL ENERGY SYSTEMS

Kutukova Ekaterina
student of G.I. Nosov MGTU,
Magnitogorsk

Malafeev Aleksey
candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of G.I. Nosov MGTU,
Magnitogorsk

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена особенностям применения метода последовательного эквивалентирования для расчетов режимов региональных энергетических систем. В данной статье предлагается представление узлов связи неизменными проводимостью и напряжением на основе замеренных потоков мощности, модулей напряжений. Наблюдается достаточно медленная сходимость, что говорит о необходимости использования более сложных методов расчета — метода Ньютона и др. Так же, отсутствие данных телеизмерений по реактивной мощности приводит к отклонениям результатов расчета от заданных значений напряжения и мощности в узлах связи.

ABSTRACT

This Article is devoted to the peculiarities of application of a sequential equivalent method for calculations of processes of regional power systems. This article provides the network node view unchanged admittance and voltage based on measured power flows and voltage modules. There has been quite a slow convergence that speaks of the need to use more complex methods of calculation — Newton's method, etc. Besides, the absence of telemetry data on the reacting power leads to deviations of the calculation results from given values of voltage and power in network nodes. For correct results, you must use the methods of estimation of the electrical power systems' state.

Ключевые слова: метод последовательного эквивалентирования; схема замещения; узел связи; проводимость.

Keywords: sequential equivalent method; substitutional connection; trunk network node; impedance.

Метод последовательного эквивалентирования [2, с. 16—22] предназначен, в первую очередь, для расчета режимов систем электроснабжения, в том числе с собственными источниками электроэнергии. Метод основан на представлении разнородных элементов схемы одинаковыми схемами замещения, включающими только ЭДС и проводимости без выделения вращающихся машин, пассивной нагрузки и т. п. Параметры режима (токи, напряжения, потоки мощности) определяются не на основе приближённых соотношений, а по эквивалентным ЭДС и проводимостям каждого шага свёртывания схемы. Итоговый эквивалент схемы любой сложности по выбранному критерию аналогичен схеме замещения любого из её элементов. Свёртывание и развёртывание схемы в методе последовательного эквивалентирования основано на общих законах электротехники, рекуррентные соотношения между переменными

не содержат каких-либо приближений и допущений, что исключает погрешность эквивалентирования, при этом исключается накопление систематической погрешности. Критерием эквивалентности является соблюдение баланса мощностей в эквивалентной и исходной схемах.

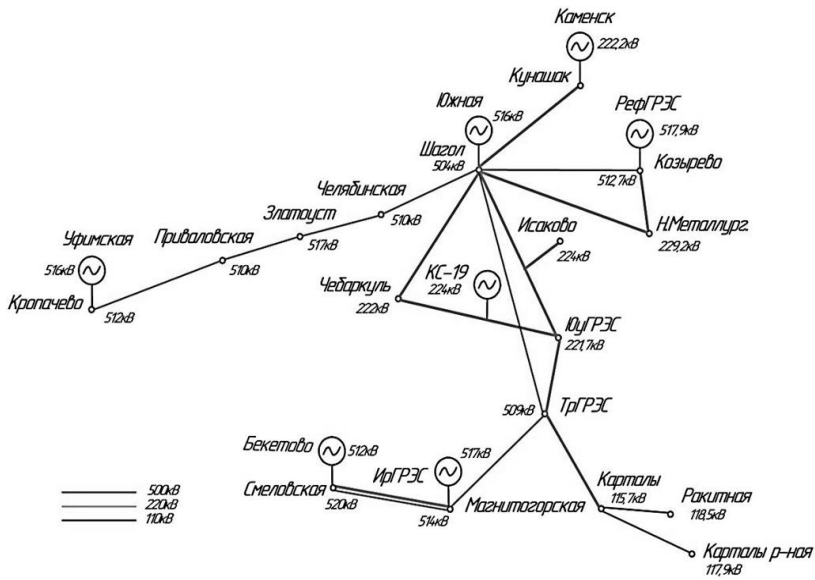


Рисунок 1. Упрощенная схема электрических сетей Южно-Уральского предприятия магистральных электрических сетей

Основной процедурой преобразования схемы сети в прямом ходе для разомкнутой и замкнутой схемы является метод исключения узла, в результате чего размерность схемы по количеству узлов на каждом шаге эквивалентирования снижается на единицу.

В алгоритме используется многолучевая схема замещения с одной поперечной ветвью, при эквивалентировании воспринимаемой как внутренние проводимость и ЭДС.

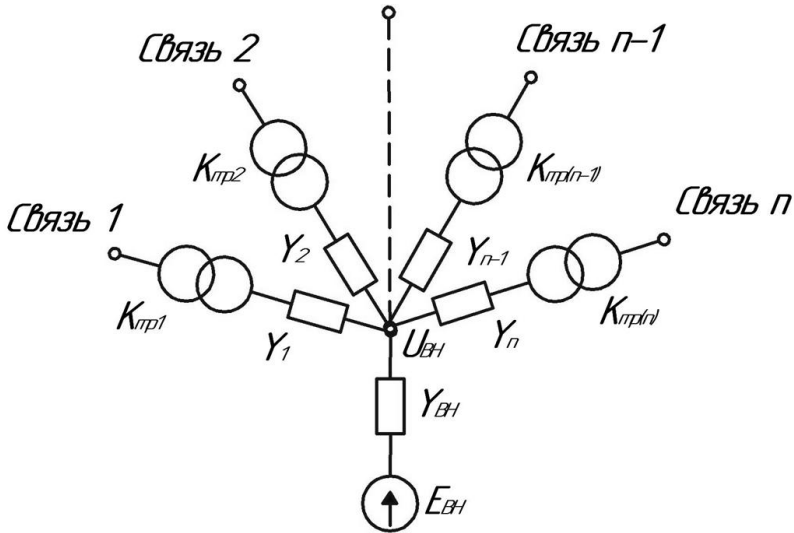


Рисунок 2. Схема замещения элемента сети

Для каждого элемента имеется два массива связей, один из которых используется при свёртывании схемы и элементы которого могут уничтожаться, второй же используется при развёртывании схемы и элементы его остаются неизменными.

В начале расчета выявляются несвязанные между собой участки схемы со своими балансирующими узлами. Перед первой итерацией расчета определяются параметры продольных ветвей схем замещения всех элементов, а для поперечных тупиковых элементов задаются начальные значения напряжений. После этого формируются массивы связей между элементами, при этом две связанных между собой продольных ветви разных элементов с номерами i и j заменяются эквивалентными связями с проводимостями и коэффициентами трансформации.

На прямом ходе решения задачи (свёртывания схемы) для каждого элемента схемы вызывается функция исключения единичного узла (элемента). При этом:

1. суммируются проводимости по всем выходам элемента, и определяется его эквивалентная проводимость

$$Y_{\text{экв.эл}} = Y_{BH} + \sum_k Y_k \tag{1}$$

2. определяется, есть ли у текущего элемента две связи с одним и тем же элементом. В случае выполнения этого условия одна из связей удаляется, определяются эквивалентные проводимость, коэффициент трансформации и ЭДС, после чего эти величины по оставшейся связи добавляются к аналогичным величинам следующего элемента, с которым первоначально было две связи.

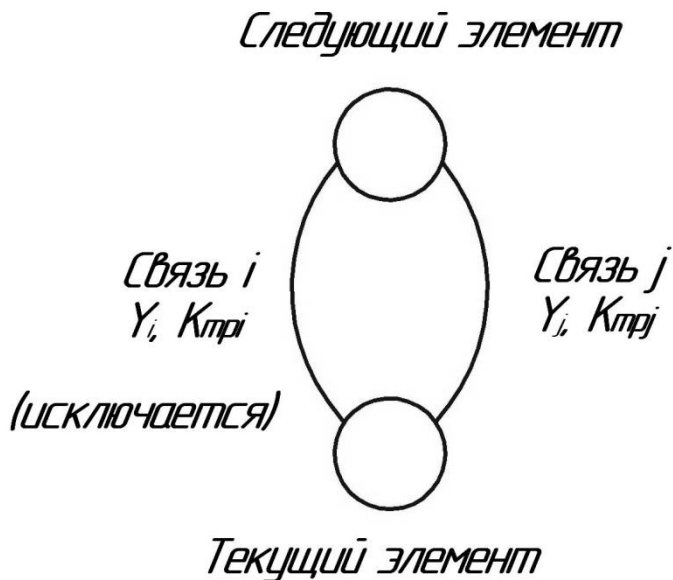


Рисунок 3. Уменьшение числа связей текущего элемента с последующим

Обратный ход расчёта (развёртывание схемы) организуется в соответствии с тем же принципом нумерации, что и прямой ход, но в обратном порядке. На обратном ходе определяются напряжения в схемах замещения элементов сети (кроме элементов — выключателей) и токи (только для элементов — выключателей).

При определении напряжений первоначально рассчитывается фиктивный внутренний ток, определяемый как сумма токов по отдельным связям с учётом коэффициентов трансформации. После этого по найденному току, эквивалентной проводимости и эквивалентной ЭДС рассчитывается напряжение в средней точке схемы замещения.

При определении тока, протекающего через элемент — выключатель, используются напряжения на тех элементах, с которым он связан, и коэффициенты трансформации связей этих элементов.

Ток по i -ой связи:

$$I_i = (E_{\text{экс}} - U_i \cdot K_{\text{мп}i}) \cdot Y_i \quad (2)$$

Напряжение в средней точке схемы замещения:

$$U_{\text{ВН}} = \left(E_{\text{экс}} - \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{Y_i} \right) \quad (3)$$

Искомый ток (рисунок 4) определяется как:

$$I = (U_0 \cdot K_{\text{мп}0} - U_1 \cdot K_{\text{мп}1}) \cdot Y_0 \quad (4)$$

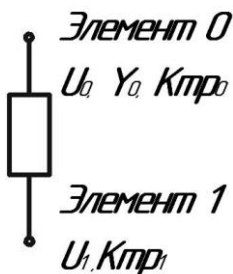


Рисунок 4. Параметры связей элемента — выключателя

На обратном ходе используются значения эквивалентных проводимостей и ЭДС, последовательно полученные на всех шагах прямого хода решения. Отличительной особенностью алгоритма является организация обратного хода по напряжению, это позволяет осуществить регулярный метод определения токов во всех элементах расчетной схемы без реконструкции узлов промежуточных схем. Введение некоторого количества итераций связано с тем, что электрические нагрузки задаются неизменным потоком мощности, по величине которого затем определяется проводимость. В используемой на настоящий момент программной реализации алгоритма

применен метод простой итерации, дающий применительно к системам электроснабжения быструю сходимость.

Филиалом ОАО «ФСК ЕЭС» — МЭС Урала были предоставлены следующие данные о величинах U (по модулю), P и Q , по которым рассчитывались ток, ЭДС и проводимость.

Далее используя расчеты, исследовалась сходимость итерационного процесса по напряжению и мощности. Ход итерационного процесса по величинам напряжения, активной и реактивной мощности на примере узла связи «ПС Козырево» проиллюстрирован на рисунках 4—6.

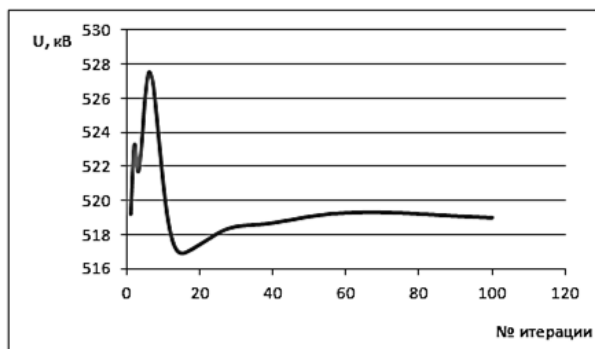


Рисунок 4. Сходимость по напряжению для узла связи «ПС Козырево»

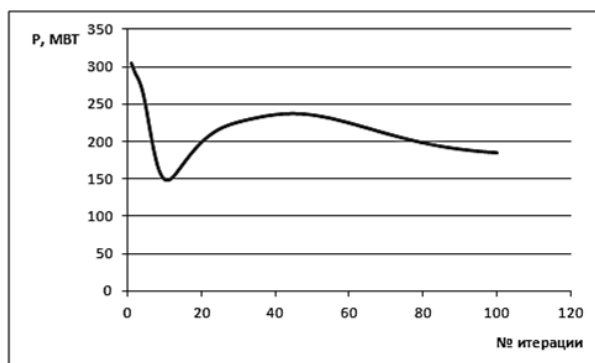


Рисунок 5. Сходимость по активной мощности для узла связи «ПС Козырево»

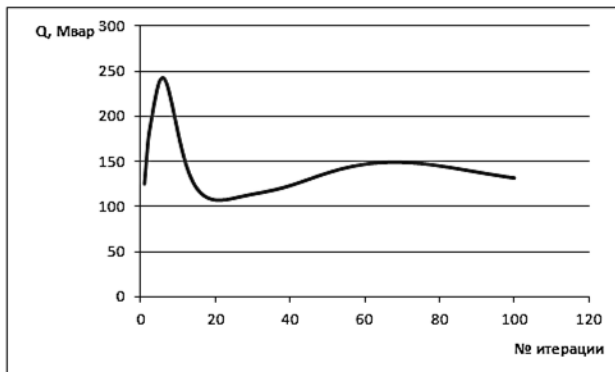


Рисунок 6. Сходимость по реактивной мощности для узла связи «ПС Козырево»

Основной особенностью расчета режимов региональной электроэнергетической системы методом последовательного эквивалентирования является большое количество узлов примыкания к соседним энергосистемам на разных уровнях напряжения (более десятка). Для сравнения, в системе электроснабжения крупного промышленного предприятия с наивысшим классом напряжения 220 кВ таких узлов 3—4, при этом электрическая удаленность их друг от друга мала.

В рассматриваемом алгоритме узел связи с энергосистемой применительно к системе электроснабжения представляется неизменной ЭДС за неизменной комплексной проводимостью. Эти величины не меняются от итерации к итерации. Алгоритм реализован в программном комплексе КАТРАН 6.0, разработанном на кафедре ЭПП МГТУ им. Г.И. Носова [1]. В указанном программном комплексе создана расчетная схема в соответствии с рисунком 1, включающая линии электропередачи, автотрансформаторы, повысительные трансформаторы и генераторы, узлы нагрузки, узлы примыкания к соседним энергосистемам. Используются данные ОИК, охватывающего объекты ЮУПМЭС.

Как показали результаты расчета, использование указанного подхода приводит к существенно заниженным величинам напряжения (до 10—20 % от реального) и завышенным потокам мощности. В настоящей работе предлагается представление узлов связи неизменной проводимостью и неизменным напряжением, при этом ЭДС на каждой итерации корректируется. Для корректного задания

узла связи при этом требуются комплексные значения проводимости, напряжения и тока, ток определяется на каждой итерации.

Пример расчета для узла связи с подстанцией «Козырево», см. рисунок 1.

$$\begin{aligned} U &= 512,7 \text{ кВ}; \\ P &= 629,9 \text{ МВт}; \\ Q &= 23,3 \text{ Мвар}; \\ E &= 10 \% U = 570,79 \text{ кВ}. \end{aligned}$$

$$\dot{i} = \frac{\dot{P} + j\dot{Q}}{\sqrt{3} \cdot \dot{U}} = \frac{629,9 + j23,3}{\sqrt{3} \cdot 512,7} = 0,72 - j0,026 (\text{кА}) \quad (5)$$

$$\dot{Z} = \frac{(\dot{E} - \dot{U})}{\dot{i}} = \frac{51,2(0,72 + j0,026)}{(0,72^2 - j0,026^2)} = 72,2 - j2,6 (\text{Ом}) \quad (6)$$

где: P — активная мощность узла связи

Q — реактивная мощность узла связи

U — напряжение узла связи

Z — полное сопротивление узла связи

I — ток узла связи

Расчеты выполнены на основе схемы замещения (см. рисунок 2).

Аналогичные расчеты выполнены для всех узлов связи, указанных на рисунке 1. Сопротивление рассчитано для поперечной ветви схемы замещения, сопротивления продольных ветвей приняты равными нулю.

Во всех случаях наблюдается достаточно медленная сходимость, наихудшая сходимость имеет место по активной и реактивной мощности, что говорит о необходимости отказа от метода простой итерации и использования более сложных методов расчета — метода Ньютона и др.

Кроме того, отсутствие данных телеизмерений по реактивной мощности приводит к упрощениям при расчете параметров схемы замещения узлов связи и, как следствие, к отклонениям результатов расчета от заданных значений напряжения и мощности в узлах связи, а также к ухудшению сходимости. Для получения более корректных

результатов необходимо применение методов оценивания состояния электроэнергетических систем.

Список литературы:

1. А.с. 2012612069 РФ. Программа «Комплекс автоматизированного режимного анализа КАТРАН 6.0»/ В.А. Игуменцев, А.В. Малафеев, О.В. Буланова, Ю.Н. Ротанова, Е.А. Панова, А.В. Хламова, В.М. Тарасов, Е.Б. Ягольникова, Н.А. Николаев, В.В. Зиновьев. — Оpubл. в бюл. «Программы для ЭВМ, БД, ТИМС», 2012, № 2. — С. 500—501.
2. Игуменцев В.А., Заславец Б.И., Малафеев А.В., Буланова О.В., Ротанова Ю.Н. Модифицированный метод последовательного эквивалентирования для расчета режимов сложных систем электроснабжения // Промышленная энергетика. — 2008. — № 6. — С. 16—22.

СЕКЦИЯ 6.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

ВЫСОКОМЕТАЛЛИЗИРОВАННОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Чернышов Евгений Александрович

*д-р техн. наук, профессор, НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
г. Н. Новгород*

Романов Алексей Дмитриевич

*зав. лаб., НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
г. Н. Новгород
E-mail: t763@yandex.ru*

HIGH-METALLIZED FUEL ON THE BASIS OF ALUMINIUM AND ITS APPLICATION

Tchernyshov Evgeny Aleksandrovich

*doctor of engineering, professor, NNSTU n.a. R.E. Alekseeva,
N. Novgorod*

Romanov Alexey Dmitrievich

*head of the laboratory, NNSTU n.a. R.E. Alekseeva,
N. Novgorod*

АННОТАЦИЯ

В работе приведены варианты применения высокометаллизированного топлива на основе алюминия с различными вариантами окислителя, которые были разработаны в СССР и России.

ABSTRACT

Options of application of the high-metallized fuel are given in work on the basis of aluminum, with various options of an oxidizer which were developed in the USSR and Russia.

Ключевые слова: высокометаллизированное топливо, алюминий, оксид алюминия, анаэробные, воздухонезависимые энергоустановки.

Keywords: the high-metallized fuel, aluminum, aluminum oxide, anaerobic, airindependent power installations.

Важной характеристикой топлива является количество тепла, выделяющегося при сгорании топлива при взаимодействии с окислителем, и количество окислителя, необходимое для сгорания 1 кг топлива, при этом также важна скорость реакции. Такие металлы, как Be, B, Al, Mg, Zr, Li, теоретически обладают высокими энергетическими характеристиками. Однако образование конденсированных продуктов при окислении металла приводит к тому, что процесс взаимодействия металла с окислителем выводится из кинетической области и течение процесса начинает определяться диффузионным сопротивлением образовавшегося оксида [6].

С практической точки зрения из указанных металлов лучшим по применению в качестве горючего является алюминий, поскольку он безопасен в обращении, имеется в большом количестве и имеет сравнительно не большую стоимость. Срок хранения алюминия практически неограничен, и его запасы, по сравнению с углеводородными горючими, являются более компактными (плотность алюминия — $2,7 \text{ г/см}^3$; плотность углеводородных горючих — менее $0,8 \text{ г/см}^3$). Особый интерес представляет реакция окисления алюминия кислородом и/или водой, так как при этом выделяется значительное количество тепловой энергии. При окислении кислородом 1 кг алюминия, выделяется около 30 МДж тепловой энергии, для полного сжигания 1 кг алюминия требуется почти вчетверо меньше кислорода, чем для 1 кг углеводородного топлива [2—5, 7].

Одним из первых идею использования алюминия в качестве горючего еще в 1924 году предложил отечественный ученый Ф.А. Цандер, по его замыслу можно использовать алюминиевые элементы космического корабля в качестве дополнительного горючего. В 30 годы XX века М.А. Рудницкий предложил использовать на субмарине паротурбинную силовую установку, в которой вместо жидкого топлива предлагалось сжигать алюминий в среде газообразного кислорода [8, с. 32]. Предложение основывалось на том факте,

что при активном соединении алюминия или магния с кислородом выделяется значительное количество теплоты и совершенно не выделяются вредные для человека газы. Но из-за чрезвычайно высокой в то время стоимости алюминия от детальной разработки проекта пришлось отказаться. Также была предложена энергетическая установка конструкции Иванова [1, с. 193].

В настоящее время ФГУП РНЦ «Прикладная химия» совместно с ФГУП ЦКБ «Рубин» и ФГУП «Адмиралтейские Верфи» создана установка непрерывного получения водорода методом гидротермального окисления порошков алюминия. Расход, чистота и давление получаемого на установке водорода обеспечивают потребность электрохимического генератора работающего на водородном топливе [1, 9].

Гидрореактивные двигатели используют в качестве окислителя и рабочего тела забортную морскую воду. В камере сгорания тепловая энергия, выделившаяся при сгорании топлива в парах воды, затрачивается на испарение воды. Смесь паров воды и продуктов сгорания топлива при истечении из сопла обеспечивает получение необходимой тяги. Особенностью некоторых глубоководных установок, работающих на морской воде является то что алюминий размещается в отсеке, представляющем собой резервуар высокого давления, наружная стенка которого служит оболочкой. Алюминий нагнетается в камеру сгорания под давлением забортной воды, которая подается по трубопроводу, проходящему через алюминиевую шашку в переднюю часть отсека горючего. Камера сгорания, где происходит реакция алюминия с водой, выполнена как одно целое с корпусом отсека горючего, и является его кормовой оконечностью, передняя часть которой соприкасается с горючим. В установившемся режиме теплота передается от камеры сгорания к горючему в зоне контакта для образования расплавленного алюминия, который затем в жидком виде поступает в камеру сгорания. Также в СССР со второй половины 1950-х гг. в НИИ-24 проводились исследования по созданию активно-реактивных снарядов с прямоточным воздушно-реактивным двигателем. В этих снарядах в качестве окислителя применяли кислород. Затем проверялось использование в качестве окислителя морской воды. НИИ прикладной химии для исследований отработал технологию и создал твердотопливные заряды на гидрореагирующем топливе. Это создало предпосылки к началу опытно-конструкторских работ, которые в конечном итоге привели к созданию скоростной подводной противолодочной ракеты для подводных лодок «Шквал».

Воздухонезависимые энергетические установки на основе газопарогурбинных установок замкнутого цикла с использованием различных комбинаций топлива и окислителя ($Mg + CO_2$, $Al + CrO_3/S/Fe_2O_3$, $Li + CrO_3$ и др.) исследовались в Военно-морском инженерном институте (ВМИИ, г. Санкт-Петербург) [4, с. 107] Также запатентован и испытан ряд установок на базе алюмосодержащих термитных смесей и двигателя Стирлинга могут быть использованы в качестве энергетической установки для объектов специального назначения. Достижимый технический результат — повышение эффективности и надежности работы, упрощение конструкции, уменьшение массогабаритных характеристик и стоимости энергетической установки с двигателем Стирлинга. Выделившаяся при сгорании топлива теплота из высокотемпературной области за счет теплопроводности топлива и продуктов его сгорания передается к стенкам теплового генератора и передается стенкам нагревателя двигателя Стирлинга что обеспечивает его работу. При работе двигателя Стирлинга механическая энергия преобразуется в электрическую с помощью электрогенератора [4, 10—15]

Также установки на основе безгазового топлива разрабатываются для аварийного обогрева водолазов [2]. Особым направлением является применение металлов в качестве топлива для источников энергии космической техники, в частности для исследования планет с отличной от земной атмосферой.

Список литературы:

1. Васильев В.А., Чернышов Е.А., Романов И.Д., Романова Е.А., Романов А.Д. История развития подводных лодок с воздухонезависимыми энергоустановками в России и СССР Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012. № 4. С. 192—202.
2. Генкин А.Л. и др. Анаэробный источник теплоты на безгазовом топливе для аварийного обогрева водолазов. Судостроение 2010, № 2.
3. Дмитриев А.Л., Иконников В.К., Кириллов А.И., Рьжкин В.Ю., Ходак Е.А. Автономные комбинированные энергоустановки с топливными элементами, работающие на продуктах гидротермального окисления алюминия. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2008. № 11. — С. 10—16.
4. Дядик А.Н., Замуков В.В., Дядик В.А. Корабельные воздухонезависимые энергетические установки. — СПб: Судостроение. 2006. 424 с.
5. Иванов В.Г., Сафронов М.Н., Гаврилюк О.В. Макрокинетика окисления ультрадисперсного алюминия в жидкой фазе // Физика горения и взрыва. — 2001. — Т. 37. — № 2.

6. Кофстад П.А. Высокотемпературное окисление металлов. — М.: Мир, 1969. 392 с.
7. Ляшко А.П. и др. Особенности реакции ультрадисперсного алюминия с водой в режиме горения// Физика горения и взрыва. — 2000. — Т. 36. — № 2. — С. 60—65.
8. Морозов М.Э., Кулагин К.Л. "Эски" в бою. Подводные лодки Маринеско, Щедрина, Лисина. Эксмо, 2008 г., 148 с.
9. Рыжкин В.Ю. Технология и аппаратурное оформление получения водорода гидротермальным окислением алюминия для энергетических установок, автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2010 г.
10. Патент РФ № 2162755.
11. Патент РФ № 2165388.
12. Патент РФ № 2241721.
13. Патент РФ № 2223221.
14. Патент РФ № 2258827.
15. Патент РФ № 2261355.

СЕКЦИЯ 7.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ДОПЛЕРОВСКИЙ ПЕЛЕНГАТОР С ОДНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ АНТЕННОЙ

Сорочан Анатолий Григорьевич

*д-р техн. наук, профессор
Донецкого национального технического университета,
г. Донецк*

E-mail: sorochan_kpm@mail.ru

Добряк Дмитрий Александрович

*канд. физ.-мат. наук, ведущий инженер,
Samsung центр управления и развития в Украине (SRK),
г. Киев*

E-mail: dima_dba@mail.ru

Добряк Оксана Анатольевна

*канд. физ.-мат. наук, инженер,
Samsung центр управления и развития в Украине (SRK),
г. Киев*

E-mail: dima_dba@mail.ru

Нестругин Александр Владимирович

*магистрант Донецкого национального технического университета,
г. Донецк*

E-mail: oleksandr.nestrugin@gmail.com

A DOPPLER DIRECTION FINDER WITH ONE ROTATING ANTENNA

Sorochan Anatoliy

*dr. Sci. Tech., Professor of Donetsk National Technical University,
Donetsk*

Dobryak Dmitriy

*candidate of Physics and Mathematical Sciences, chief engineer,
Samsung Ukraine Research & Development Centre,
Kiev*

Dobryak Oksana

*candidate of Physics and Mathematical Sciences, engineer,
Samsung Ukraine Research & Development Centre,
Kiev*

Nestrugin Aleksandr

*master of Donetsk National Technical University,
Donetsk*

АННОТАЦИЯ

Исследуется одноканальный доплеровский пеленгатор с целью раскрытия важных особенностей его работы. В основу исследований положен спектральный метод анализа, теория функций Бесселя, теория радиоприемных устройств и систем. Уточнено выражение выходного напряжения пеленгатора. Определение углового положения цели может производиться как на нечетных, так и четных гармониках частоты вращения антенны. Даются рекомендации по максимизации уровня выходного сигнала. Доказано, что нестабильность фазовой характеристики, коэффициента усиления линейного тракта, не влияют на результат измерений.

ABSTRACT

A Doppler single-channel direction finder is researched to reveal important features of its work. The research is based on spectral analysis methods, the Bessel functions, theory of radio devices and systems. The output voltage expression of the finder is clarified. Determination of target angular position can be conducted both on the even and odd harmonics of antenna rotating frequency. Recommendations for maximizing output level

are given. It is proved that amplification factor and phase characteristic instability of linear tract do not influence on the measurement results.

Ключевые слова: пеленгатор; доплеровская частота; индекс модуляции; задержка; фаза; функция Бесселя; полосовой фильтр; модулирующая частота.

Keywords: direction finder; Doppler frequency; deviation ratio; dwell time; phase; Bessel function; band pass filter; modulation frequency.

Структурная схема, реализующая одноканальный доплеровский метод пеленгации [1, 2], приведена на рис. 1.

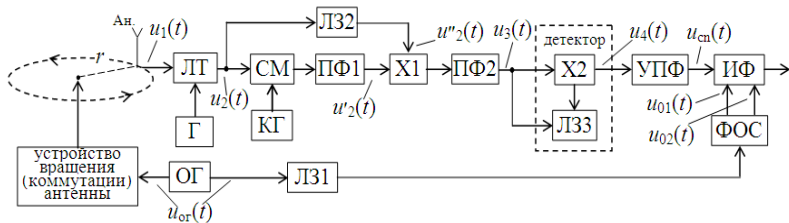


Рисунок 1. Структурная схема одноканального доплеровского пеленгатора

где Ан — антенна; ЛТ — линейный тракт приемника;
 Г — гетеродин; ОГ — опорный генератор; СМ — смеситель;
 КГ — кварцевый генератор; ЛЗ1—ЛЗ3 — первая-третья линии задержки; ФОС — формирователь ортогональных сигналов;
 ПФ1 и ПФ2 — первый и второй полосовые фильтры;
 X1 и X2 — первый и второй переменные задержки;
 УПФ — узкополосный фильтр; ИФ — измеритель фазы

Полагаем, что объект пеленгации излучает немодулированное гармоническое колебание, которое описывается выражением

$$u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где: U_0 , ω_0 и φ_0 — амплитуда, несущая частота и начальная фаза сигнала.

Антенна Ан. вращается по кругу радиусом r с угловой скоростью Ω . Частота вращения Ω задается опорным генератором (ОГ), с выходным напряжением

$$u_{\text{ОГ}}(t) = U_{\text{ОГ}} \cos(\Omega t + \varphi_{\text{ОГ}}),$$

где: $U_{\text{ОГ}}$ и $\varphi_{\text{ОГ}}$ — соответственно, амплитуда и начальная фаза напряжения ОГ, которую полагаем равной $\varphi_{\text{ОГ}}=0$.

На практике вместо вращающейся антенны применяют неподвижные антенны, расположенные по окружности, которые последовательно и поочередно подключаются к входу приемника с частотой Ω .

В работе [3] показано, что выходное напряжение вращающейся антенны

$$u_1(t) = U_1 \cos \left[\omega_0 t + \frac{2\pi r}{\lambda} \sin(\Omega t - \alpha_0) + \phi_0 + \varphi_0 \right],$$

где: U_1 — амплитуда сигнала;

$\frac{2\pi r}{\lambda} = \beta$ — индекс модуляции;

α_0 — угловое положение цели;

ϕ_0 — начальная фаза;

φ_0 — некоторая фаза, определяемая исходным положением антенны.

Входной сигнал ЛТ $u_1(t)$ с помощью гетеродина Γ смещается вниз по частоте и на выходе ЛТ будет определен в виде

$$u_2(t) = kU_1 \cos \left[\omega_c t + \beta \sin(\Omega t - \alpha_0 + \alpha_1) + \phi_0' + \xi_1 \right],$$

где: k — коэффициент учитывающий непостоянство усилительных свойств ЛТ;

ω_c — несущая частота выходного сигнала ЛТ;

$\phi_0' = \phi_0 + \varphi_0$ — результирующая начальная фаза сигнала;

α_1 — фаза модулирующего сигнала, вызванная задержкой сигнала в ЛТ;

ξ_1 — фаза сигнала, вызванная его задержкой в ЛТ, нестабильностью ЛТ и начальной фазой гетеродина Г.

Преобразованный с помощью генератора КГ с частотой ω_{α} и начальной фазой φ_{α} выходной сигнал смесителя СМ

$$u_2'(t + \tau_{\phi 1}) = kU_1 \cos \left[\begin{array}{l} (w_c - w_r)(t + \tau_{\phi 1}) + \\ + \beta \sin [\Omega(t + \tau_{\phi 1}) - \alpha_0 + \alpha_1] + \\ + \phi_0' + \xi_1 + \varphi_r \end{array} \right],$$

в котором $\tau_{\phi 1}$ — временная задержка ПФ1.

Выходной сигнал второй линии задержки ЛЗ2 с временной задержкой τ_2

$$u_2''(t + \tau_2) = kU_1 \cos \left[\begin{array}{l} w_c(t + \tau_2) + \\ + \beta \sin [\Omega(t + \tau_2) - \alpha_0 + \alpha_1] + \phi_0' + \xi_1 \end{array} \right].$$

Сигнал, выделенный фильтром ПФ2 с временной задержкой $\tau_{\phi 2}$, из результата перемножения сигналов в Х1 определится выражением

$$u_3(t) = 0,5(kU_1)^2 \cos \left[\begin{array}{l} w_r t + \\ + \beta' \cos(\Omega t - \alpha_0 + \theta_1 + \alpha_1) + \varphi_1 \end{array} \right],$$

в котором $\beta' = 2\beta \sin \left[0,5\Omega(\tau_2 - \tau_{\phi 1}) \right]$ — вновь сформированный индексом модуляции, $\varphi_1 = w_c \tau_2 + (w_r - w_c)\tau_{\phi 1} - \varphi_r + w_r \tau_{\phi 2}$,

а $\theta_1 = 0,5\Omega(\tau_2 + \tau_{\phi 1} + 2\tau_{\phi 2})$.

Полученное выражение характеризуется отсутствием фаз ϕ_0' и ξ_1 . Кроме того, несущая частота сигнала $\omega_{\tilde{a}}$ и ее стабильность определяются параметрами КГ. Каждая спектральная составляющая $\omega_{\tilde{a}} \pm n\Omega$ сигнала $u_3(t)$ содержит информацию об угловом положении цели. Для выделения пеленга сигнал подается на корреляционный детектор, состоящий из перемножителя X2 и линии задержки ЛЗЗ с временной задержкой τ_3 . Поэтому выделенная на выходе X2 низкочастотная составляющая сигнала определится равенством

$$u_4(t) = 0,5(kU_1)^2 \cos \left[-\beta'' \sin \left[\begin{array}{l} \Omega t - \alpha_0 + \\ + \theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega\tau_3 \end{array} \right] + w_{\Gamma}\tau_3 \right]$$

где: $\beta'' = 2\beta' \sin(0,5\Omega\tau_3)$ — преобразованный индекс модуляции.

Начальная фаза $w_{\Gamma}\tau_3$ сигнала $u_4(t)$ определяет вид спектра. Так при выполнении равенства $w_{\Gamma}\tau_3 = m\pi$, где $m = 1, 2, 3, \dots$ напряжение $u_4(t)$ запишется

$$u_{4ч}(t) = \mp 0,5(kU_1)^2 \cos \left[\beta'' \sin \left[\begin{array}{l} \Omega t - \alpha_0 + \\ + \theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega\tau_3 \end{array} \right] \right],$$

а его разложение будет иметь вид

$$u_{4ч}(t) = \mp 0,5(kU_1)^2 \left[J_0(\beta'') + 2J_2(\beta'') \cos \left[\begin{array}{l} 2\Omega t - 2\alpha_0 + \\ + 2\theta_1 + 2\alpha_1 + \Omega\tau_3 \end{array} \right] + \right. \\ \left. + 2J_4(\beta'') \cos \left[\begin{array}{l} 4\Omega t - 4\alpha_0 + \\ + 4\theta_1 + 4\alpha_1 + 2\Omega\tau_3 \end{array} \right] + \dots \right].$$

Энергия сигнала $u_{4\div}(t)$ распределена только между четными составляющими спектра. Поэтому ИФ пеленгатора может работать на одной из четных гармоник частоты модуляции Ω . Знак минус указывает на то, что фазы всех спектральных составляющих имеют дополнительный сдвиг равный π .

При выборе в $u_4(t)$ начальной фазы из условия $w_T \tau_3 = 0,5m\pi$ (здесь $m = 1, 2, 5\dots$), исходное выражение запишется

$$u_{4H}(t) = \pm 0,5(kU_1)^2 \sin \left[\beta'' \sin \left[\begin{array}{l} \Omega t - \alpha_0 + \\ + \theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega \tau_3 \end{array} \right] \right],$$

а его разложение примет вид

$$u_{4H}(t) = \pm 0,5(kU_1)^2 \left[2J_1(\beta'') \cos \left[\begin{array}{l} \Omega t - \alpha_0 + \\ + \theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega \tau_3 \end{array} \right] + \right. \\ \left. + 2J_3(\beta'') \cos [3\Omega t - 3\alpha_0 + 3\theta_1 + 3\alpha_1 + 1,5\Omega \tau_3] + \right. \\ \left. + 2J_5(\beta'') \cos [5\Omega t - 5\alpha_0 + 5\theta_1 + 5\alpha_1 + 2,5\Omega \tau_3] + \dots \right].$$

В этом случае энергия сигнала будет распределена только между нечетными составляющими спектра, поэтому ИФ пеленгатора может работать на одной из нечетных гармоник частоты модуляции.

Одно из назначений линии ЛЗЗ — формирование на выходе детектора требуемой гармонической составляющей с максимальным уровнем, чем обеспечивается максимальное выходное отношение сигнал/шум. Для ее выделения на выходе Х2 включен УПФ фильтр со средней частотой равной частоте выделяемой спектральной составляющей $n\Omega$.

Установление уровня выбранной гармонической составляющей производится в два этапа. На первом этапе — изменением отношения r/λ или временной задержки τ_3 или же изменением как одного, так и другого параметра, чем задается индекс модуляции β'' , при котором значение функции Бесселя $J_n(\beta'')$ будет максимально. Для разных гармоник значения индекса модуляции будут иметь свое

значение, т.е. $\beta'' = \beta_n$, где $n = 1, 2, 3, \dots$ — номер выбранной гармоники. Так для первой гармоники максимум достигается при $\beta'' = \beta_1 = 1,9$, для второй — $\beta_2 = 3,1$ и т. д. На втором этапе, благодаря выполнению условия $\omega_{\Gamma} \gg \Omega$, незначительным уточнением τ_3 добиваются установления начальной фазы $\omega_a \tau_3$ равной $\omega_{\Gamma} \tau_3 = 0,5m\pi$ или $\omega_{\Gamma} \tau_3 = m\pi$. На этом этапе незначительные изменения τ_3 не окажут заметного отклонения значения функции Бесселя $J_n(\beta'')$ от максимального $J_n(\beta_n)$.

Таким образом, задержка в ЛЗЗ определяется выбором гармоники модулирующего колебания. Если выделенная гармоника $n\Omega$, то индекс модуляции β_n будет обеспечен при временной задержке

$$\tau_3 = \frac{2}{\Omega} \arcsin \left(\frac{\beta_n}{2\beta'} \right).$$

Выделенная фильтром УПФ из выходного сигнала перемножителя X2 рабочая гармоника, с учетом временной задержки τ_{δ} в фильтре, запишется как

$$u_{\text{сн}}(t) = \pm (kU_1)^2 J_n(\beta_n) \cos \left[n \left(\begin{array}{l} \Omega t - \alpha_0 + \\ + \theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega \tau_3 + \Omega \tau_{\phi} \end{array} \right) \right]$$

Выбор рабочей гармонической составляющей выше первого порядка, т.е. при $n \geq 2$ определяется, как указывается в [1, 2, 3], требуемой точностью измерений. Точность измерительного устройства определяется крутизной его характеристики. Для фазового детектора (ИФ) крутизна характеристики определяется значением частоты входного сигнала. Однако выбор за рабочую гармоническую составляющую частотой $n\Omega$ при $n \geq 2$ приводит к неоднозначности измерений углового положения цели [1, 2].

При однозначном отсчете углового положения цели работа ИФ ведется на первой гармонике напряжения $u_{\text{сн}}(t)$. Поэтому

из последнего выражения выходное напряжение УПФ определится, положив $n = 1$, равенством

$$u_{c1}(t) = (kU_1)^2 J_1(\beta_1) \cos \left[\begin{array}{l} \Omega t - \alpha_0 + \\ + \theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega\tau_3 + \Omega\tau_\phi \end{array} \right].$$

Для определения углового положения источника излучения используется ортогональная система сигналов, представляющая собой пару гармонических колебаний $\cos(\Omega t)$, $\sin(\Omega t)$. Такая пара колебаний формируется в устройстве формирования ортогональных сигналов ФОС из колебания ОГ. Для устранения фазового сдвига $\theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega\tau_3 + \Omega\tau_\phi$ на результат измерений на выходе ОГ включена линия ЛЗ1 с задержкой на время $\tau_1 = \frac{\theta_1 + \alpha_1 + 0,5\Omega\tau_3 + \Omega\tau_\phi}{\Omega}$. Тогда выходные колебания ФОС запишутся как

$$u_{01}(t) = U_0 \cos[\Omega(t + \tau_1)]; \quad u_{02}(t) = U_0 \sin[\Omega(t + \tau_1)].$$

В ИФ вычисляются проекции координат входного сигнала $u_{c1}(t)$ на координатные оси, в качестве которых выступает ортогональная пара колебаний $u_{01}(t)$ и $u_{02}(t)$. Поскольку уровень ортогональных составляющих $U_0 \gg (kU)^2 J_1(\beta_1)$, то проекции сигнала $u_{c1}(t)$ определяются равенствами

$$u_x = (kU_1)^2 J_1(\beta_1) \cos[\alpha_0]; \quad u_y = (kU_1)^2 J_1(\beta_1) \sin[\alpha_0].$$

Отсюда угловое положение цели определится как

$$\alpha_0 = \operatorname{arctg} \frac{u_x}{u_y}.$$

При необходимости повышения точности измерения пеленга в [1, 2] рекомендуется работать на более высокой гармонике $n\Omega$ частоты вращения антенны. В этом случае необходимо учитывать увеличение фазового сдвига в число раз соответствующее номеру гармоники n , что повлияет на выбор значений временных задержек в ЛЗ1 τ_1 и ЛЗ3 τ_3 .

Список литературы:

1. Астафьев Г.Л., Шебшаевич В.С., Юрков Ю.А. Радиотехнические средства навигации летательных аппаратов. М.: Советское радио, 1962. — 952 с.
2. Кукес И.С. Основы радиопеленгации / И.С. Кукес, М.Е. Старик. М.: Советское радио, 1964. — 640 с.
3. Сорочан А.Г., Добряк Д.А., Добряк О.А. Двухканальный доплеровский пеленгатор // Восточно-Европейский журнал. — 2013. — № 2/9 (62) — С. 34—38.

СЕКЦИЯ 8.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Гадаборшева Тамара Бимбулатовна

канд. техн. наук,

доцент кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции,

г. Волгоград

E-mail: daudzurab@gmail.com

Ефремова Галина Сергеевна

студент ВолгГАСУ,

г. Волгоград

E-mail: gasic5318@mail.ru

Захарьина Анна Янисовна

студент ВолгГАСУ,

г. Волгоград

E-mail: dzherri678@gmail.com

FEATURES OF THE FORMATION OF AIR ENVIRONMENT FOR COMPANIES ACCORDING TO THE VOLUME-PLANNING AND TECHNOLOGICAL FEATURES

Gadaborsheva Tamara

*candidate of technical Sciences,
associate Professor of the chair of heat and gas supply,
Volgograd*

Efremova Galina

*a student of the VGASY,
Volgograd*

Zacharina Anna

*a student of the VGASY,
Volgograd*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности формирования воздушной среды на предприятиях хлебопекарной и автомобильной продукции. Рассмотрены различные по технологии предприятия, но при обзоре объемно-планировочных решений и технологических особенностей наблюдается общая закономерность выделения вредных веществ от технологического оборудования и их распространение по всему объему цехов. Основная идея статьи выражается в необходимости расширенного анализа вышеперечисленных параметров для уточнения строительно-технологических решений в области вентиляции.

ABSTRACT

The article describes features of the formation of air environment for companies of the baking and automotive products. The various technology companies, but the review of volume-planning decisions and technological features there is a general pattern of emissions of harmful substances from the process equipment and diffusion throughout the workshops. The main idea expressed in the need for extensive analysis of the above parameters to refine the construction and technological solutions in the field of ventilation.

Ключевые слова: вредные выделения; мучная пыль; автотранспорт; технологический процесс; системы вентиляции; локализация.

Keywords: adverse selection; flour dust; transport; technological process; the system of ventilation; localization.

Среди многочисленных проблем, в промышленном производстве, в последнее время, особое место занимает вопрос повышения санитарно-гигиенических условий воздушной среды производственных помещений, что позволяет существенно уменьшить выплаты по экологическим и иным требованиям. Уточнение воздушораспределения в производственных цехах помимо улучшения качества воздушной среды позволяет решить несколько проблем: оптимизировать технологический процесс, модернизировать технологическую линию и производство и соответственно снизить затраты на единицу производимой продукции [7, с. 18].

При оптимальной организации технологического процесса ставятся следующие задачи:

- необходимость организовать и наладить производственный технологический процесс таким образом, чтобы исключить или снизить до минимума выбросы в атмосферу вредных веществ;
- обеспечить максимальную очистку воздуха от вредных веществ;
- вредные примеси, оставшиеся в воздухе после очистки, надлежит рассеять таким образом, чтобы концентрация в воздухе прилегающей территории и на промышленной площадке не превышала допустимой нормы.

Для выполнения данных задач, необходимо знать объемно-планировочные решения, технологию процессов протекающих в помещениях, а также характер загрязняющих вредных выделений.

Объемно-планировочные и конструктивные решения производственных зданий в зависимости от назначения рекомендуется принимать с использованием унифицированных габаритных схем и прогрессивных строительных конструкций одноэтажных и многоэтажных зданий, исходя из принципа максимально возможного блокирования, объединяя в одном здании производственные, складские, подсобные и вспомогательные помещения. В целях снижения стоимости строительства и эксплуатационных расходов следует сокращать количество мелких помещений и по возможности размещать производственные участки в одном помещении, в связи с чем для хлебопекарных предприятий рекомендуется:

- производственные процессы с аналогичными вредностями размещать в одном помещении;
- помещения мастеров, сменных технологов и т. п. располагать в производственных помещениях на участках с наиболее благоприятными санитарно-гигиеническими условиями, отделяя их от общего зала остекленными перегородками высотой 2,0 м;
- отделения с тепловыделениями рекомендуется размещать в отдельном помещении [7, с. 40].

Высоту этажей производственных помещений хлебозавода следует принимать в зависимости от габаритов устанавливаемого оборудования и назначения помещений, но не менее 4,8 м для многоэтажных зданий и 4,2 м — для одноэтажных. Сетка колонн может быть принята 6,0х6,0; 6,0х9,0; 6,0х12,0 м для многоэтажных зданий, 6,0 х12,0; 6,0 х18,0; 6,0 х24,0 м — для одноэтажных.

В стенах и перекрытиях зданий по этажам должны предусматриваться монтажные проемы с размерами, отвечающим габаритам технологического оборудования и строительным конструкциям.

Внутреннюю отделку помещений рекомендуется выполнять в соответствии с нормативной характеристикой.

Выбор типа пола следует производить по технологическим данным в зависимости от характеристики условий его эксплуатации, в соответствии с требованиями СНиП 2.03.13-88.

Еще одним из рассматриваемых примеров являются предприятия по обслуживанию автомобилей.

Характер и количество распространяемых по помещениям автотранспортных предприятий (станции по обслуживанию, различные посты по техническому осмотру автомобилей и другие предприятия) [4, с. 126].

Высота помещений для постов технического обслуживания и ремонта автомобилей должна определяться расчетом исходя из условий, что наименьшее расстояние от верха автомобиля, находящегося на подъемнике, или от верха поднятого кузова автомобиля-самосвала, стоящего на полу, до низа конструкций покрытия или перекрытия или до низа выступающих частей грузо-подъемного оборудования должно быть не менее 0,2 м.

Высота этих помещений независимо от расчета должна быть не менее 2,8 м [1].

Для выполнения отдельных видов или группы работ ТО и ТР подвижного состава, устанавливаемых технологической частью проекта, с учетом санитарных требований, следует предусматривать отдельное помещение.

На автотранспортных предприятиях должны предусматриваться отдельные производственные помещения для размещения:

- постов мойки и уборки автомобилей;
- отделений: моторного, агрегатного, токарно-механического электротехнического;
- приборов питания;
- аккумуляторного;
- участков: кузнечно-рессорного, сварочно-жестяницкого, медницкого;
- окрасочного;
- столярного;
- обойного;
- шиномонтажа и вулканизации.

Кроме того, должны предусматриваться отдельные складские помещения для хранения шин, смазочных, лакокрасочных материалов, химикатов сгораемых материалов (текстильных, бумажных, картонных, резиновых), также агрегатов и деталей в сгораемой таре.

Перечисленные рекомендации имеют общий характер. Рассмотрим решение задачи формирования воздушной среды на примере хлебопекарных предприятий и автотранспортных предприятий.

Хлебозавод — промышленное предприятие, где все процессы по производству мучных изделий автоматизированы, предназначенное для массового производства хлеба, булочных, мучных кондитерских, сухарных и бараночных изделий.

Производство хлеба и кондитерских изделий осуществляется по схеме, которая включает следующие основные стадии: приём и хранение сырья; подготовка сырья к производству; дозирование компонентов; приготовление теста; выпечка хлеба (В основном для выпечки хлеба используются печи серии ПК-16Э/Г, ПК-9Э, ПК-9Г, ПК-5Э); хранение и отпуск хлеба, и ряд других вспомогательных операций.

Кроме того производственный процесс выпечки хлеба не обходится без дрожжевого отделения. Дозировка дрожжей происходит либо автоматически, либо вручную.

Основными вредностями, выделяемыми в процессе производства хлебобулочных и кондитерских изделий, являются различные виды органической пыли, газов и паров.

Мучная пыль, выделяется при хранении и подготовке сырья. Она вызывает опасные аллергические реакции, является причиной различных хронических заболеваний, дыхательной системы, системы пищеварения раковых заболеваний. Пары этилового спирта, выде-

ляемые при брожении, вызывают раздражение слизистых оболочек, слезоточение. Пары углекислого газа могут послужить причиной летального исхода при длительном вдыхании.

Уксусный альдегид является раздражителем слизистой оболочки глаз, а также оказывает общее наркотическое действие на центральную нервную систему. Низкие концентрации вызывают раздражение слизистых носа и верхних дыхательных путей, а также катар бронхов. Обширный контакт может привести к повреждению роговичного эпителия, вызывать головную боль, ступор, бронхит и отек легких [6].

Акролеин, выделяемый при выпечке хлеба, токсичен и обладает сильным раздражительным действием, его пары могут вызывать поражение дыхательных путей. Контакт с кожей может привести к серьезным ожогам [6].

Кроме того, данным вредным выделением присвоен определенный класс опасности вещества [3, с. 6].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что на хлебопекарных предприятиях имеют место практически все виды вредных выделений, которые, в свою очередь оказывают отрицательное воздействие, как на микроклимат самого помещения, так и на работающий персонал. Соответственно, необходимо проводить ряд мероприятий, по снижению воздействия вредных выделений, в частности мероприятий по применению локализирующих устройств, новейших вентиляционных решений.

Требуемые параметры воздушной среды в производственных помещениях поддерживаются в заданных пределах при помощи рациональной организации общеобменной и местной вентиляции. Схемы организации воздухообмена разрабатываются с учетом технологии производства и видов выделяющихся вредностей таким образом, чтобы пыль не могла бы накапливаться до опасных концентраций [3, с. 8].

Вентиляция производственных помещений должна быть рассчитана с учетом поглощения избытков тепла и влаги, выделяемых оборудованием, электродвигателями, готовой продукцией, людьми и солнечной радиацией, с целью обеспечения нормируемых метеорологических и санитарно-гигиенических условий в рабочей зоне.

В большинстве случаев, в производственных помещениях хлебопекарных предприятий, проектируется приточно-вытяжная механическая и естественная вентиляция, рассчитанная на поглощение избытков тепла и влаги, а также удаление вредных выделений от оборудования и готовой продукции. Ввиду того, что большинство выделяющихся вредностей имеют место в нижних частях помещения,

вытяжные шахты устраиваются в верхней части производственных помещений [3, с. 9].

Например, в пекарном зале основной вредностью являются большие тепловыделения.

На рабочих местах у печей предусматривается воздушное душирование. Для подачи воздуха на рабочее место, можно использовать тканевые воздуховоды.

Для сдува горячих газов и паров, вырывающихся из печного устья хлебопекарной печи, предусматриваются воздушные завесы, с подачей воздуха сверху-вниз.

В экспедиции хлебохранилища у дверей предусматривается воздушная завеса. Воздух, подаваемый на завесу забирается с верхней зоны цеха.

Для удаления мучной пыли от тестомесильных машин, просеивателей предусматривается система местной вентиляции (аспирация). Системы местной вытяжной вентиляции производственных помещений хлебозаводов должны предусматриваться отдельными для веществ, соединение которых может образовывать взрывоопасную смесь или создавать более опасные и вредные вещества [2, с. 2]. При соблюдении всех норм и требований, а также при учете особенностей конкретного предприятия наблюдается снижение общего числа неблагоприятных случаев.

В технологических процессах технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы: повышение запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны; нагрев поверхностей оборудования, материалов; изменение влажности, температуры и подвижности воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума, вибраций на рабочем месте при ремонтных и контрольно-диагностических операциях; недостаточная освещенность рабочей зоны; наличие в составе применяемых материалов вредных компонентов, воздействующих на кожный покров, дыхательные пути, пищеварительную систему и слизистые оболочки органов зрения и обоняния работающих.

Производственные участки с выделениями вредных веществ, паров, пыли (кузнечно-рессорный, сварочный, малярный участки, ремонта приборов системы питания, деревообработки) должны быть изолированы от других помещений. Помещения для технического обслуживания, диагностирования, текущего ремонта и хранения автомобилей оборудуют приточно-вытяжной, а канавы, траншеи —

приточной вентиляцией, они не должны загромождаться посторонними предметами.

Количество вредностей, сопутствующих перечисленным технологическим процессам не всегда удается точно установить. Если бы была точно определена количественная сторона дела, а также характер распространения вредных выделений по помещению, то выделения вредных веществ и их воздействие можно было бы регулировать простым определением воздухообмена при общеобменной вентиляции.

К сожалению, в большинстве случаев невозможно определить количество выделяющихся вредностей, а также динамику их выделения по времени. Поэтому для правильного и экономичного формирования выбросов загрязняющих веществ на предприятиях по обслуживанию автотранспорта необходимо самым тщательным образом проанализировать строительные конструкции здания, выступающие в качестве ограждений при протекании загрязняющих воздушных масс; технологический процесс, как источник выделения вредных веществ и сам процесс их выделения.

Помещения, где производят регенерацию масла, зарядку аккумуляторных батарей, малярные и другие работы, связанные с выделением взрывоопасных веществ, должны иметь отдельную систему приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением.

Основными производственными вредностями на станциях обслуживания следует считать:

- в помещениях для хранения автомобилей — оксид углерода, углеводороды, аэрозоли свинца, оксиды азота и альдегиды;
- в помещениях для технического обслуживания, диагностирования и текущего ремонта автомобилей — оксид углерода, углеводороды, оксиды азота и альдегиды;
- в аккумуляторных отделениях — пары серной кислоты, при ремонте аккумуляторов — аэрозоли свинца и его окислов;
- в шиноремонтном отделении — пыль резины, тепло, пары бензина;
- в помещениях, кроме перечисленных выше, — ангидрид серный, ангидрид сернистый, ацетон, бензин, бензол, 3,4-бензпирен, керосин, кислота серная, кислота соляная, ксилол, масла минеральные (нефтяные), озон, свинец и его неорганические соединения, сода кальцинированная, тетраэтилсвинец.

Во всех помещениях станции по обслуживанию, различных постов по техническому осмотру автомобилей обычно проектируют общеобменную приточно-вытяжную систему вентиляции с механическим

побуждением. Вентиляционные установки, обслуживающие помещения зданий, размещаются в специально отведенных венткамерах.

Забор воздуха для приточных установок производится через решетки, расположенные на фасадах зданий. Выброс воздуха от вытяжных систем выводится выше кровли с соблюдением требований по размещению с воздухозаборами.

Удаление воздуха осуществляется сверху (в административных), а также из верхней и нижней зон в пропорции 50/50 (ремонтные зоны, помещение автостоянки).

Выброс воздуха от вытяжных систем производится над кровлей вытяжными шахтами. Выброс от вытяжных систем, обслуживающих помещения ремонтных зон, осуществляется на высоте не менее 2 м выше крыши.

В автостоянках вытяжка предусмотрена из верхней и нижней зон поровну. Приток предусмотрен в верхнюю зону в основные проезды [5, с. 79]

Обобщая рассмотренные факторы для предприятий хлебопекарной и автомобильной продукции, следует обратить внимание на следующие:

- сколько выделяется вредностей, и каких именно, в единицу времени;
- какова степень неравномерности выделения вредностей;
- каким образом поступает вредность в воздух помещения;
- как распространяется вредность по помещению и где создается ее наибольшая концентрация;
- каковы используемые технологические и вентиляционные мероприятия по снижению выделения загрязняющих веществ.

Следовательно, проанализировав объемно-планировочные решения, характер и количество выделяемых вредностей на рассмотренных предприятиях возможно установить требуемые параметры воздушной среды используя в качестве инструмента организацию воздухообмена методами и средствами приточно-вытяжной вентиляции.

Список литературы:

1. ВСН 01-89. Предприятия по обслуживанию автомобилей. М.: Минавтотранс РСФСР, 1990.
2. Гадаборшева Т.Б., Луканин Д.В. Научная работа. «Пожаро- и взрывоопасность зерноперерабатывающих производств. Требования к системам вентиляции» XII Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии», Пенза, 2010. — 3 с.

3. ГОСТ 12.1.005-88*. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]: введ. 1989-01-01 М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. — 13 с.
4. Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. М.: Издательство «Прогресс», 1973. — 340 с.
5. Клебанов Б.В. Проектирование производственных участков авторемонтных предприятий. М.: Транспорт, 1975. — 175 с.
6. Перечень профессиональных заболеваний от 27 апреля 2012 г. № 417 н. г. Москва.
7. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. М.: АСВ, 2001. — 564 с.

**АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ
АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ
СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ
В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ**

Лебедев Михаил Сергеевич

*канд. техн. наук, инженер кафедры
«Строительного материаловедения, изделий и конструкций»
Белгородского государственного технологического университета
им. В.Г. Шухова,
г. Белгород
E-mail: michaelL1987@yandex.ru*

Жерновский Игорь Владимирович

*канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник НИИ
«Наносистемы в строительном материаловедении»,
доцент кафедры «Строительного материаловедения,
изделий и конструкций»
Белгородского государственного технологического университета
им. В.Г. Шухова,
г. Белгород
E-mail: zhernovsky.igor@mail.ru*

Фомина Екатерина Викторовна

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник НИИ «Наносистемы в
строительном материаловедении», доцент кафедры «Строительного
материаловедения, изделий и конструкций» Белгородского
государственного технологического университета им. В.Г. Шухова,
г. Белгород
E-mail: fomina.katerina@mail.ru*

Потапова Ирина Юрьевна

*инженер кафедры «Строительного материаловедения,
изделий и конструкций»
Белгородского государственного технологического университета
им. В.Г. Шухова,
г. Белгород
E-mail: irishka-31.90@mail.ru*

**ASPECTS OF APPLICATION OF INFRARED
SPECTROSCOPY FOR ALUMINOSILICATE
RAW COMPONENTS IN BUILDING
MATERIALS STUDY**

Lebedev Mikhail

*phD (technical sciences), engineer of Construction material science,
products and structures Department, Belgorod State Technological
University named after V.G. Shoukhov,
Belgorod*

Zhernovsky Igor

*phD (geology and mineralogy), Senior Research Scientist of research
institute “Nanosystems in building materials”, associate professor of
Construction material science, products and structures Department,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov,
Belgorod*

Fomina Ekaterina

*phD (technical sciences), Senior Scientist of research institute
“Nanosystems in building materials”, associate professor of Construction
material science, products and structures Department, Belgorod State
Technological University named after V.G. Shoukhov,
Belgorod*

Potapova Irina

*engineer of Construction material science, products and structures
Department, Belgorod State Technological University named
after V.G. Shoukhov,
Belgorod*

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований алюмосиликатных пород осадочной толщи методом инфракрасной спектроскопии. Установлено, что различный химический и минеральный составы материалов оказывают существенное влияние на характер ИК-спектров. Отмеченные факты свидетельствуют о различной структуре рассматриваемых материалов, что характеризует степень их стабильности и активности к различным реагентам и средам. Комплексное изучение состава веществ позволит предложить и обосновать области использования алюмосиликатных пород для получения различных строительных материалов.

ABSTRACT

This article describes the results of studies of aluminosilicate sedimentary rocks by means of infrared spectroscopy. It was found that the different chemical and mineral compositions of the materials have a significant impact on the nature of IR spectras. These facts are the indicative of a different structure of tested materials, which characterizes the degree of stability and activity to the various reactants and surroundings. Comprehensive study of the composition of substances aims to propose and justify the possible application of aluminosilicate rocks for various building materials.

Ключевые слова: инфракрасная спектроскопия; алюмосиликатные породы; слоистые и каркасные структурные фрагменты; полосы поглощения.

Keywords: infrared spectroscopy; aluminosilicate rocks; layered and frame structural fragments; the absorption band.

Работа выполнена при финансовой поддержке: Министерства образования и науки Российской Федерации, государственное задание 3.4601.2011; РФФИ, договор 12-08-97603; в рамках гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых МК 6170.2013.8.

В настоящее время одним из широко распространенных методов исследования структурно-группового состава вещества, применяемом в химии, материаловедении, наноиндустрии и других сферах деятельности человека, связанных с получением материалов, является инфракрасная спектроскопия. Универсальность этого метода делает его важнейшим инструментом изучения структурных особенностей вещества. Индивидуальность спектров соединений, т. е. невозможность существования одинаковых спектров у двух различных соединений, позволяет достаточно точно установить структуру молекул в веществе. Данное обстоятельство позволяет достаточно четко интерпретировать вид и характер структурных связей, наличие тех или иных молекулярных группировок в материале независимо от его состояния (аморфные, микро- и нанокристаллические и др.). Неслучайно, этот инструмент исследований достаточно широко применяется в строительном материаловедении при анализе сырьевых и композиционных материалов, вяжущих и др.

В большинстве своем, для получения различных видов строительных материалов находят применение силикатсодержащие

горные породы, слагающие минералы которых являются самыми распространенными на Земле. Элементарной структурной единицей силикатов является тетраэдр SiO_4 . При этом атомы кислорода в них могут быть связаны с двумя атомами кремния — мостиковые связи Si-O-Si , или с одним — немостиковые связи Si-O . Исходя из соотношения концевых (немостиковых) атомов кислорода к мостиковым выделяют 5 типов структурных силикатных группировок (рис. 1) [1].

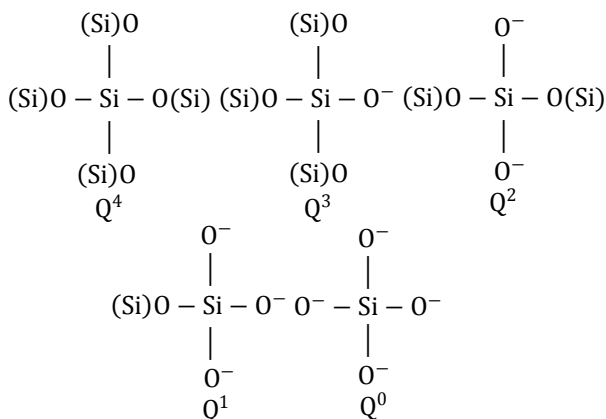


Рисунок 1. Основные структурные единицы силикатов [1]

Другим важнейшим компонентом минералов большинства горных пород является алюминий, находящийся в алюмосиликатах либо в тетраэдрической координации, либо в октаэдрической.

Такое разнообразие в типе и характере структурных связей, их длине, валентных углах, находит свое отражение в энергии молекулярных группировок, различия в значениях которой имеют место в виде характерных для каждой из групп полос поглощения на инфракрасных спектрах этих соединений.

Алюмосиликатные породы осадочной толщи, исследуемые в настоящей статье, согласно данным химического состава по численному отношению оксидов алюминия и кремния условно были разделены на две группы [3, 5]. По результатам РФА отобранные пробы имеют минеральный состав, характерный для осадочных пород. Они представляют собой полиминеральные системы преимущественно силикатного состава, в состав которых входят кварц, глинистые минералы, слюды и полевые шпаты [5]. Однако знание только

химического и минерального составов не дает полного представления о структуре исследуемых пород, учитывая тот факт, что часть вещества является рентгеноаморфным. В связи с этим целью данных исследований являлось изучение состава, типа и характера структурных связей в веществе с помощью инфракрасной спектроскопии, а также сопоставление данных, полученных различными методами анализа, и установление взаимосвязи.

Рассматриваемые исследования производились с помощью ИК-Фурье спектрометра VERTEX 70 фирмы Bruker Optics (Германия) в научно-исследовательской лаборатории синтеза и исследований наносистем, ИК-спектроскопии и дисперсивного анализа секции «Наносистемы в строительном материаловедении» БГТУ им. В.Г. Шухова. Съемку проводили в среднем инфракрасном диапазоне от 370 до 4000 см^{-1} с использованием программного обеспечения OPUS. Образцы снимались на поглощение в таблетке с KBr.

Схожий минеральный состав исследуемых пород предопределяет наличие в спектрах одних и тех же полос поглощения (рис. 2—4). Однако форма профилей, ширина самих полос и их интенсивность свидетельствуют о присутствии в них различных силикатных и алюмосиликатных молекулярных группировок, а также воды в различных состояниях.

Для первой группы (с высоким отношением $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$) характерно проявление нескольких полос поглощения в профиле 1000—1100 см^{-1} . В частности полосы 1009 и 1032 см^{-1} приписывается валентным колебаниям мостиковых связей Si-O-Si(Al) в кристаллической решетке минералов группы каолинита [25] (рис. 2). Это согласуется со слоистым строением последнего, анион которого можно описать структурной группой Q^3 .

При этом с увеличением содержания алюминия происходит снижение частот колебаний мостиковых связей [1]. Этим объясняется смещение последней полосы в область 1043 см^{-1} в спектрах проб с малым содержанием Al_2O_3 , отнесенным ко второй группе (рис. 3). Данное обстоятельство согласуется с тем фактом, что в материалах второй группы (с низким отношением $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$) содержание каолинита, являющегося основным алюминийсодержащим минералом рассматриваемых систем, минимально [5]. О наличии некоторого количества каркасных группировок Si-O-Si (Q^4) кристаллического кварца и полевых шпатов в структуре образцов первой группы говорят полосы поглощения в интервале 1085—1105 см^{-1} (рис. 2), однако интенсивность этих полос в пробах второй группы значительно выше (рис. 3, 4), что можно объяснить присутствием большего количества

каркасных структурных фрагментов SiO_2 , в том числе аморфного кремнезема в кристобалит-тридимитовых опалах [4, 15, 16, 19].

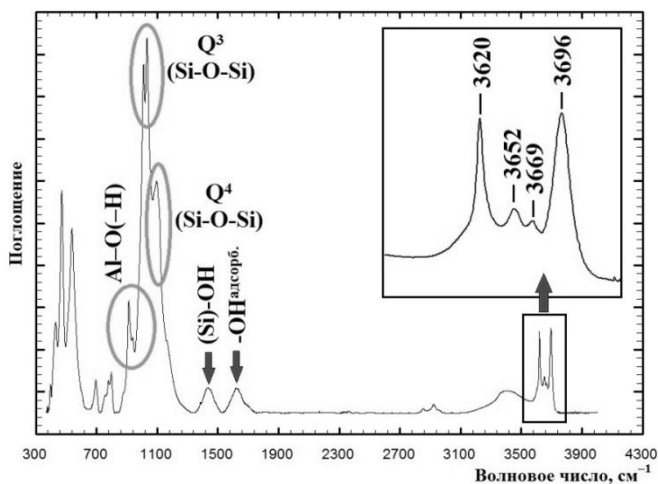


Рисунок 2. ИК-спектр алюмосиликатных пород с высоким отношением $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$

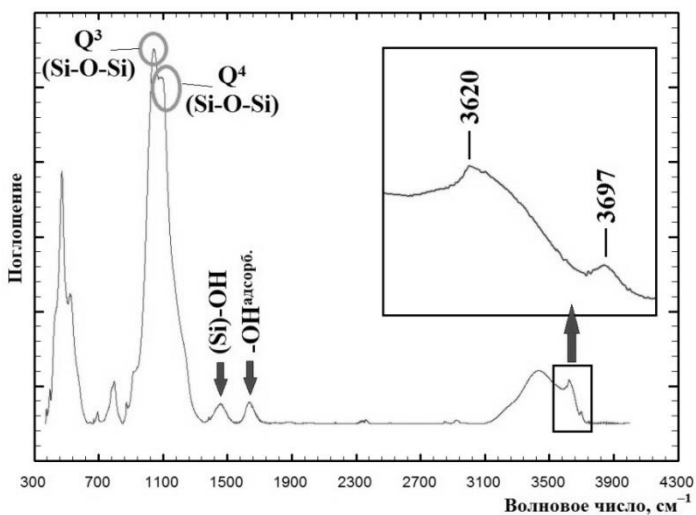


Рисунок 3. ИК-спектр алюмосиликатных пород с низким отношением $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$

Появление полос поглощения в области $900\text{--}1000\text{ см}^{-1}$ интерпретируется валентными колебаниями немостиковых связей Si-O в различных силикатных и алюмосиликатных группировках, а также в простых орто- и диортосиликатных анионах в аморфной фазе [1, 4]. В данных алюмосиликатных системах полос 913 и 940 см^{-1} объясняются проявлением деформационных колебаний немостиковой связи Al-O(-H) [10, 15, 19].

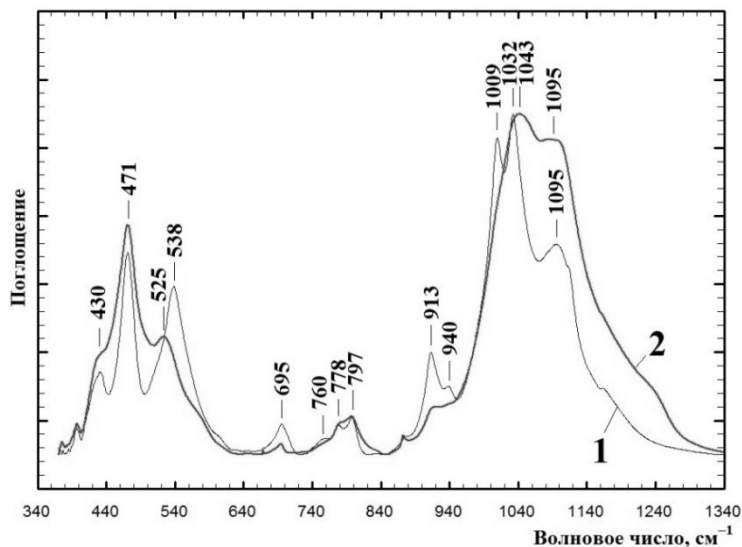


Рисунок 4. Область «отпечатков пальцев» в ИК-спектрах алюмосиликатного сырья различного состава: 1 — с высоким отношением Al_2O_3/SiO_2 ; 2 — с низким отношением Al_2O_3/SiO_2

Полосы поглощения от 1100 до 1300 см^{-1} можно интерпретировать как ассиметричные колебания внешних Si-O-связей [17, 20]. Их интенсивность в образцах второй группы значительно выше (рис. 3, 4), что можно объяснить наличием в пробах большого числа силикатных структурных фрагментов кристобалит-тридимитовых опалов из остатков древних водорослей с высокой удельной поверхностью.

Полосы в области от 420 до 800 см^{-1} (430 , 471 , 525 , 538 , 695 , 778 и 797 см^{-1}) в пробах обоих типов можно интерпретировать связями Si-O-Si (Al). Полосы при 760 , 695 и 538 см^{-1} в каолинитсодержащих материалах можно отнести к различным колебаниям Si-O и Al-O

в подобных системах слоистых алюмосиликатов [26]. При этом первые две из них можно охарактеризовать как искажение тетраэдрических и октаэдрических слоев [21]. В частности полосы в области 471 и 695 см^{-1} относятся к деформационным колебаниям угла Si–O–Si, включающие мостиковый кислород, а 778 и 795 см^{-1} — к валентным симметричным колебаниям Si–O–Si, характерным для кремния в тетраэдре SiO_4 [16]. Наличие полос поглощения при волновых числах 537 и 778 см^{-1} приписывается колебаниям мостиков Si–O–Al в слюдах и гидрослюдах [10]. Значительно меньшее содержание глинозема во второй группе материалов отражается в снижении интенсивности этих полос (рис. 3, 4). Этим же можно объяснить смещение полосы 537 см^{-1} в область 525 см^{-1} , что имеет место для монтмориллонитов по данным многих исследователей [13, 18, 22, 24].

Анализируя спектры по присутствию воды в различных ее состояниях, можно выделить следующее. Полоса поглощения 1400—1450 см^{-1} , соответствующая деформационным колебаниям групп OH^- в вершинах кремнекислородных тетраэдров, является отличительной особенностью силикатов [7, 12]. Частоты в области 3200—3750 см^{-1} относятся к валентным колебаниям OH -групп. Появление этой полосы вызвано наличием в образцах адсорбированной и капиллярной воды. Деформационные колебания этих группировок лежат в области 1635 см^{-1} (рис. 2, 3).

Группа пиков поглощения в интервале между 3500 и 3750 см^{-1} обусловлена группами OH в слюдах и глинистых минералах. «Внутренние группы» OH , т. е. полностью окруженные атомами алюминия и кислорода внутри гиббситового слоя, проявляются при частоте 3619 см^{-1} (рис. 2, 3) [10]. Полосы при 3652, 3669, 3696 см^{-1} относятся к валентным колебаниям «внутренних поверхностных» групп OH , т. е. расположенных у границы гиббситового слоя и способных образовывать водородные связи с прилегающим кремнеземистым слоем [10, 14]. Наличие всех вышеперечисленных полос характерно для проб первой группы (рис. 2). В спектрах проб второй группы имеются только две полосы при 3620 и 3697 см^{-1} со своими характерными профилями, отличными от материалов первой группы, что свидетельствует о различиях в составе (рис. 3). Деформационные колебания OH -групп алюмокислородных октаэдров каолинита имеют поглощения при 940 и 913 см^{-1} , которые характеризуют вышеописанные поверхностные и внутренние группы соответственно (рис. 2) [23, 25]. На OH -группах слоистых силикатов по механизму образования водородных связей возможна адсорбция

воды или других агентов с кислородными атомами на поверхности. В этой связи активность, в частности, каолинита проявляется за счет «гидроксильных» ОН на базисных поверхностях его «пластинок». У других слоистых алюмосиликатов (монтмориллонита, иллита и биотита) поверхностные группы ОН имеются только на «периферийных» поверхностях.

Согласно традиционным представлениям, степень активности к внешним воздействиям (различным реагентам, условиям и др.) силикатных и алюмосиликатных систем снижается при переходе от островных группировок (начиная от Q^0) к каркасным структурам (Q^4). Это объясняется различным количеством немостиковых связей в силикатных структурных фрагментах фаз, слагающих природный материал. Отсюда можно сделать вывод о большей активности слоистых алюмосиликатов в рассматриваемых системах (преимущественно глинистых минералов) по сравнению с каркасными (кварц и полевые шпаты). Реакционная способность минералов каркасной структуры (полевых шпатов, кварца и др.) напрямую зависит от количества немостиковых связей Si–O, появление которых в системе возможно только после интенсивного диспергирования. Данное обстоятельство имеет место при получении известково-кремнеземистых вяжущих, тонкомолотых цементов, вяжущих низкой водопотребности и др. [6, 9]. При этом, стоит отметить, что традиционно для получения данных вяжущих в качестве кремнеземистого компонента применяют в основном кварцевые или кварц-полевошпатовые пески. Однако в последнее время все больше исследований посвящено использованию различных видов алюмосиликатного сырья с качественным повышением характеристик изделий [2, 8, 11]. Эффективность применения глинистого сырья для производства автоклавных материалов обусловлена высокой пуццолановой активностью, связанной с поглощением извести, которая объясняется высокой дисперсностью подобных материалов, ионообменными свойствами. Все это согласуется с вышеописанным представлением об активности структурных типов алюмосиликатов. В связи с чем, можно предложить и другие сферы использования пород с содержанием слоистых алюмосиликатов при получении строительных материалов, в которых минералы со структурными мотивами $<Q^4$ (в данном случае Q^3) будут являться активным компонентом вяжущих и композиционных материалов в целом (например, наполнители в полимерные и органические композиты, гипсовые вяжущие и др.).

Результаты представленных в настоящей работе исследований алюмосиликатных материалов с помощью инфракрасной спектро-

скопии согласуются с ранее описанными данными химического и минерального состава [5] и подтверждают отмеченные различия. Таким образом, можно говорить, что метод ИК-анализа является универсальным инструментом для исследования материалов, дополняющий рентгенофазовый и химический анализы. Сведения, полученные при помощи всего комплекса исследований фазового состава вещества, дают представления о его структуре, что позволяет предложить конкретные области применения исследуемых горных пород и отходов производств в том числе для получения строительных материалов. Кроме того, инфракрасная спектроскопия является незаменимым средством изучения аморфных материалов, изменений в структуре при активации и модификации, идентификации новообразований и т. п. Все это делает рассматриваемый в настоящей статье метод анализа неотъемлемой частью строительного материаловедения.

Список литературы:

1. Анфилогов В.Н., Быков В.Н., Осипов А.А. Силикатные расплавы; Ин-т минералогии УрО РАН. М.: Наука, 2005. — 357 с.
2. Володченко А.Н., Ходыкин Е.И., Строкова В.В. К проблеме использования попутно добываемого сырья угольных месторождений для производства автоклавных силикатных материалов // «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов»: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Белгород, 5—8 окт. 2010 г.). — Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. — Ч. 1. — С. 110—113.
3. Изменение свойств минеральных порошков из алюмосиликатного сырья под влиянием термической модификации / М.С. Лебедев, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, И.Ю. Потапова // Строительные материалы. — 2012. — № 9. — С. 68—70.
4. Колесова В.А. Исследование инфракрасных спектров поглощения силикатных стекол, содержащих магний // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. — 1965. — Т. 1, № 11. — С. 2020—2025.
5. Лебедев М.С., Потапова И.Ю., Лютенко А.О. Особенности состава алюмосиликатного сырья с точки зрения его использования для получения дорожно-строительных материалов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2013. — № 5 (52). — С. 70—74.
6. Оценка влияния кварца различного происхождения на свойства ВНВ / А.И. Бондаренко, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, Ю.В. Фоменко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2012. — №3. — С. 41—44.

7. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры силикатов. — М.: Изд-во МГУ, 1967. — 190 с.
8. Прессованные силикатные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита / В.В. Строкова, Н.И. Алфимова, В.С. Черкасов, Н.Н. Шаповалов // Строительные материалы. — 2012. — № 3. — С. 14—15.
9. Разработка композиционного вяжущего на основе кремнеземистых пород / В.С. Лесовик, В.В. Строкова, Е.И. Ходыкин, А.Н. Кривенкова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2009. — № 1. — С. 25—28.
10. Уоррел У. Глины и керамическое сырье [пер. с англ.]. — М.: Изд-во «Мир», 1978. — 241 с.
11. Фомина Е.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Особенности фазообразования силикатных ячеистых изделий автоклавного твердения с алюмосиликатным сырьем // Строительные материалы. — 2012. — № 9. — С. 38—39.
12. Шишелова Т.И., Созинова Т.В., Коновалова А.Н. Практикум по спектроскопии. Вода в минералах: учеб. пособие. — М.: Изд-во «Академия Естествознания», 2010. — 47 с.
13. Activation of Bentonite and Talc by Acetic Acid as a Carbonation Feedstock for Mineral Storage of CO₂ / P. Ptaček, M. Noskova, F. Šoukal, T. Opravil, J. Havlica, J. Brandštetr // Atomic Absorption Spectroscopy. — 2012. Vol. 20. — P. 221—258.
14. Alteration of kaolinite to cancrinite and sodalite by simulated hanford tank waste and its impact on cesium retention / H. Zhao, Y. Deng, J.B. Harsh, M. Flury, J.S. Boyle // Clays and Clay Minerals. — 2004. Vol. 52. № 1. — P. 1—13.
15. Alteration of smectites by treatments with hydrochloric acid and sodium carbonate solutions / P. Komadel, D. Schmidt, J. Madejova, B. Cicel // Applied Clay Science. — 1990. № 5. — P. 113—122.
16. Chaisena A. Synthesis of sodium zeolites from lampang diatomite applied for ammonium ion removal: A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemistry. — Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2004. — 161 p.
17. Conversion of rice husk ash to zeolite beta / D. Prasetyoko, Z. Ramli, S. Endud, H. Hamdan, B. Sulikowski // Waste Management. — 2006. № 26. — P. 1173—1179.
18. Dehydroxylation mechanisms in Al³⁺/Fe³⁺ dioctahedral phyllosilicates by quantum mechanical methods with cluster models / Molina-Montes E., Timón V., Hernández-Iaguna A., Sainz-díaz C.I. // Geochimica et Cosmochimica Acta. — 2008. Vol. 72, Issue 16. — P. 3929—3938.

19. Farmer V.C. *The Infrared Spectra of Minerals* (Mineralogical Society monograph). Mineralogical Society of Great Britain & Ireland. 1977. — 539 p.
20. Flanigen E.M., Khatami H., Szymanski H.A. In *Molecular Sieve Zeolites // Advances in Chemistry Series*. — 1971. № 101. — P. 201—228.
21. Hoch M., Bandara A. Determination of the adsorption process of tributyltin (TBT) and monobutyltin (MBT) onto kaolinite surface using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. — 2005. Vol. 253. — P. 117—124.
22. Madejová J., Pálková H., Komadel P. (2006). Behaviour of Li⁺ and Cu²⁺ in heated montmorillonite: Evidence from far-, mid-, and near-IR regions // *Vibrational Spectroscopy*. — 2006. Vol 40. Issue 1. — P. 80—88.
23. Modification of kaolinite surfaces through mechanochemical treatment — a mid-IR and near-IR spectroscopic study / R.L. Frost, E. Mako, J. Krsitof, J.T. Kloprogge // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. — 2002. Vol. 58. — P. 2849—2859.
24. Tyagi B., Chudasama Ch.D., Jasra R.V. (2006). Determination of structural modification in acid activated montmorillonite clay by FT-IR spectroscopy // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. — 2006. Vol. 64. Issue 2. — P. 273—278.
25. Van der Marel H.W. and Beutelspacher H. *Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and Their Admixtures*. 1st Ed., Elsevier, Amsterdam, 1976. — 396 p.
26. Worln R.G. Structural aspects of kaolinite using infrared absorption // *The American Mineralogist*. — 1963. Vol. 48. — P. 390—399.

**ТЕРМОАКТИВАЦИЯ
ОПАЛ-КРИСТОБОЛИТОВОЙ ПОРОДЫ —
ОТХОДА КОРКИНСКОГО
УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Носова Анна Николаевна

*млад. науч. сотр. НИЛ кафедры
«Строительного материаловедения, изделий и конструкций»
БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород
E-mail: anit-ka@mail.ru*

Фомина Екатерина Викторовна

*канд. техн. наук, доцент кафедры
«Строительного материаловедения, изделий и конструкций»
БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород
E-mail: fomina.katerina@mail.ru*

**THERMAL ACTIVATION
OF THE OPAL-KRISTOBOLITOVVOY BREED —
COAL MINE WASTE KORKINSKIE**

Nosova Anna Nikolaevna

*junior Researcher SLR department «Building materials,
components and structures» BSTU named after V.G. Shoukhov,
Belgorod*

Fomina Ekaterina Victorovna

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor department «Building
materials, components and structures» BSTU named after V.G. Shoukhov,
Belgorod*

АННОТАЦИЯ

В работе установлено, что расширить сырьевую базу для производства композиционных вяжущих возможно за счет применения опал-кристоболитовой породы — отхода коркинского угольного месторождения. Показано повышение реакционной активности опоки

путем предварительной термоактивации. Изучена кинетика обжига опоки с подбором оптимальных режимов. Применение активированной опоки в составе композиционного вяжущего оказывает влияние на структуро- и фазообразование при гидратации и твердении с получением высоких прочностных показателей.

ABSTRACT

It is determined, application of opal-cristoballite (the waste of Korkin coal mine) allows to expand raw material resources base for composite binder production. Reactivity of opoka can be enhanced by previous thermo activation. Kinetic of burning of opoka under different optimal conditions is studied. Application of activated opoka as component of composite binder affects structure and phase forming when hydration and solidification process leading to high strength properties.

Ключевые слова: композиционное вяжущее, опал-кристоболит, техногенные отходы производства, прочность.

Keywords: composite binder, opal-cristoballite, industry wastes, strength.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках гранта Президента РФ № МК-6170.2013.8

За последние годы в России значительно выросли темпы строительства и ввода в эксплуатацию сооружений различного назначения, что повлекло необходимость увеличения объема выпуска вяжущих, в том числе клинкерных, практически в два раза. Производственные мощности цементных предприятия не позволяют увеличить производство клинкера, а строительство новых заводов требует значительных временных и инвестиционных затрат. Увеличить объем гидравлических вяжущих возможно за счет получения композиционных вяжущих веществ (КВ) с применением отходов производств, что позволит сократить расход клинкерной составляющей в бетоне, улучшить экологическое состояние и получать материалы с принципиально новыми свойствами [7—2].

При добыче угля на Коркинском угольном месторождении (КУМ) в отходах содержится достаточное количество алюмосиликатного сырья, которое представляет интерес для строительного комплекса [3]. Среди разнообразия минерального и гранулометрического состава отходов выделяются опоки и опокovidные глины, но учитывая генетические особенности этого материала, непостоянство по составу и свойствам, затруднительным является

его широкомасштабное применение при производстве строительных материалов.

Целью работы являлось повышение активности опал-кristаболитовой породы — опоки путем обжига для получения активного компонента КВ.

Применялись материалы, характеристики которых даны в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав минералов, масс. %

Содержание оксидов	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	SO ₃	ппп
Опока	80,96	7,33	4,95	1,30	0,76	0,1	4,8	3,8	5,3	–	4,62
Кварцевый песок	92,4	2,36	0,77	1,88	0,2	–	–	–	–	0,05	1,95

По результатам рентгенофазового анализа (РФА) основными минералами исследуемой природной опоки являются кварц, галлузит и около 70 % аморфного кремнезема. Акцессорными минералами являются каолинит, монтмориллонит, анортит и геленит. Микроструктура опоки КУМ сложена в основном мельчайшими (менее 0,005 мм) частицами опал-кristобалитового кремнезема, обладающими высокой реакционной способностью [4].

Повышение активности опоки проводили путем обжига в интервале температур от 100 до 900 °С при выдержке 20 минут (рис. 1). Параллельно проводилась кинетика выдержки материала при оптимально установленной температуре (рис. 2). В данной работе активность обожженной опоки оценивали в составе КВ при естественном твердении в возрасте 28 суток. Предварительно производили совместный помол 50 % обожженной опоки и 50 % портландцементного клинкера до 500 м²/кг. Исследования проводили на образцах-кубиках размером 2×2×2 см. В качестве контрольного был принят состав КВ, состоящий из 50 % портландцемента 42,5 Н и 50 % кварцевого песка. Контрольный состав имел выходную прочность при сжатии 35 МПа.

В результате термоактивации опок с заданным интервалом 20 мин максимальной активностью 32,5 МПа обладают образцы вяжущего с применением опоки обожженной при 600 °С (рис. 1). Оптимальное время выдержки опоки при 600 °С составляет 40 мин, при этом прочность КВ достигает 34,5 МПа (рис. 2).

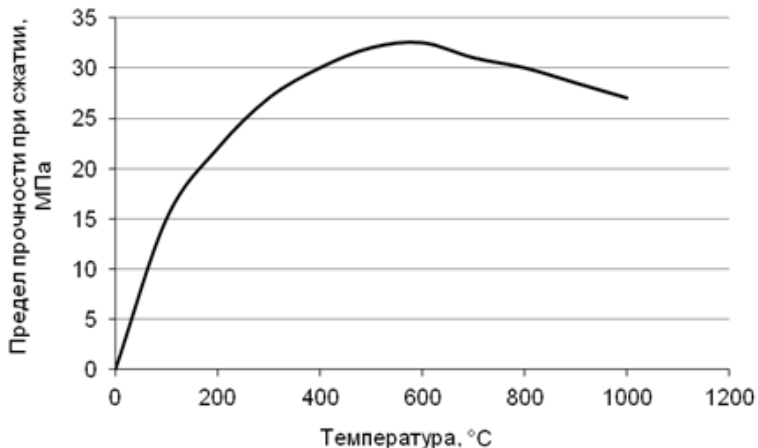


Рисунок 1. Активность КВ в зависимости от температуры обжига опоки

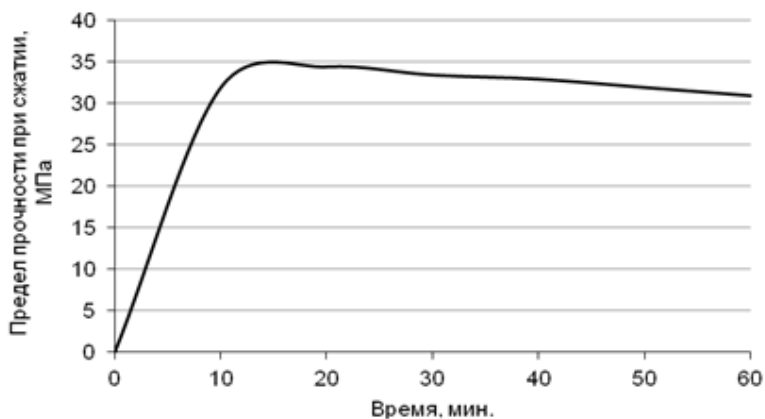


Рисунок 2. Активность КВ при изменении времени обжига опоки (600 °C)

Повышение прочности КВ связано с несколькими факторами: во-первых, постепенная дегидратация глинистой составляющей и перестройка их структуры приводят к повышению пористости и появлению высокодисперсных новообразований, которые являются высокореакционными центрами при гидратации вяжущего [5], во-вторых, при температуре 500 °C происходит обезвоживание и полное

превращение химически малоактивного каолинита в метакеолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), обладающий значительной активностью при взаимодействии с гидроксидом кальция и водой в условиях гидратации вяжущего. Снижение количества каолинита при обжиге опоки подтверждено РФА. При более высоких температурах обжига (900°C) химическая активность вяжущего заметно снижается вследствие перестройки кристаллической решетки метакеолинита с частичным отщеплением $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ и образованием твердого раствора SiO_2 и Al_2O_3 .

Разработанное вяжущее использовали в составе тонкомолотого цемента ТМЦ-50 [6]. Для получения образцов производили совместный помол обожженной опоки, клинкера и кварцевого песка при соотношении компонентов, масс. %: обожженная опока — 25, клинкер — 25, кварцевый песок — 50. Контрольным был принят состав ТМЦ-50 без добавления обожженной опоки.

Таблица 2.

Активность ТМЦ-50 с применением термоактивированной опоки

Время твердения, суток	3	7	14	28
Предел прочности при сжатии, МПа	15	25	40	61

Применение КВ на основе кремнистых пород позволяет сократить расход клинкера при содержании кремнистой породы до 25 % с повышением прочности при сжатии на 5 % (табл. 2) в сравнении с традиционным цементным камнем. По результатам РФА образца с максимальной прочностью фазовый состав в сравнении с контрольным составом отличается более полным связыванием $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в кристаллические новообразования. Аморфная кремнеземсодержащая фаза опоки обладает высокой реакционной способностью по отношению к $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при гидратации вяжущего, что способствует интенсивному образованию высокопрочных кристаллических гидросиликатов кальция в основном низкоосновного типа. Кроме того, активное взаимодействие метакеолинита с известью способствует образованию гидрогеленита ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) и дополнительного количества гидросиликатов кальция типа $\text{CSH}(\text{B})$.

Необходимо так же отметить, что термоактивированная опока отличается высокой размалываемостью, удельная поверхность которой увеличивается за 90 минут в 10 раз. В силу того, что опока состоит в основном из отдельных зерен, предел прочности контактной зоны между ними значительно ниже, чем прочность отдельных монокрис-

таллов кварца с близкой твердостью породообразующих минералов. При помоле разрушение опоки идет именно по контактным зонам, поэтому она отличается наибольшей размолоспособностью. Высокодисперсные частицы термоактивированной опоки в составе ТМЦ-50 способствуют дополнительному заполнению межзернового пространства, в комплексе повышая прочность вяжущего.

Таким образом, целесообразность применения термоактивированной опоки в составе вяжущих заключается в снижении на 25 % клинкерной составляющей, улучшении физико-механических характеристик готового изделия с существенным изменением фазового состава, снижении экологического прессинга, что в комплексе ведет к энерго- и ресурсосбережению.

Список литературы:

1. Лебедев М.С., Строкова В.В., Жерновский И.В., Потапова И.Ю. Изменение свойств минеральных порошков из алюмосиликатного сырья под влиянием термической модификации // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 68—70.
2. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1994. № 7. С. 96.
3. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 29—32.
4. Лесовик В.С., Вишневская Я.Ю., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53—56.
5. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2009. № 6. С. 84—87.
6. Лесовик В.С., Строкова В.В., Ходыкин Е.И., Кривенкова А.Н. Композиционное вяжущее с использованием кремнистых пород // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 25—27.
7. Строкова В.В., Жерновский И.В., Лютенко А.О., Лебедев М.С. Анализ органо-минеральных композитов с учетом генезиса и размерных уровней минерального сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 28—32.

СЕКЦИЯ 9.

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛУЧШЕГО ДЕРЕВА В БИОГРУППЕ

Русинова Наталия Владимировна

канд. техн. наук,

Поволжский государственный технологический университет,

г. Йошкар-Ола

E-mail: lessi_nat@mail.ru

COMPREHENSIVE EVALUATION OF THE BEST TREE IN BIOGROUP

Rusinova Nataliia

candidate of Technical Sciences, Volga State University of Technologi,

Yoshkar-Ola

АННОТАЦИЯ

Предложена методика оценки и прогноза состояния лучшего дерева в биогруппе, основывающаяся на сопоставлении интенсивности рубки по *t*-критерию Стьюдента и изменения процента площади произрастания центрального дерева в биогруппе.

ABSTRACT

There is a method of estimation and forecast of the state of the best tree in the Biogroup, based on a comparison of the intensity of logging on the Student *t*-test and the percent change in the area of growth in the central tree of the Biogroup.

Ключевые слова: биогруппа; рубки ухода; площадь произрастания; интенсивность рубки; *t*-критерий Стьюдента.

Keywords: the Biogroup; the lumbering; the area of growth; the intensity of lumbering; Student's *t*-test.

Рубки ухода направлены на создание благоприятных условий (приток света, тепла, влаги) для роста и развития плюсовых, нормальных и лучших нормальных деревьев. Одним из основных лесоводственно-технологических параметров рубок ухода, способствующим формированию насаждения с равномерной пространственной структурой, является интенсивность изреживания. Интенсивность изреживания устанавливают с учетом лесоводственных требований и условий потребления древесины, определяя по количеству вырубаемой древесины в процентах от запаса до ухода или в процентах от площади сечения; по числу стволов, выражаемому количеством вырубаемых или оставляемых деревьев на 1 га; по среднему расстоянию между деревьями после ухода; по снижению сомкнутости или полноты древостоя в десятых долях единицы; по проценту от текущего прироста по массе.

Вместе с тем все приведенные показатели взаимосвязаны. Например, количество вырубленных деревьев влияет на изменение расстояния между оставляемыми на корню деревьями и, как следствие, на прирост деревьев.

В связи с этим предлагается при оценке состояния плюсовых и лучших деревьев анализировать интенсивность рубок ухода одновременно по трем базовым показателям: по площади поперечного сечения, по количеству вырубаемых деревьев и по расстоянию между деревьями. Сплошной пересчет деревьев и пней выполняется отдельно на каждой из шести лент (10x20 м), на которые разделена пробная площадь (20x60 м) [5]. В качестве примера (табл. 1) рассмотрена пробная площадь, заложенная в выд. 41 кв. 52 Кокшамарского лесничества Кокшайского лесхоза Республики Марий Эл.

Таблица 1.

Интенсивность рубки в кв. 52 выд. 41 Кокшамарского лесничества

Номер ленты	Интенсивность рубки, %		
	по количеству деревьев	по площади поперечного сечения	по расстоянию между деревьями
1	66,67	26,22	55,45
2	28,57	39,33	6,05
3	47,83	40,72	0,92
4	52,38	42,77	14,93
5	42,86	27,98	10,36
6	33,33	36,37	21,77
Средняя на площади	45,27	35,57	18,25

Значения интенсивности рубки по количеству вырубаемых деревьев варьируют в диапазоне от 28,57 до 66,67 %; по площади поперечного сечения в интервале от 26,22 до 42,77 %; по расстоянию — от 0,92 до 55,45 %. Фактические значения средней интенсивности рубки по площади поперечного сечения превышают процент изреживания по лесорубочному билету на 5,57 %. В связи с этим рекомендуется оценка состояния насаждения на каждой ленте.

Оценивать интенсивность рубки на каждом участке относительно средней интенсивности предлагается по *t*-критерию Стьюдента. Если расчетное значение критерия при выбранном уровне значимости и числе степеней свободы не превышает табличного значения критерия [1], то интенсивность можно считать удовлетворительной. Результаты проверки интенсивности рубки на лентах по критерию Стьюдента представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Проверка интенсивности рубки по *t*-критерию Стьюдента

Номер ленты	Значения <i>t</i> -критерия Стьюдента		
	по количеству деревьев	по площади поперечного сечения	по расстоянию между деревьями
1	1,56	-1,36	1,90
2	-1,22	0,54	-0,62
3	0,19	0,75	-0,88
4	0,52	1,04	-0,17
5	-0,18	-1,10	-0,40
6	-0,87	0,12	0,18

В результате проверки интенсивности по *t*-критерию Стьюдента (табл. 2) оказалось, что на первой ленте расчетные значения критерия по количеству деревьев и расстоянию между деревьями при 10%-ом уровне значимости и 5-ти степенях свободы превышают табличное значение, равное 1,48, соответственно на 0,08 и 0,42.

На остальных лентах расчетные значения критерия меньше табличного значения, поэтому интенсивность изреживания по всем показателям можно считать удовлетворительной. На лентах со значениями критерия Стьюдента больше единицы необходим дополнительный анализ изменения соотношения площадей произрастания [2; 3] деревьев в биогруппе до и после рубки.

В результате сопоставления данных выявлена взаимосвязь между значением *t*-критерию Стьюдента и динамикой процента [3] площади

произрастания лучшего дерева в биогруппе. В случае, если расчетное значение критерия по одному из показателей (количество деревьев, площадь поперечного сечения, расстояние между деревьями) на лентах расположения биогруппы меньше табличного значения, процент площади произрастания лучшего дерева в биогруппе увеличиваться и, наоборот, с превышением значения критерия площадь произрастания уменьшается (табл. 3).

Таблица 3.

Взаимосвязь t -критерия Стьюдента и процента площади произрастания деревьев

Квартал, выдел	Номер лучшего дерева	Номер ленты	Максимальное значение t -критерия Стьюдента	Процент площади произрастания		
				на год рубки	через год после рубки	через восемь лет после рубки
50—31	5	1, 2, 3	1,04	31,61	21,96	22,71
	59	5, 6	1,90	56,45	33,87	33,70
50—48	46	1, 2, 3	1,85	46,62	32,65	32,01
	92	3, 4, 5	-1,22	24,55	29,41	29,48
51—17	56	1, 2	1,25	14,57	13,28	14,64
	74	2, 3	1,42	47,57	20,46	20,92
	139	4, 5	-1,47	17,74	20,32	20,33
	159	5, 6	-1,28	20,22	17,71	18,97
51—36	1	1, 2	-1,60	22,82	28,58	27,67
	52	4, 5, 6	-1,36	35,83	34,70	35,23
51—44	54	1, 2, 3	-1,79	33,56	43,28	42,84
	104	4	1,83	55,08	43,98	43,62
	106	4, 5	1,83	21,78	25,30	25,26
52—24	4	1, 2	-1,47	47,35	53,37	53,42
	45	4, 5	1,35	31,89	21,30	21,50
	66	4, 5, 6	-1,55	45,18	33,57	34,04
52—25	42	5	-1,08	15,21	16,44	18,30
52—41	40	2	-1,22	29,08	26,03	31,54
	75	4, 5, 6	-1,10	35,66	32,30	37,72
	13	1, 2, 3	1,58	36,16	40,09	40,90

По данным табл. 3 видно, что данные о снижении или росте процента площади произрастания через год после рубки недостаточно информативны для прогноза изменения площади произрастания

лучшего дерева. Например, у дерева № 54 после рубки процент площади произрастания на 28,96 % больше процента площади до рубки. Вместе с тем, через восемь лет процент уменьшился до 42,84 % от 43,28 %. На снижение доли площади произрастания дерева № 54 указывает значение t -критерия Стьюдента, равное минус 1,79.

Таким образом, через пять-восемь лет доля площади произрастания лучших деревьев (59, 46, 1, 54, 104, 106, 66, 13) в общей площади снижается, если расчетное значения критерия Стьюдента на ленте больше табличного значения. У остальных деревьев наблюдается тенденция к увеличению площади произрастания, что свидетельствует о благоприятных условиях роста.

Оценку и прогноз состояния лучшего дерева рекомендуется выполнять перед выполнением лесохозяйственных работ для отбора деревьев в рубку, а также для уточнения технологической схемы рубок ухода [4] с целью выращивания продуктивного насаждения

Список литературы:

1. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М.: Высш. Школа, 1982. — 224 с.
2. Мазуркин П.М., Русинова Н.В. Изменение площади места произрастания лидирующего дерева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2001. № 1. С. 14—20.
3. Русинова Н.В. Динамика площадей произрастания деревьев в биогруппе // Технические науки — от теории к практике. 2013. № 23. С. 92—97.
4. Русинова Н.В. Способ выборочной рубки в насаждениях естественного происхождения // Патент на изобретение RUS 2201073 17.07.2001.
5. Русинова Н.В., Мазуркин П.М. Методика определения местоположения деревьев и пней для построения лесной тематической карты // Современные наукоемкие технологии. 2011. № 6. С. 61—66.

СЕКЦИЯ 10.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОТОКЕ

Фролов Владимир Валерьевич

аспирант ОмГТУ,

г. Омск

E-mail: frolovv-55@mail.ru

Мозговой Иван Васильевич

д-р техн. наук, профессор ОмГТУ,

г. Омск

ULTRASONIC INTENSIFICATION OF CHEMICAL PROCESSES IN THE STREAM

Vladimir Frolov

postgraduate student of Omsk State Technical University,

Omsk

Ivan Mozgovoy

doctor of Engineering Science,

Professor of Omsk State Technical University,

Omsk

АННОТАЦИЯ

В статье описаны перспективы увеличения глубины переработки углеводородов посредством ультразвуковой активации и интенсификации химических процессов. На основании литературных свидетельств об успешном применении ультразвука в данной области и теоретических основ кавитационных процессов сделан вывод о возможностях реализации поточной схемы обработки углеводородов

высокочастотным ультразвуком. Исходя из опыта применения ультразвука в жидких средах, предложена схема лабораторной установки для осуществления первой серии экспериментов.

ABSTRACT

The article describes the prospects for increasing the depth of processing of hydrocarbons by ultrasonic activation and intensification of chemical processes. On the basis of published evidence of the successful use of ultrasound in the field and the theoretical foundations of the cavitation process suggests the possibility of the flow chart hydrocarbon processing high-frequency ultrasound. Based on experience in the application of ultrasound in the liquid media, a scheme of a laboratory apparatus for carrying the first series of experiments.

Ключевые слова: кавитация; звукохимия.

Keywords: cavitating; sonochemistry.

Активация ультразвуком — один из современных способов ускорения протекания физических и химических процессов. Общеизвестно, что применение ультразвука приводит не только к увеличению скорости химической реакции, но и увеличивает полноту проведения реакции. Производя ультразвуковую кавитационную обработку жидкой среды можно получить химические реакции невозможные в других условиях. Кавитация — образование в жидкости пульсирующих пузырьков (каверн, полостей), заполненных газом, паром или их смесью.

Энергия активации многих химических процессов столь велика, что для их успешного проведения требуются высокие температуры, сложные и дорогостоящие каталитические комплексы, повышенная концентрация исходных веществ. В частности процессы получения непредельных углеводородов, такие как пиролиз и дегидрирование требуют больших затрат. Тем не менее существует ряд литературных свидетельств [3, 4, 5] о лабораторных исследованиях и также технологических процессах в которых сходный эффект достигается применением энергии ультразвука.

В большинстве подобных процессов эффект достигается при обработке жидких или твердых углеводородных сред находящихся в замкнутом объеме при отсутствии их перемещения. Как известно многие нефтехимические процессы ведутся непрерывно, и в них важным фактором является осуществление химических превращений в потоке сырья. Таким образом, получение непредельных углеводородов

с использованием энергии ультразвука предпочтительней вести по непрерывной схеме.

Для проверки степени воздействия ультразвука в потоке предлагается схема лабораторной установки, показанная на рисунке 1. В качестве исходного сырья для первой серии экспериментов выбран сжиженный газ пропан. Пропан является побочным продуктом многих нефтехимических процессов и, как правило, используется в качестве топлива. Более глубокая переработка данного продукта экономически выгодна, к тому же однородность состава исходного вещества позволит оценить положительный эффект образования непредельных углеводородов.

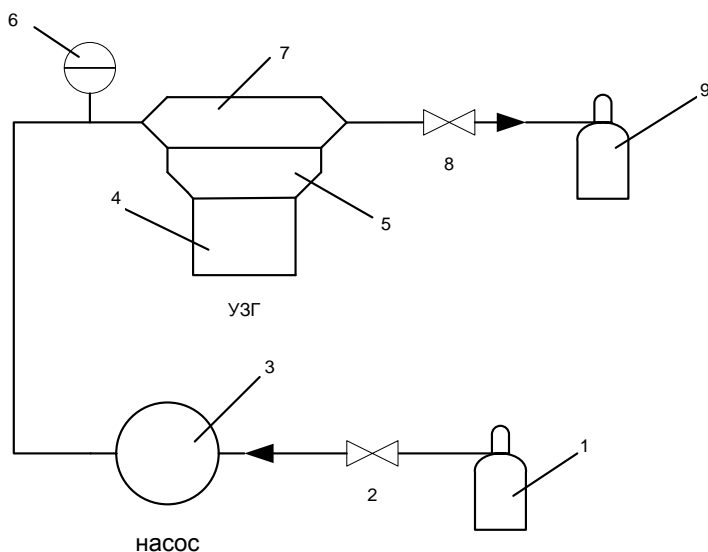


Рисунок 1. Схема лабораторной установки для обработки сжиженного пропана высокочастотным ультразвуком: 1 — баллон с исходной пропановой фракцией; 2 — вентиль на прием насоса; 3 — герметичный насос для перекачки сжиженного газа; 4 — ультразвуковой генератор УЗГ-2-4; 5 — волновод, смонтированный в нижнюю часть зоны обработки; 6 — манометр ДМ 100-ВУ; 7 — зона обработки сжиженного газа высокочастотным ультразвуком; 8 — вентиль регулировки расхода; 9 — баллон для вывода конечного продукта

Установка позволяет производить поточную обработку сжиженного газа высокочастотными ультразвуковыми колебаниями с целью создания в жидкой среде режима интенсивной кавитации.

Сжиженный пропан предварительно анализируется на хроматографе, затем производится заполнение системы при комнатной температуре из баллона 1 с внутренним давлением 1,5 МПа. Набор давления в системе контролируется манометром ДМ 100-ВУ поз. 6. Газовая пробка из зоны обработки стравливается в баллон 9, так как кавитация возникает только в жидкости, удаление газа необходимо для создания однородной жидкой среды. По завершении набора давления производится пуск насоса и регулировка расхода вентилем 8. Для первой серии экспериментов необходимо добиться ламинарного течения жидкости, что обеспечивается минимальным открытием вентилей 8. При стабилизации расхода сжиженный газ подвергается воздействию высокочастотных ультразвуковых колебаний создаваемых генератором 4, работающим от электрической сети с напряжением 380 В. Обработка сжиженного газа производится с характеристиками ультразвука: частота 20 кГц при амплитуде колебаний 6 мкм. Сечение зоны обработки выполняется прямоугольной формы, что позволяет расширить площадь воздействия ультразвука и добиться усиления эффекта за счет отраженных волн [1, 6]. Время проведения эксперимента не более пяти минут для исключения достижения минимального уровня в баллоне и проскока газовой фазы. По окончании обработки баллон 9 отсекается, и полученный продукт анализируется при помощи хроматографа.

На основе анализа литературных источников [1, 2, 3, 7] выявлены теоретические предпосылки достижения эффектов дегидрирования и деструкции предельных углеводородов при обработке в поточной схеме. Время нахождения сжиженного газа в зоне обработки достаточно для возникновения основного инициатора физико-химических процессов в жидкости под действием ультразвука — интенсивной кавитации. При частоте 20 кГц кавитация возникает уже после 5—10 колебаний [1]. Образование кавитационной полости теоретически представляется в следующем виде. В фазе разрежения акустической волны в жидкости образуется разрыв, который заполняется насыщенным паром обрабатываемой жидкости. В процессе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения полость захлопывается, а пар конденсируется на границе раздела фаз. Через стены полости в нее диффундирует растворенный в жидкости газ, который к тому же подвергается сильному адиабатическому сжатию. В момент сжатия, температура и давление

газа достигают значительных величин (по некоторым данным до 10000°К и 100 МПа). После схлопывания полости в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна, быстро затухающая в пространстве [8]. При коротком времени обработки эффект воздействия ультразвука приобретает сходство с процессом резкого нагрева и столь же резкого охлаждения как правило приводящих к деструкции предельных углеводородных соединений.

Список литературы:

1. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука [Текст] / Б.А. Агранат [и др.]. — М.: Высшая школа, 1987. — 352 с.
2. Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминисценция [Текст] / М.А. Маргулис. — М.: Химия, 1986. — 300 с.
3. Промтов М.А. Технологии кавитационной обработки нефти и нефтепродуктов // [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.tstu.ru/r.php?r=structure.kafedra&sort=&id=3> (дата обращения 03.04.2012).
4. Промтов М.А. Гипотезы деструкции вещества при кавитационном воздействии // [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.tstu.ru/r.php?r=structure.kafedra&sort=&id=3> (дата обращения 12.06.2013).
5. Пат.2432400 Российская федерация С2 МПК С12Р7/08 (2006.01) С10G1/00 (2006.01) С10G15/10 (2006.01) С10G32/00 (2006.01) С08L1/02 (2006.01) С10L5/44 (2006.01) Переработка биомассы [Текст]/МЕДОФФ Маршалл (US) Заявка: 2009119735/10, 26.10.2007 опубликовано: 10.12.2010.
6. Розенберг Л.Д. Источники мощного ультразвука [Текст] / под ред. Л.Д. Розенберга. — М.: Наука, 1969. — 380 с.
7. Хмелев В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности [Текст] / В.Н. Хмелев [и др.]. — Барнаул: АлтГТУ, 2007. — 416 с.
8. Эльпинер И.Е. Биофизика ультразвука [Текст] / И.Е. Эльпинер. — М.: Наука, 1973. — 384 с.

**ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ
ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Хентов Виктор Яковлевич

*д-р хим. наук, профессор
Южно-Российского государственного технического университета,
г. Новочеркасск
E-mail: vkhentov@mail.ru*

Великанова Лидия Николаевна

*канд. хим. наук, доцент
Южно-Российского государственного технического университета,
г. Новочеркасск*

Сёмченко Владимир Владимирович

*канд. хим. наук, доцент
Южно-Российского государственного технического университета,
г. Новочеркасск*

Хуссейн Ханаа Хассан

*аспирант
Южно-Российского государственного технического университета,
г. Новочеркасск*

CHEMICAL SECURITY NEW EXTRACTIVE METALLURGY INDUSTRIAL WASTE

Victor Khentov

*doctor of Chemical Sciences,
Professor of South-Russian State Technical University,
Novocherkassk*

Lidiya Velykanova

*candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor of South-Russian State Technical University,
Novocherkassk*

Vladimir Semchenko

*candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor of South-Russian State Technical University,
Novocherkassk*

Khan Hussain

*graduate student of South-Russian State Technical University,
Novocherkassk*

АННОТАЦИЯ

Разработаны основы химического обеспечения новой технологии извлечения металлов из техногенного сырья. Метод извлечения металлов базируется на донорно-акцепторном взаимодействии нуль-валентных металлов и их ковалентных соединений с органическим лигандом в неводном растворителе. Из комплексных соединений металл может быть выделен электрохимически, термическим разложением комплекса, восстановлением сильным восстановителем. Комплексообразование может быть использовано для реставрации нанесенных катализаторов, ионселективных электродов, снятия отложений с поверхности химической аппаратуры.

ABSTRACT

The fundamentals of chemical ensure the new technology of extraction of metals from industrial wastes. Method of extraction of metals based on the donor-acceptor interaction zero-valent metals and their compounds with covalent ligand in non-aqueous organic solvent. Transferred from the dissolved state in the metal complex can be recovered by thermal decomposition of the complex, a strong reduction of a reducing

agent and electrochemically. Complexation can be used for restoration of supported catalysts, ion-selective electrodes, removing deposits on the surface of chemical apparatus.

Ключевые слова: донорно-акцепторные системы; неводные растворители; структурные параметры твердого тела; мицеллярный катализ; критическая концентрация мицеллообразования; рециклинг металлов.

Keywords: donor-acceptor system; non-aqueous solvents; solid structural parameters; micellar catalysis; critical micelle concentration; recycle of metals.

Производственная деятельность человека привела к значительному накоплению техногенных отходов. Основными производителями отходов являются горнодобывающие, металлургические, топливно-энергетические, химические и электрохимические предприятия. Значительное количество отходов приходится на пылевые выбросы промышленных предприятий, отвалы горнодобывающей и металлургической промышленности, зольные отходы тепловых электростанций. В техногенных отходах, которые геологи называют техногенными залежами, содержатся разнообразные металлические элементы. Это металлы платиновой группы, золото, серебро и другие самые разнообразные переходные металлы. Металлические элементы в отходах находятся в свободном состоянии и в виде ковалентных химических соединений. Металлы содержатся в отработанных катализаторах, шламах гальванических предприятий, в золошлаковых отходах, в дымовых газах.

К сожалению, существующие гидрометаллургические методы исчерпали свои возможности. Перевод металлических элементов в растворенное состояние при малом содержании в отходах может быть произведен на основе использования неводных донорно-акцепторных систем. Установлено, что нуль-валентные металлы и их ковалентные соединения активно взаимодействуют с органическим лигандом, растворенным в неводном растворителе [5, 9, 10, 11]. В табл. 1 представлены кинетические параметры, демонстрирующие эффективность взаимодействия ряда соединений с салицилальанилином в диметилформамиде.

Таблица 1.

Скорость взаимодействия V , энергия активации E_a [10]

Соединение	$V \cdot 10^6$, моль/(см ² ·ч)	E_a , кДж/моль	Соединение	$V \cdot 10^6$, моль/(см ² ·ч)	E_a , кДж/моль
Cu ₂ O	1,27	54,0	Ni ₂ O ₃	0,04	143,0
CuO	0,50	71,0	CoO	0,56	137,4
Cu(OH) ₂	14,85	19,5	Co ₂ O ₃	0,11	129,0
(CuOH) ₂ CO ₃	18,80	43,3	FeO	0,33	150,9
Cu ₃ (PO ₄) ₂	0,05	54,3	Fe ₂ O ₃	0,30	139,0
Cu ₂ S	1,97	18,3	MoO ₃	0,97	141,0
CuS	1,29	38,9	WO ₃	0,74	114,4
NiO	0,21	150,0	Ag ₂ S	3,70	51,1

Донорно-акцепторная система позволяет извлекать металлы из бедного рудного сырья (табл. 2) [3, 10, 11].

Таблица 2.

Скорость извлечения металла V (моль/г·ч), энергия активации E_a (кДж/моль), степень извлечения α (%)

Рудное сырье	Формула	$V \cdot 105$	E_a	α
Халькопирит	CuFeS ₂	64,00	53±2	37,61
Халькозин	Cu ₂ S	148,00	18,3±1	81,39
Ковеллин	CuS	76,00	38,9±2	85,60
Борнит	Cu ₅ FeS ₄	22,00	117±3	47,60
Куприт	Cu ₂ O	19,00	36±1	63,33
Тенорит	CuO	59,00	68±2	70,60
Малахит	(CuOH) ₂ CO ₃	24,00	43±4	79,89
Шпинель	CuFe ₂ O ₄	3,33	171±3	72,47
Гематит	Fe ₂ O ₃	3,75	98±2	76,70
Магнетит	Fe ₃ O ₄	0,13	87±3	69,59
Сидерит	FeCO ₃	1,50	69±2	72,34
Ванадит	Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl	58,00	45±4	50,71
Аргентит	Ag ₂ S	183,00	-	76,00

Реакционная способность лиганда в полярных растворителях существенно возрастает. Найдена связь константы донорно-акцепторного взаимодействия нуль-валентного металла с салицилальанилином k и параметра полярности растворителя Димрота-Райхардта E_T [10]:

$$\ln k = aE_T + b,$$

где: a и b — эмпирические коэффициенты.

Подобные зависимости получены и для других металлов. Причем коэффициенты этих зависимостей для растворителей, содержащих и не содержащих кислород, заметно различаются. Очевидно, что электрофильность растворителя в донорно-акцепторном взаимодействии играет важнейшую роль.

В смешанных растворителях происходит изменение сольватации лиганда, что отражается на скорости донорно-акцепторного взаимодействия (рис. 1) [8].

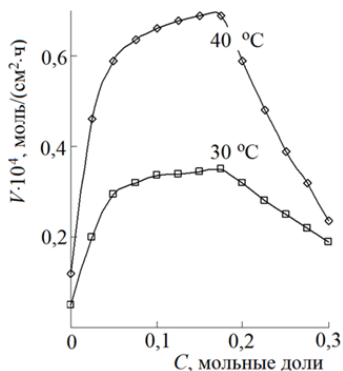


Рисунок 1. Зависимость скорости V взаимодействия компактной меди с 0,01 М раствором салицилальанилина в диметилформамиде от концентрации воды C

Особый интерес вызывает применение в качестве неводного растворителя микрогетерогенных организованных сред на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) [4]. С этими средами связано проявление мицеллярного катализа. Мицеллы, играющие роль микрореакторов, появляются при введении в воду ПАВ при концентрациях превышающих критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ). Для неводных растворителей ККМ возрастает на несколько порядков. Этот результат получен авторами при изучении вязкости и поверхностного натяжения. Введение в диметилформамид оксиэтилированного изооктилфенола $RC_6H_4O(CH_2CH_2O)_nH$, где $n = 7$ (число присоединенных молей оксида этилена), R — гидрофобный углеводородный радикал C_6-C_{10} , ККМ при 20 °C была достигнута при 15-ти процентном содержании ПАВ. В такой организованной среде с содержанием лиганда салицилальанилина (0,1 моль/л), скорость донорно-акцепторного взаимодействия при 20 °C возросла в три раза.

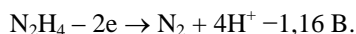
Важную роль в процессе донорно-акцепторного взаимодействия играют структурные параметры твердого тела. Установлена связь энергии активации E_a реакции взаимодействия переходного металла с салицилальанилином (0,01 М) в диметилформамиде и физическими параметрами, характеризующими твердое тело (работа выхода $A_{\text{вых}}$, энергия сублимации $E_{\text{суб}}$, теплота образования оксидов при 298 К H , энергия связи элемента $E_{\text{св}}$, температура плавления $T_{\text{пл}}$, температура кипения $T_{\text{кип}}$, поверхностная энергия зародыша кристаллизации W , атомная концентрация элемента $C_{\text{ат}}$). В табл. 3 представлены корреляционные зависимости. Расчеты выполнены на основании данных приведенных в [12].

Таблица 3.

Корреляционные зависимости между энергии активации E_a и физическими параметрами металлов, коэффициент корреляции R

Физический параметр металла	Функциональная зависимость	R
$A_{\text{вых}}$, эВ	$E_a = 1048,56 - 223,27A_{\text{вых}}$	0,74
$E_{\text{суб}}$, кДж/моль	$E_a = -298,95 + 0,90E_{\text{суб}}$	0,74
H , кДж/моль	$E_a = -36,60 + 0,40H$	0,74
$E_{\text{св}}$, кДж/моль	$E_a = -426,380 + 5,396E_{\text{св}}$	0,90
$T_{\text{пл}}$, °С	$E_a = -333,323 + 0,315T_{\text{пл}}$	0,96
$T_{\text{кип}}$, °С	$E_a = -1008,945 + 0,401T_{\text{кип}}$	0,83
W , эрг/см ²	$E_a = -278,004 + 1,695W$	0,96
$C_{\text{ат}}$, 10 ²² , см ⁻³	$E_a = -1334,403 + 162,576C_{\text{ат}}$	0,92

Для химического восстановления переходных металлов из комплексных соединений может быть использован сильный восстановитель гидразин:



Восстановление металла происходит по схеме:



Скорость реакции может быть вычислена по количеству выделившегося азота.

При термическом разложении комплексного соединения образуются в высокодисперсном состоянии металл и его оксид. Соотношение продуктов разложения зависит от природы металла, структуры комплекса и кинетических параметров термической обработки. При терморазложении биметаллических комплексов могут быть получены nano частицы металлических сплавов.

Электроосаждение металла может быть выполнено из неводных растворов комплексных соединений. Неводный растворитель в области потенциалов от +1 до -2 В электрохимически устойчив.

Донорно-акцепторные системы нашли использование в реставрационных процессах. Реставрацию отработанного катализатора производят раствором лиганда в неводном растворителе [13]. В результате образуются комплексные соединения переходных металлов. Затем производят пропитку пористого носителя и восстановление комплекса до металла. Одновременно может быть получен оксид металла.

Донорно-акцепторные системы были использованы для реставрации Cu-селективных электродов [6]. С целью восстановления чувствительности электродов проводили их обработку в растворах салицилальанилина в диметилформамиде, промывку и сушку. Изменение чувствительности Cu-селективных электродов демонстрирует табл. 4.

Таблица 4.

Изменение чувствительности Cu-селективных электродов

Чувствительность, мВ/рCu	Примечания
26	Механическое формование электрода
15	После 17 лет эксплуатации электрода
35	После реставрации

Донорно-акцепторные системы были использованы для удаления оксидов с поверхности металлических деталей [1] и удаления тонкопленочных покрытий с отбракованных оптических изделий [2].

Список литературы:

1. А. с. 1216252 СССР: Кл. С 23 F 1/28. Состав для снятия окалины с поверхности никеля / В.Я. Хентов, Л.Н. Великанова, Л.К. Ефимова и др. — Заявл. 13.01.84; Опубл. 07.03.86, Бюл. № 9.
2. А. с. 1686034 СССР: Кл. С 09 К 13/08 Состав для снятия тугоплавких покрытий на основе d-элементов IV-группы с металлических деталей / Ш.А. Фурман, В.Я. Хентов, Ю.В. Власов, Л.Н. Великанова. — Заявл. 24.07.89; Опубл. 23.10.91, Бюл. № 39.

3. Великанова Л.Н., Семченко В.В., Хентов В.Я. Кинетические закономерности извлечения металлов из техногенного сырья. // Журнал прикладной химии. — 2011. — Т. 84. — Вып. 9. — С. 1418—1423.
4. Вережников В.Н. Организованные среды на основе коллоидных поверхностно-активных веществ. — Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета. — 2008. — 74 с.
5. Кужаров А.С., Хентов В.Я. О взаимодействии высокодисперсных переходных металлов с салицилальанилином // Координационная химия, — 1979. — № 4. — С. 601.
6. Патент 2186378 РФ: Кл. 7 G 01 № 27/30 Способ получения и регенерации мембраны Cu-селективного электрода / Л.Н. Великанова, И.И. Волченко, М.С. Липкин и др. — Заявл. 03.07.02; Опубли. 27.07.02, Бюл. № 21.
7. Семченко В.В., Великанова Л.Н., Хентов В.Я. Влияние природы растворителя на кинетику донорно-акцепторного взаимодействия меди с салицилальанилином. // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 1998. — № 2. — С. 55—58.
8. Семченко В.В. Особенности кинетики координационного взаимодействия d-металлов и их соединений с 2-окси-1-бензилиденанилином в апротонных и смешанных растворителях: Дис. ... к. х. н. — Нальчик, 2009. — 129 с.
9. Хентов В.Я., Великанова Л.Н., Кужаров А.С., Верещака В.В. Донорно-акцепторное взаимодействие меди, никеля и их труднорастворимых соединений с салицилальанилином. // Интенсификация процессов переработки минерального сырья. — М.: — Наука. — 1981. — С. 156—159.
10. Хентов В.Я., Великанова Л.Н., Семченко В.В., Слабинская А.Б. Извлечение металлов из техногенного сырья. // Журнал прикладной химии. — 2007. — Т. 80. — Вып. 7. — С. 1057—1062.
11. Хентов В.Я., Великанова Л.Н., Семченко В.В., Егорова Н.А. Решение проблемы рециклинга металлов на основе донорно-акцепторных систем. // Экология и промышленность России. — 2009. — Март. — С. 48—49.
12. Хентов В.Я. Корреляционный анализ в неорганической химии. Задания для работы с персональным компьютером: учебное пособие. Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), 2007. — 187 с.
13. Хентов В.Я., Липкина Т.В., Липкин М.С. Основы регенерации металлосодержащих катализаторов. // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды: Межвуз. сб. науч. тр. — Ростов-н/Д.: РГАСХМ, 2001. — Вып. 5. — С. 111—112.

СЕКЦИЯ 11.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

МЕТОД БЕСТОРМОЗНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ

Фоминых Алексей Михайлович

*аспирант каф. ТТМ, ПГТУ,
г. Йошкар-Ола*

E-mail: fommet@mail.ru

METHOD OF CONTACTLESS DEFINITION OF THE MOMENT OF INERTIA OF THE HYDRAULIC ENGINE

Fominykh Alexey

*postgraduate student of PGTU,
Yoshkar-Ola*

АННОТАЦИЯ

Целью является повышение точности измерения момента инерции гидравлического двигателя, а также повышение энергоэффективности современных методов измерений момента инерции. Цель достигнута путем разработанного нами метода бестормозного определения момента инерции гидравлического двигателя.

При проведении измерений предлагаемым методом увеличивается точность получаемых результатов. Метод является бесконтактным поэтому имеет высокую энергоэффективность. Инерционный метод обладает широкой применимостью для различных форм и модификаций гидравлических двигателей.

ABSTRACT

The purpose is increase of accuracy of measurement of the moment of inertia of the hydraulic engine, and also increase of an profitability of modern methods of measurements of the moment of inertia. The goal is reached by a way of the method of contactless definition of the moment of inertia of the hydraulic engine developed by us.

When carrying out measurements by an offered method the accuracy of received results increases. The method is contactless therefore has high energy efficiency. The inertial method possesses wide applicability for various forms and modifications of hydraulic engines.

Ключевые слова: гидравлический двигатель; момент инерции; энергоэффективность; механическая мощность; гидродинамический момент.

Keywords: hydraulic engine; inertia moment; energy efficiency; mechanical power; hydrodynamic moment.

Механическая мощность $P_{\text{мех}}$, развиваемая вращающейся гидравлической машиной, пропорциональна гидродинамическому моменту $M_{\text{ГД}}$, действующему на ее ротор, и угловой скорости вращения ротора ω .

$$P_{\text{мех}} = M_{\text{ГД}} \cdot \omega \quad (1)$$

Таким образом, важной задачей гидродинамического расчета любой гидравлической машины является определение гидродинамического момента $M_{\text{ГД}}$, который приложен к ее вращающейся части и играет решающую роль в процессе преобразования энергии, происходящем в гидравлической машине.

Гидродинамический момент может быть определен непосредственным методом [2]. Непосредственное измерение момента осуществляется следующими способами: статическим, измерением суммарного момента и динамическим.

При использовании статического способа момент определяют с помощью моментометров при установившейся частоте вращения ротора. Сняв семейство точек механического момента при различной частоте вращения, получают статическую механическую характеристику. К недостаткам этого способа следует отнести большой нагрев двигателей при определении момента вне рабочей зоны механической характеристики двигателя, что удлиняет время испытаний, ведет

к нестабильности измерений из-за неустановившегося теплового процесса.

Способ измерения суммарного момента основан на измерении момента, действующего на статор двигателя и численно равного моменту, действующему на его ротор. Способ позволяет определить вращающие моменты как при установившемся режиме работы, так и при переходных процессах. Основным недостатком этого способа является необходимость крепления двигателя к измерительному механизму. Технологический разброс размеров двигателя приводит к смещению его центра тяжести относительно оси поворота прибора, что может привести к погрешностям при измерении.

Динамический способ определения вращающего момента основан на измерении ускорения двигателя при пуске на холостом ходу. В этом режиме уравнение движения, если не учитывать механические потери, имеет следующий вид:

$$j \cdot d\omega/dt = M_{гд} \quad (2)$$

где: J — момент инерции ротора двигателя, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$;

$d\omega/dt$ — ускорение ротора, с^2 ;

$M_{гд}$ — гидродинамический момент двигателя, $\text{Н} \cdot \text{м}$.

Как видно из формулы (2), динамический момент можно определить с помощью акселерометров (датчиков ускорения) различного типа, тахометров и датчиков углового перемещения, что весьма экономично и достаточно точно по сравнению с другими способами, но только если известен момент инерции ротора.

В настоящий момент для определения момента инерции гидравлического двигателя необходимо проведение тормозных испытаний с последующим замером угловых ускорений вращающихся масс гидравлического двигателя, что сводит на «нет» преимущество динамического способа определения крутящего момента на валу ротора.

Предлагаемый способ позволяет избежать использования тормозных испытаний за счет бестормозного определения момента инерции. Он реализуется следующим образом:

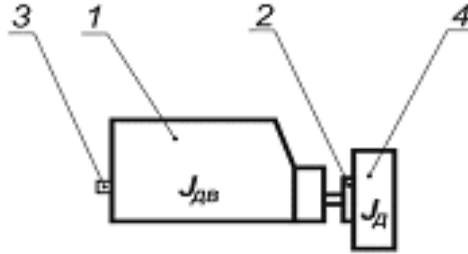


Рисунок 1. Схема установки

На фланец выходного вала 1 (рисунок 1) устанавливается диск 4 с эталонным моментом инерции $J_д$. С помощью органов регулирования устанавливается определенная угловая скорость ω выходного вала 1, при которой развивается определенный крутящий момент M . Затем измеряется угловое ускорение ε_1 системы вращающихся масс «диск с эталонным моментом инерции, гидравлический двигатель», имеющей момент инерции $J_1 + J_д$ при изменении угловой скорости вращения выходного вала в диапазоне от ω до $\omega + 1$. Крутящий момент M для диапазона угловых скоростей от ω до $\omega + 1$ равен:

$$M = \varepsilon_1 (J_1 + J_д) \quad (3)$$

Далее диск с эталонным моментом инерции 4 демонтируется и определяется угловое ускорение ε_2 системы вращающихся масс «пневматический двигатель» с моментом инерции J_1 при изменении угловой скорости вращения выходного вала в диапазоне от ω до $\omega + 1$, то есть при том же начальном значении крутящего момента M . Крутящий момент M для диапазона угловых скоростей от ω до $\omega + 1$ равен:

$$M = \varepsilon_2 J_1 \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) определяется момент инерции системы вращающихся масс «гидравлический двигатель»:

$$J_1 = \frac{\varepsilon_1 J_0}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (5)$$

Таким образом, используя один диск с эталонным моментом инерции можно определить момент инерции гидравлического двигателя, а после этого и параметры скоростной характеристики гидравлического двигателя, что позволит значительно повысить экономическую эффективность испытаний гидравлических двигателей.

Список литературы:

1. Иванов-Смоленский А.В. Гидравлические машины. В 2-х т. Том 1 М.: Издательство МЭИ, 2004. — 652 с.
2. Котельнец И.Ф. Испытания, эксплуатация и ремонт гидравлических машин. М: Издательский центр «Академия», 2003 — 384 с.
3. Справочник по гидравлическим машинам. Том.1/ Под редакцией И.П. Копылова. Москва: Энергоатомиздат, 1988 — 679 с.

СЕКЦИЯ 12.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПУСКА В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ

Однокопылов Георгий Иванович

*канд. техн. наук, докторант ТПУ,
г. Томск*

E-mail: OGIz@yandex.ru

Брагин Александр Дмитриевич

*студент ТПУ,
г. Томск*

E-mail: lflenylol@gmail.com

RESEARCH OF THE INDUCTION MOTOR WITH DIFFERENT STARTING CONDITIONS IN THE EMERGENCY MODE

Georgy Odnokopilov

*candidate of Engineering Sciences, TPU,
Tomsk*

Aleksander Bragin

*student of TPU,
Tomsk*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен неполнофазный режим работы асинхронного двигателя. В статье приведено сравнение установившегося значения частоты вращения в аварийном режиме в зависимости от условий пуска двигателя.

ABSTRACT

The phase unbalance of the induction motor is considered. Comparison of the steady speed value in the emergency mode depending on the engine start is given in the paper.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, экспериментальные исследования, аварийный режим работы, неполнофазный режим работы, обрыв фазы двигателя.

Keywords: induction motor, experimental research, emergency mode, phase unbalance mode, motor phase loss.

Исполнительные электроприводы, включающие в состав асинхронный двигатель (АД) для опасных производственных объектов по ГОСТ 27.002–89 должны выполняться с учетом принципа отказоустойчивости или «живучести» (*fail-safeconcept* — FSC).

Для исследования аварийных состояний АД опасных производственных объектов в аварийных, неполнофазных режимах работы был разработан испытательный стенда рис. 1. Стенд содержит двигатель переменного тока и машину постоянного тока, размещенные на монтажной раме, муфту, датчики тока и блок электрических измерений и управления.

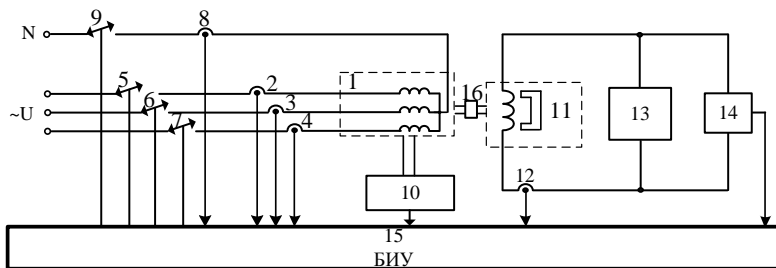


Рисунок 1. Структурная схема испытательного стенда:
1 — асинхронный двигатель; 2, 3, 4, 8, 12 — датчики тока;
5, 6, 7, 9 — управляемые ключи; 10 — датчик скорости;
11 — машина постоянного тока; 13 — датчик напряжения;
14 — блок нагрузки; 15 — блок электрических измерений
и управления; 16 — соединительная муфта

Машина постоянного тока через муфту соединена с двигателем переменного тока, один конец вала которого соединен с датчиком скорости. К каждой фазе машины переменного тока подключен

соответствующий датчик тока, соединенный с соответствующим управляемым ключом с двухсторонней проводимостью, который подключен к соответствующему выводу источника питания переменного тока. Точка соединения обмоток статора машины переменного тока соединена с четвертым датчиком тока, который подключен к четвертому управляемому ключу с двухсторонней проводимостью, связанному с нейтралью источника питания переменного тока. К якорной обмотке машины постоянного тока подключен пятый датчик тока, который соединен с блоком нагрузки, подключенным к машине постоянного тока. Датчик напряжения подключен параллельно блоку нагрузки. Все датчики тока, датчик напряжения и датчик скорости, управляющие выходы всех ключей с двухсторонней проводимостью подключены к блоку электрических измерений и управления.

Данный испытательный стенд позволяет проводить испытания как номинальных, так и аварийных и неполнофазных режимов работы электроприводов переменного тока.

Экспериментальные исследования были проведены при помощи автоматизированного испытательного стенда рис. 2 выполненного по схеме рис. 1. Эксперимент проводился для АД выполненного по схеме с развязанными фазами [1] (с подключения обмоток статора с независимым протеканием фазных токов) и с моментом нагрузки составляющим 112 % от номинального.

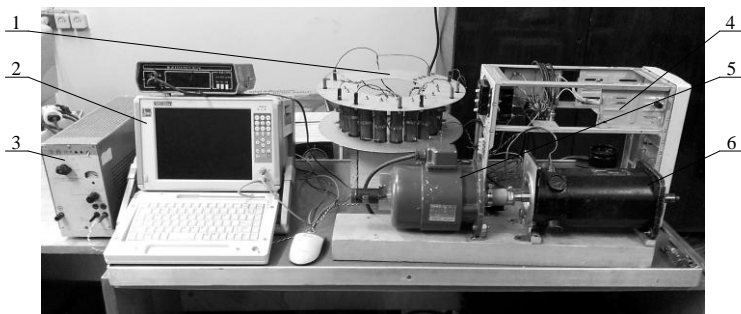


Рисунок 2. Автоматизированный испытательный стенд для исследования аварийных и неполнофазных режимов работы асинхронного двигателя: 1 — резистивная нагрузка; 2 — компьютерная измерительная система МИС-300; 3 — источник питания; 4 — блок формирования аварийных режимов работы; 5 — асинхронный двигатель АИР63А2; 6 — машина постоянного тока серии ППИ 12.11

На рисунке 3 представлены переходные процессы, протекающие в двигателе при пуске в трехфазном режиме с обрывом одной фазы в момент времени 0,5 секунды с последующим установлением частоты вращения за время 2,5 с.

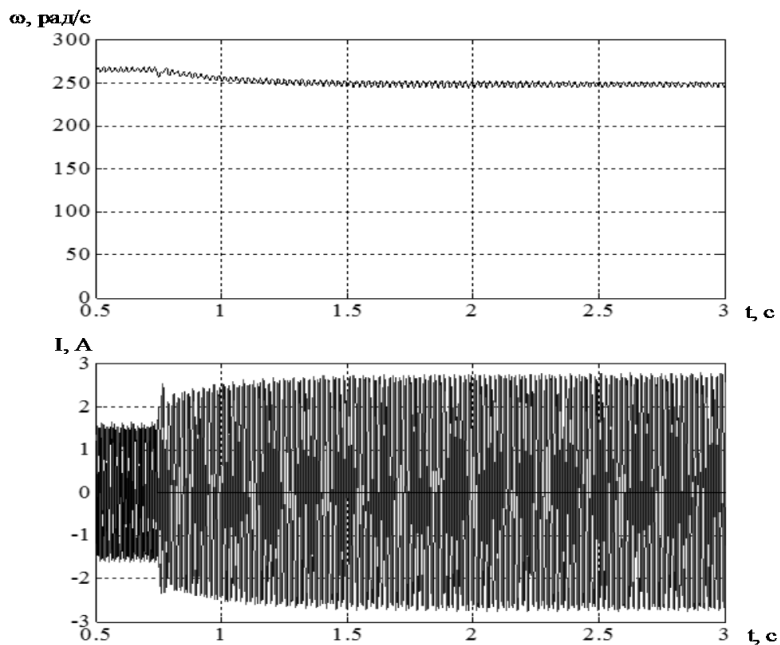


Рисунок 3. Переходные процессы в асинхронном двигателе при обрыве фазы статора

На рис. 4 представлены процессы пуска трехфазного асинхронного двигателя в аварийном двухфазном режиме, с последующим установлением частоты вращения.

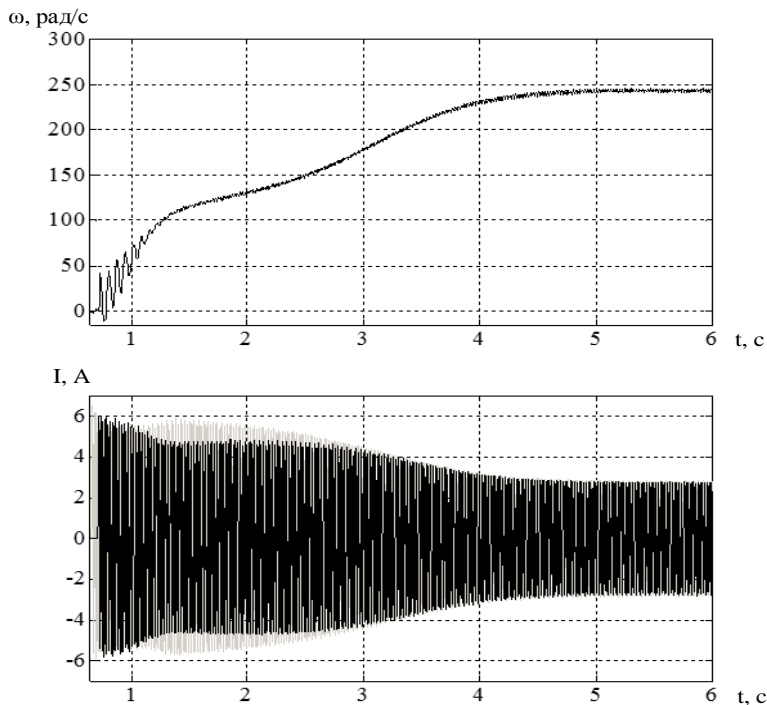


Рисунок 4. Переходные процессы в асинхронном двигателе при обрыве фазы статора

Из анализа переходных процессов рис. 3,4 видно, что наблюдается различие по частоте вращения в установившемся режиме для случаев пуска: в трехфазном режиме с переходом в двухфазный режим частота вращения составляет 247,5 рад/с, с амплитудным значением тока 2,74 А (рис. 3) и пуском в аварийном двухфазном режиме частота вращения составляет 242,5 рад/с, с амплитудным значением тока 2,75 А (рис. 4).

Различие частот вращения можно объяснить различием условий пуска двигателя. В трехфазном режиме работы поле обратной последовательности отсутствует и не создает дополнительный тормозной момент, а переход в аварийный режим происходит при достаточно низкой величине скольжения, поэтому поле обратной последовательности оказывает меньшее влияние на частоту вращения. При пуске двигателя в аварийном двухфазном режиме создаются

тяжелые условия для его пуска, с большей величиной скольжения. Для больших значений скольжения доля влияния составляющей поля обратной последовательности больше, больше тормозной момент.

Установившееся значение частоты вращения при переходе из трехфазного режима в аварийный двухфазный режим больше на 2 %, чем при пуске двигателя в аварийном двухфазном режиме с одинаковым моментом нагрузки составляет 112 % от номинального, что обусловлено влиянием поля обратной последовательности.

Список литературы:

1. Микроэлектронные электросистемы. Применения в радиоэлектронике/ Ю.И. Конев, Г.Н. Гулякович, К.П. Полянин и др.; Под ред. Ю.И. Конева. — М.: Радио и связь, 1987. — 240 с., ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СО СТРУКТУРНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

Однокопылов Георгий Иванович
канд. техн. наук, докторант ТПУ,
г. Томск
E-mail: OGIz@yandex.ru

Брагин Александр Дмитриевич
студент ТПУ,
г. Томск
E-mail: lfenylol@gmail.com

STUDY OF FAULT-TOLERANT ELECTRIC DRIVE WITH STRUCTURAL REDUNDANCY

GeorgyOdnokopilov
candidate of Engineering Sciences, TPU,
Tomsk

AleksanderBragin
student of TPU,
Tomsk

АННОТАЦИЯ

Исследован трехфазный асинхронный двигатель в двухфазно-маварийном режиме работы. Приведены временные диаграммы.

ABSTRACT

Three-phase asynchronous electric drive is studied in two-phase operation mode. Timing charts is presented.

Ключевые слова: живучесть асинхронного электропривода, отказ элементов преобразователя частоты, резервирование элементов электропривода.

Keywords: fault-tolerant induction motor drive, faults of the inverter, backup of the electric drive.

Обеспечение отказоустойчивого управления со свойством живучести асинхронного двигателя (АД) возможно за счет микроконтроллерного управления электроприводом с реализацией алгоритма восстановления работоспособности на основе резервных элементов, позволяющего полностью восстановить работоспособность электропривода для АД с независимым формированием фазных токов преобразователя частоты при внезапных отказах преобразователя частоты типа «невключение ключа» или «невывключение ключа» преобразователя частоты.

В настоящей работе рассмотрены динамические режимы работы отказоустойчивого асинхронного электропривода с применением различных систем управления и их сравнение при переходе из рабочего трехфазного в аварийный двухфазный режим работы выполненные с помощью моделирования. Моделирование производилось с помощью имитационной модели частотно-регулируемого асинхронного электропривода в среде Matlab Simulink, позволяющей исследовать аварийные и неполнофазные режимы трехфазного асинхронного электропривода [2].

В качестве системы управления рассмотрены системы векторного [1] и частотно-токового [3] управления.

На рис. 1 представлены переходные процессы, протекающие в электроприводе с векторным управлением в случае обрыва фазы и 25 мс интервалом времени переключения структуры электропривода с подключением резервного элемента (полумоста преобразователя частоты).

Использование структурного резерва позволяет полностью восстановить работоспособность электропривода при возникновении аварийной ситуации типа «невключение» и «невывключение» силового ключа преобразователя частоты. Анализируя графики переходных процессов, видно, что после переключения структуры электропривода наблюдается бросок тока, превышающий установившейся ток в 3,73 раза. Провал частоты вращения составляет 11,5 % от установившегося значения.

На рис. 2 приведены процессы, протекающие в частотно-токовом электроприводе при обрыве фазы статора и задействованном структурном резерве.

Также как и в случае частотно-токового управления применение структурного резерва позволяет полностью восстановить работоспособность электропривода.

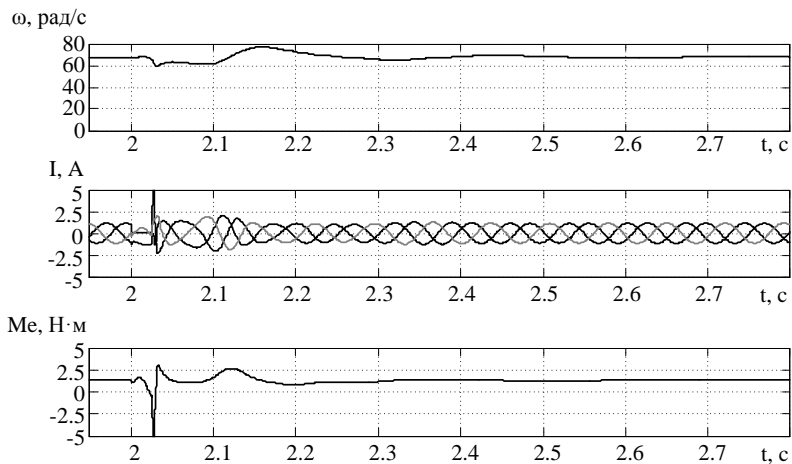


Рисунок 1. Переходные процессы в электроприводе с векторным управлением при обрыве фазы статора и подключением структурного резерва

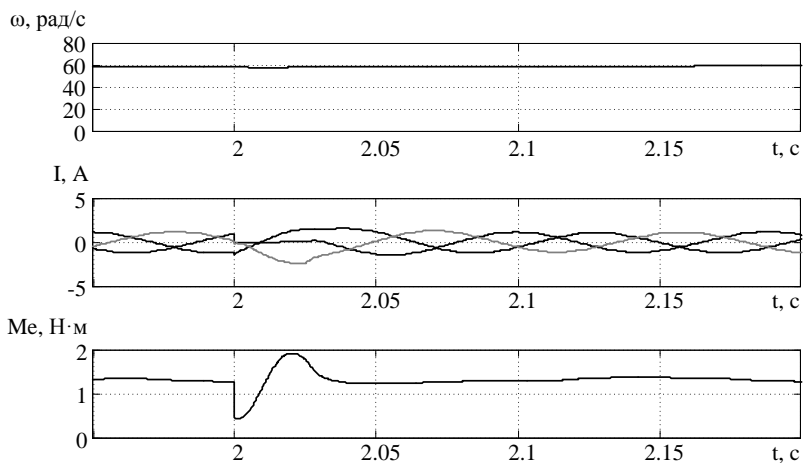


Рисунок 2. Переходные процесс в электроприводе с частотно-токовым управлением при обрыве фазы статора и подключением структурного резерва

Провал по частоте вращения при этом составляет 3,3 % от установившегося значения, а бросок тока превышает установившееся значение в 2,03 раза.

На рис. 3 приведена зависимость провала частоты вращения от момента нагрузки в переходных режимах при обрыве фазы статора и использовании различных систем управления. Провал частоты вращения и величина момента нагрузки представлены в относительных единицах, при этом момент нагрузки меняется от 0 до 1.

ω , о.е.

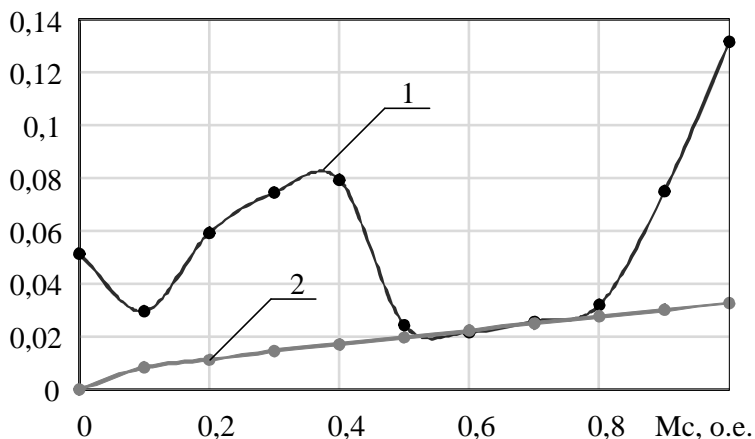


Рисунок 3. Влияние момента нагрузки на провал частоты вращения: 1 — векторное управление; 2 — частотно-токовое управление

В случае применения частотно-токового управления провал частоты вращения практически линейно возрастает с ростом момента нагрузки. При векторном управлении электроприводом зависимость носит нелинейный характер. На участке момента нагрузки от 0,5 до 0,8 величины провала по частоте вращения совпадают.

Выводы:

1. Применение структурного резерва при частотно-токовом управлении позволяет снизить броски тока в 1,3 раза по сравнению с векторным управлением, а также обеспечить минимальный провал по частоте вращения, составляющий 3,3 % от установившегося значения.

2. Максимальное значение провала частоты вращения при изменении нагрузки от нулевой до номинальной при векторном

управлении в 4 раза превышает аналогичный показатель при частотно-токовом управлении.

Список литературы:

1. Мальцева О.П., Удуг Л.С., Кояин Н.В. Системы управления асинхронных частотно-регулируемых электроприводов: учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 476 с.
2. Однокопылов Г.И., Брагин А.Д. Исследование в среде Matlab Simulink трехфазного асинхронного электропривода в аварийном двухфазном режиме работы // «Технические науки — от теории к практике»: материалы XVI международной заочной научно-практической конференции. — Новосибирск, 2012. — с. 125—130.
3. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов: Учебник для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 2005. — 304 с.: ил.

СЕКЦИЯ 13.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

Коваленко Виктор Васильевич

*д-р техн. наук, профессор РГГМУ,
г. Санкт-Петербург*

Гайдукова Екатерина Владимировна

*канд. техн. наук, доцент РГГМУ,
г. Санкт-Петербург*

E-mail: oderiut@mail.ru

Хаустов Виталий Александрович

*канд. техн. наук, доцент РГГМУ,
г. Санкт-Петербург*

Шевнина Елена Валентиновна

*канд. техн. наук, доцент РГГМУ,
г. Санкт-Петербург*

Судакова Наталья Валерьевна

*аспирант РГГМУ,
г. Санкт-Петербург*

Диавара Хамиду

*аспирант РГГМУ,
г. Санкт-Петербург*

**THE MAXIMUM FLOW
OF SPRING TIDE RELIABILITY ASSESSMENT
OF HYDRAULIC STRUCTURES
AT THE CLIMATE CHANGE**

Kovalenko Viktor

*doctor. tehn., Professor State Hydrometeorological University,
St. Petersburg*

Gaidukova Ekaterina

*candidate. tehn., Associate Professor State Hydrometeorological University,
St. Petersburg*

Haustov Vitaly

*candidate. tehn., Associate Professor State Hydrometeorological University,
St. Petersburg*

Shevnina Elena

*candidate. tehn., Associate Professor State Hydrometeorological University,
St. Petersburg*

Sudakova Natalia

*state Hydrometeorological University graduate student,
St. Petersburg*

Diawara Hamid

*state Hydrometeorological University graduate student,
St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена методика оценки долгосрочных изменений максимального стока весеннего половодья. Методика позволяет визуализировать пространственно-временную динамику аномальных зон формирования расчетных гидрологических характеристик слоя суммарного весеннего половодья. Выявлены аномальные зоны формирования максимального стока весеннего половодья в Арктической зоне Российской Федерации.

ABSTRACT

The method of assessing long-term changes in spring flood peak flow. The technique allows to visualize the spatial and temporal dynamics of

anomalous zones forming layer design hydrological characteristics of the total spring flood. Identified anomalous zones of formation of the high flow spring tide in the Arctic zone of the Russian Federation.

Ключевые слова: максимальный сток весеннего половодья; изменение климата; аномальные зоны формирования в Арктической зоне Российской Федерации.

Keywords: maximum runoff spring floods; climate change; the abnormal formation zone in the Arctic zone of the Russian Federation.

Введение. В настоящее время гидрологическая надежность проектируемых сооружений осуществляется в рамках нормативного документа [6] в предположении, что многолетний речной сток статистически не меняется, т. е. значение расхода $Q_{P\%}$ заданной обеспеченности $P\%$, полученное за предшествующий период, останется таким же и в будущем на период эксплуатации сооружения. Это допущение на современном этапе развития гидрометеорологии входит в противоречие как с эмпирическими температурными данными об изменении климата, так и с более фундаментальными результатами анализа гидрологических рядов с точки зрения их фрактальности, которая указывает на то, что предположение о «застывшем» в статистическом смысле гидрологическом режиме не соответствует действительности [4, 3].

В настоящее время существует методология оценки гидрологических последствий изменения климата, основанная на использовании уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова (ФПК), которая представлена в работе [2]. Уравнение применимо ко всем видам многолетнего стока (годового, минимального, максимального), его решением является семейство кривых К. Пирсона, лежащих в основе действующего свода правил СП 33-101-2003. Предметом настоящей статьи является методика использования общей методологии для максимального стока.

Методология оценки обеспеченных значений расходов воды при изменении климата. Ядром базовой стохастической модели формирования речного стока является дифференциальное уравнение первого порядка:

$$dQ/dt = -(1/kt)Q + \dot{X}/\tau, \quad (1)$$

где: Q — скользящие осредненные расходы воды (модули или слои) в замыкающем створе речного бассейна;

k — коэффициент стока;

τ — время релаксации речного бассейна.

После переобозначений и введения в (1) шумов, получим стохастическое дифференциальное уравнение (модель линейного формирующего фильтра):

$$dQ = [-(\bar{c} + \tilde{c})Q + \bar{N} + \tilde{N}]dt, \quad (2)$$

где: $c = 1/k\tau = \bar{c} + \tilde{c}$; $N = \dot{X} / \tau = \bar{N} + \tilde{N}$ (здесь \bar{c} , \bar{N} — математические ожидания;

\tilde{c} , \tilde{N} — коррелированные друг с другом белые шумы с интенсивностями $G_{\tilde{c}}$, $G_{\tilde{N}}$ и взаимной интенсивностью $G_{\tilde{c}\tilde{N}}$).

В науке известна процедура замены (2) статистически эквивалентным ему уравнением Фоккера-Планка-Колмогорова (ФПК), описывающим марковскую эволюцию плотности вероятности $p(Q, t)$:

$$\frac{\partial p(Q; t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial Q}(A(Q; t)p(Q; t)) + 0.5 \frac{\partial^2}{\partial Q^2}(B(Q; t)p(Q; t)), \quad (3)$$

где A и B коэффициенты сноса и диффузии, определяющие физико-статистическими параметрами, входящими в (2).

Основным аргументом в пользу модели (3) как описывающей процесс формирования многолетнего стока является то обстоятельство, что для стационарных случайных процессов она переходит в уравнение Пирсона:

$$\frac{dp}{dQ} = \frac{Q - a}{b_0 + b_1Q + b_2Q^2} p, \quad (4)$$

решением которого является семейство кривых $p(Q)$, применяемых в инженерной гидрологии.

Выражение (3) можно аппроксимировать системой дифференциальных уравнений для начальных моментов m_i :

$$\begin{aligned} dm_1/dt &= -(\bar{c} - 0,5G_{\bar{c}})m_1 - 0,5G_{\bar{c}\bar{N}} + \bar{N}; \\ dm_2/dt &= -2(\bar{c} - G_{\bar{c}})m_2 + 2\bar{N}m_1 - 3G_{\bar{c}\bar{N}}m_1 + G_{\bar{N}}; \\ dm_3/dt &= -3(\bar{c} - 1,5G_{\bar{c}})m_3 + 3\bar{N}m_2 - 7,5G_{\bar{c}\bar{N}}m_2 + 3G_{\bar{N}}m_1; \\ dm_4/dt &= -4(\bar{c} - 2G_{\bar{c}})m_4 + 4\bar{N}m_3 - 14G_{\bar{c}\bar{N}}m_3 + 6G_{\bar{N}}m_2. \end{aligned} \quad (5)$$

Этой системы уравнений достаточно для определения всех расчетных гидрологических характеристик: нормы $\bar{Q} = m_1$, коэффициентов вариации $C_v = f(m_1, m_2)$ и асимметрии $C_s = f(m_1, m_2, m_3)$, а также эксцесса $Eh = f(m_1, m_2, m_3, m_4)$.

Решение прогностической задачи разбивается на два этапа: по имеющейся информации (из данных наблюдений или карт) находим моменты m_i и по ним выполняем параметризацию модели (5), т. е. находим \bar{c} , \bar{N} , $G_{\bar{c}}$, $G_{\bar{N}}$, $G_{\bar{c}\bar{N}}$, а затем, меняя (в соответствии с климатическим сценарием) значения $\bar{c}(\dot{X}, T)$ и $\bar{N}(\dot{X})$, находим прогнозные (точнее, сценарные) значения моментов $m_i^{\text{пр}}$. По ним вычисляем прогнозные расчетные характеристики, строим прогнозные распределения $p^{\text{пр}}(Q)$ и находим обеспеченные значения $Q_{p\%}^{\text{пр}}$, отличающиеся от фактических учетом климатических изменений за период эксплуатации проектируемого сооружения. Методологию можно упростить [1].

Применение методики оценки характеристик при изменении климата к максимальному стоку весеннего половодья Арктической зоны России. На рисунке показана динамика перемещения зон аномалий (регионов, в которых сценарные оценки статистически значимо отличаются от существующих) для норм и коэффициентов вариации на XXI в., полученных по осредненному климатическому сценарию: для Европейской и Западносибирской части Азиатской территории России сценарии IPTO4X (модель ВСС-СМ1) и IPTO2X (модель GISS-ЕН), для Восточносибирской части

Азиатской территории России сценарии IPTO2X (модель BCC-CM1) и SRA1B (модель GISS-EH) (см. [7]).

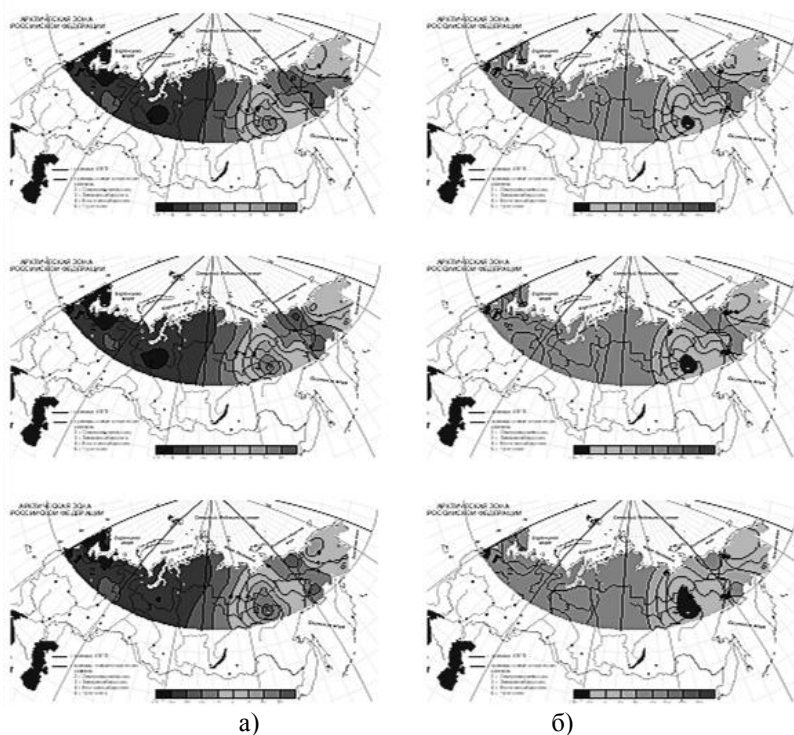


Рисунок 1. Динамика смещений зон аномалий нормы (а) и коэффициента вариации (б) на 2025, 2055, 2075 года сверху вниз

Достоверность методики проверялась на ретроспективном материале по рядам стока, содержащим маловодный и многоводный периоды (делались перекрестные «прогнозы» с одного периода на другой). Сравнивались фактические распределения $p_f(h)$ с условно-прогнозными $p_{пр}(h)$ по различным статистическим критериям на уровнях значимости 5 и 10 %. Для Арктической зоны России результаты подобных оценок показали, что путем варьирования способов задания параметров модели (например: $\bar{c} = \bar{N} / m_1$, $G_{\bar{N}} = \text{const}$; $\bar{c} = \bar{N} / m_1$, $G_{\bar{N}} = 43,75\bar{N}^{0,9}$; $\bar{c} = f(\bar{N}, T)$

и другие варианты эмпирических региональных зависимостей) можно добиться высокого процента оправдавшихся ретроспективных прогнозов. В некоторых случаях — до 80 %, но есть и такие регионы, в которых этот процент пока ниже значения 50 % [5].

К 2025 году отклонения в пределах погрешности определения нормы слоя стока весеннего половодья (15 %) ожидаются на Дальнем Востоке и в бассейне р. Лены. Остальная территория Арктической зоны РФ находится в зоне аномалий (отклонения превышают погрешность определения нормы стока). Относительная разница в прогнозных значениях нормы от фактических достигнет 75 % — это практически весь Североευропейский климатический район.

К 2075 году «благоприятная» (отклонения не превышают 15 %) зона расширится в бассейне р. Лены, на Дальнем Востоке появится локальная опасная зона. В Североευропейской и Западносибирской климатических зонах произойдет перераспределение по территории отклонений, но они останутся в пределах 45—75 %. Опасная зона начнет формироваться в верхнем течении бассейна Лены, которая может влиять на гидрологическую ситуацию ниже по течению.

Опасными зонами по коэффициенту вариации считаются территории с отклонениями, превышающими погрешность определения коэффициента вариации стока, — 20 %. Отклонения варьируются от — 40 % до 360 %. Опасными зонами являются Североευропейский и Западносибирский климатические районы. Наибольшие отклонения ожидаются на Кольском полуострове. В бассейнах рек Обь и Енисей отклонения достигнут 200 %. Относительно благоприятными районами будут Восточносибирский и Чукотский районы. В бассейне р. Лены отклонения находятся в пределах погрешности, т. е. не превысят 20 %.

К 2075 году опасные зоны сокращаются на Кольском полуострове, но отклонения в среднем по полуострову могут достигать 250 %. Дальней Восток практически целиком будет находиться в благоприятной зоне, также как и бассейн р. Лены. Правда, в верхнем течении р. Лены опасная зона (отклонения достигают 40 %) расширяется, заползая за границу Арктической зоны РФ.

Выводы. Модернизирована методика оценки долгосрочных изменений максимального стока весеннего половодья, основанная на объемной формуле речного стока. Она позволяет визуализировать пространственно-временную динамику аномальных зон формирования расчетных гидрологических характеристик слоя суммарного весеннего половодья. Достоверность результатов, получаемых по предлагаемой методике, повышается при использовании в модели формирования

стока параметров, характеризующих их региональные зависимости от климатических сценарных значений осадков и приземной температуры воздуха. Выявлены аномальные зоны формирования максимального стока весеннего половодья в Арктической зоне Российской Федерации.

Исследования финансировались Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках проектов № 14.515.11.0002, № 14.В37.21.0678.

Список литературы:

1. Коваленко В.В. Гидрологическое обеспечение надежности строительных проектов при изменении климата. — СПб.: изд. РГГМУ, 2009. — 100 с.
2. Коваленко В.В. Оценка гидрологической надежности гидротехнических сооружений при неустановившемся климате // Гидротехническое строительство, № 4, 2010. — С. 41—44.
3. Коваленко В.В. Теоретическое и экспериментальное обоснование зависимости фрактальной размерности рядов многолетнего стока от климатической нормы приземной температуры воздуха // ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2012, том 444, № 6, с. 666—670.
4. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В. Влияние климатической нормы приземной температуры воздуха на фрактальную размерность рядов многолетнего речного стока // ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2011, том 439, № 6, с. 815—817.
5. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Хаустов В.А., Громова М.Н., Девятков В.С., Шевнина Е.В. Влияние изменения климата на многолетний слой стока весеннего половодья рек Арктической зоны России // «Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета», № 14, 2010. — С. 14—19.
6. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик / Госстрой России. — М.: ФГУП ЦПП, 2004. — 73 с.
7. The IPCC Assessment Reports // IPCC. — 2009. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ipcc.ch>. (дата обращения 23.05.2013).

СЕКЦИЯ 14.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУР

Матюшкин Лев Борисович

*аспирант, Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),
кафедра микро- и нанoeлектроники,
Санкт-Петербург
E-mail: leva.matyushkin@gmail.com*

SOFTWARE FOR ABSORPTION AND LUMINESCENCE SPECTRA RESEARCH OF QUANTUM-SIZED NANOSTRUCTURES

Lev Matyushkin

*postgraduate of Saint-Petersburg Electrotechnical University,
Saint-Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Разработано программное обеспечение, позволяющее проводить преобразование координат, фильтрацию высокочастотных шумов и другие виды обработки семейств оптических спектров. Программа может применяться в работе оптической лаборатории и учебном процессе.

ABSTRACT

The developed software allows coordinate transformation, high frequency noise filtering and other kinds of optical spectra processing. This program can be used in the optical laboratory and teaching.

Ключевые слова: наноструктуры; квантовые точки; спектры люминесценции.

Keywords: nanostructures; quantum dots; luminescence spectra.

Люминесцентная спектроскопия и спектроскопия поглощения являются универсальными высокочувствительными неразрушающими оптическими методами исследования. Обработка спектров оптических измерений является одной из самых распространенных задач диагностики полупроводниковых материалов. Определенные сложности возникают при одновременном анализе набора спектров, например, для образцов, полученных в ходе нескольких серий экспериментов, когда компьютерная обработка одинаковых столбцов данных в табличных процессорах может оказаться трудоемкой задачей.

Необходимость создания программного обеспечения обусловлена развитием на кафедре микро- и наноэлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» направления синтеза, диагностики и создания структур на основе коллоидных полупроводниковых наночастиц [5]. Для подобных объектов особенно важным оказывается одновременное сравнение спектров поглощения и флуоресценции образцов, в том числе для определения величины Стоксова сдвига.

Для указанных целей в среде LabVIEW был разработан виртуальный прибор, лицевая панель которого представлена на рис. 1. Программа, обеспечивающая работу прибора, имеет сложную иерархию, включающую как подпрограммы самой среды, так и специально созданные компоненты, некоторые из которых приведены ниже.

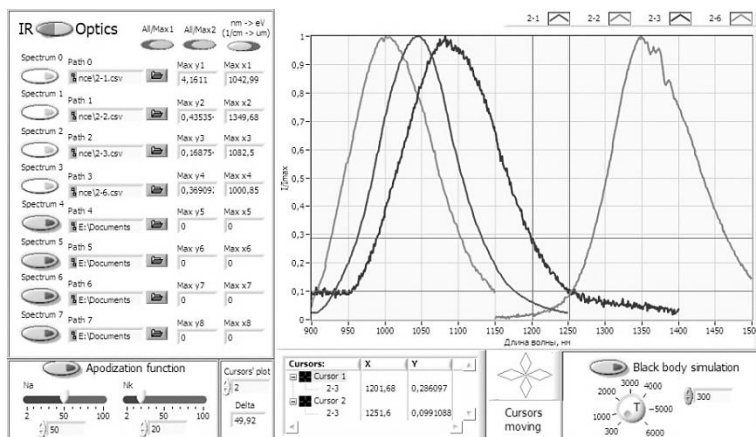


Рисунок 1. Лицевая панель разработанного виртуального прибора

Определим необходимые в подобной программе функции и средства, при помощи которых эти функции были осуществлены.

Считывание табличного файла. Указывается путь файла спектра отдельного образца, содержащего два столбца данных: первый столбец состоит из значений длин волн, второй столбец содержит соответствующие этим длинам волн значения сигнала.

Определение имени спектра. Поскольку названия файлов обычно представляют некоторое краткое описание образца, удобно выделить содержащуюся в названии файла информацию, чтобы автоматически использовать ее в легенде графика. Для этого при помощи регулярного выражения (рис. 2) из пути файла выделяется его название.

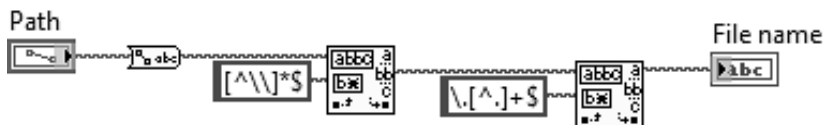


Рисунок 2. Блок-диаграмма подпрограммы LabVIEW, осуществляющей при помощи регулярных выражений преобразование адреса файла в название спектра в легенде графика

Фильтрация сигнала. Опциональной является функция удаления высокочастотных шумов, действие которой обеспечивается разложением спектра образца в ряд Фурье с подавлением соответствующих гармоник высоких частот функцией аподизации.

Преобразование координат X и Y. Для сравнения данных, полученных в разных масштабах оси абсцисс, необходимо осуществлять переходы между такими шкалами как: мкм — см^{-1} ; нм — эВ и т. д. Переход между различными представлениями ординат оси Y требуется для перевода величин оптической плотности — коэффициентов пропускания.

Нормировка. Для сравнения сигналов различной интенсивности используется функция нормировки сигнала к наибольшему значению кривой или тому же значению, но выбранному из серии сигналов или к конкретному значению, заданному пользователем. Последний случай необходим для сравнения графиков сигналов различной природы — например, спектров поглощения и фотолюминесценции.

Дифференцирование спектра и нахождение интеграла площади под кривой. Интегрирование спектра применяется, например, для сравнения с интегралами гауссовых кривых, на которые может быть разложен спектр.

Определение полуширины сигнала (full width at half maximum, FWHM). Автоматическое определение параметра полуширины пика проводится при помощи программы, блок-схема которой приведена на рис. 3.

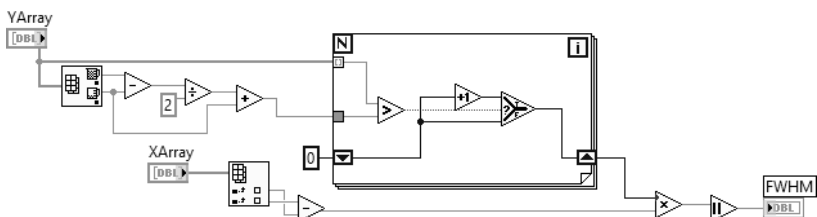


Рисунок 3. Подпрограмма LabVIEW для определения полуширины сигнала

Программа позволяет обрабатывать каждый спектр отдельно, однако большинство задач обработки экспериментальных данных связано с одновременным исследованием нескольких спектров. Программа позволяет осуществлять: 1) совмещение в одной области графика до восьми спектров; 2) включать/удалять подлежащие сравнению сигналы; 3) нормировать спектры по максимуму интенсивности индивидуальных сигналов либо по наиболее интенсивному сигналу в семействе; 4) определять положение максимумов и полуширин пиков; 5) аппроксимировать кривую функциями Гаусса и определить вклада каждого гауссова пика.

Программа была апробирована при исследовании спектров фотолюминесценции коллоидных растворов квантовых точек и анализе физических законов, управляющих организацией наночастиц в массивы [1, 6].

В дальнейшем разработанное программное обеспечение планируется также использовать для диагностики мембран пористого оксида алюминия [4], исследования материалов, получаемых методами золь-гель технологии [3] и стабилизированных при помощи подобных систем магнитных наночастиц [2].

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», соглашение № 14.132.21.1703.

Список литературы:

1. Александрова О.А., Максимов А.И., Мараева Е.В. и др. Синтез и самоорганизация квантовых точек сульфида свинца для люминесцентных структур, полученных методом испарения коллоидного раствора // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 2. С. 19—23.
2. Гареев К.Г., Грачева И.Е., Мошников В.А. Золь-гель-технологии направленного синтеза нанокompозитов на основе наноразмерных магнитных частиц в порах изолирующей диэлектрической матрицы // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 2. С. 9—14.
3. Грачева И.Е., Мошников В.А., Абрашова Е.В. Обобщение результатов анализа величины фрактальной размерности золь-гель пористых иерархических структур // Материаловедение. 2013. № 6—195. С. 13—22.
4. Муратова Е.Н., Спивак Ю.М., Мошников В.А. и др. Влияние технологических параметров получения слоев нанопористого Al_2O_3 на их структурные характеристики // Физика и химия стекла. 2013. Т. 39. № 3. С. 473—480.
5. Мусихин С.Ф., Александрова О.А., Лучинин В.В. и др. Полупроводниковые коллоидные наночастицы в биологии и медицине // Биотехносфера. 2012. № 5—6. С. 40—48.
6. Тарасов С.А., Александрова О.А., Максимов А.И. и др. Исследование процессов самоорганизации квантовых точек сульфида свинца // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2013. № 3. С. 28—32.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Сборник статей по материалам
XXIV международной заочной научно-практической конференции

07 августа 2013 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 13.08.13. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 10. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3