

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

JOURNAL OF
NATURAL
HISTORY

УЧЁНЫЙ
научный журнал

An international journal of systematics, interactive biology, and biodiversity, previously the *Annals & Magazine of Natural History*, founded in 1841

Volume 39

Taylor & Francis
Taylor & Francis

9

2015

Часть II

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 9 (89) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметова Галия Дуфаровна, доктор филологических наук

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

На обложке изображена Мэри Эннинг (1799–1847) — британский коллекционер окаменелостей и палеонтолог-любитель, известная целым рядом открытий, в основном, в области морской фауны юрского периода.

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: info@moluch.ru; http://www.moluch.ru/.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4

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

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

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

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

Ответственные редакторы:

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

Международный редакционный совет:

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

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

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

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

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

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

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

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

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

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

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

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

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

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

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

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

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

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Абрашитов В. С., Арискин М. В., Алмаметов Э. Х.**
Аварии металлических конструкций в Пензе.. 137
- Азимова Ш. Г.**
Анализ особенности трикотажных полотен и использования их отходов при производстве швейно-трикотажных изделий 139
- Аксёнова Н. В., Бородич О. В., Дубровская М. В., Шепетовский Д. В.**
Модель ресурсоэффективного каркасного светильника 142
- Альдебенева Е. П., Андреева Т. В., Бизянова Д. А.**
Разработка алгоритма дистанционного управления промышленным роботом-манипулятором 146
- Анфилатов А. А.**
Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля..... 151
- Ахметов А. А., Степанова О. А., Ермоленко М. В., Тоимбаев А. Б., Нургалиев Д. Н.**
Анализ эффективности работы котлов на жидком и твердом топливе 154
- Базин В. В., Шитова И. Ю., Самошина Е. Н.**
Исследование технологических свойств серных композитов на кварцевой муке, обработанной аппретом 157
- Береговой В. А., Сорокин Д. С.**
Закономерности формирования структуры пеноминеральных смесей при производстве ячеистых строительных материалов..... 161
- Блажеев А. Ю.**
Задача распознавания опасной навигационной ситуации при эксплуатации судна 163
- Бровко А. М.**
История развития технологии квантовых точек..... 166
- Вардияшвили А. А., Узаков Г. Н., Мурадов И., Файзиев Т. А., Вардияшвили А. А.**
Возможности использования в теплоснабжении сельских домов и зданий солнечных водонагревателей 169
- Васильева Т. Н., Мишина Е. С.**
Выбор места установки реклоузера 172
- Гарькин И. Н., Еркин Д. В., Наумов В. А.**
Экспертиза промышленной безопасности конструкций козлового крана 179
- Гоголева М. А., Грачева А. В.**
Plastic cards and degree of protection cards 181
- Головачев А. В.**
Добавка синтез-газа, полученного на борту автомобиля, к основному топливу 184
- Головяшкин А. Н., Ометова С. Ю.**
Конструкция и технология изготовления моделируемого магниторезистивного элемента 188
- Джураева Т. С.**
Шедевры народного творчества узбеков 191
- Долгова Л. А., Василяди Г. Н.**
Обоснование способа предупреждения столкновения автомобилей 194
- Долгова Л. А., Жаткин С. А., Салмин В. В.**
Анализ параметров моторного масла и технических устройств, позволяющих контролировать процессы старения моторных масел 198
- Домнин П. В., Гарифуллин А. А.**
Изготовление червячных фрез методом электроэрозионной обработки..... 202

Емельянов А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Дылдин М. Ю., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я. Моделирование синхронного неявнополюсного дугостаторного двигателя ($Z_1 = 12$) с укладкой обмотки индуктора через спинку ярма 207	Калиева А. Б., Донцов Ю. В. Разработка и исследовательские испытания механических свойств экспериментальных образцов двухкомпонентного композиционного материала 242
Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Полубаров Е. Н. Деформационные характеристики геополимерного бетона и несущая способность железобетонной балки на его основе 223	Калмыков Б. Ю., Дмитриенко Н. А., Скудина А. А. Improving road safety by means of innovative methods of symbolic communication vehicles.. 245
Жакбаров О. О., Имамназаров Э. Д., Кодиров З. З. Создание пакета прикладных программ для оптимального управления процессом фильтрации для разработки газовых месторождений..... 226	Карпанин О. В., Сафонов А. В., Ометова С. Ю. Автоматизированная установка для микродугового оксидирования..... 247
Жерякова К. В., Корниенко Н. Д. Анализ химического состава гидрофобизирующих материалов, используемых в производстве бумажной упаковки 230	Корниенко Н. Д., Жерякова К. В. Свойства и области применения модифицированных видов крахмала при производстве меловальных суспензий 251
Замиховский Л. М., Матвиенко Р. М. Современное состояние развития тренажерных систем и систем поддержки принятия решений при управлении технологическим процессом компримирования газа 232	Коровкин М. О., Саденко Д. С., Ерошкина Н. А. Эффективность использования диатомита в качестве компонента минерально-химической добавки 253
Зверев Г. И. Угрозы и методы обеспечения информационной безопасности виртуальных сред..... 235	Кочеткова М. В., Гончаренко О. А. Развитие трещин в бетоне ростверков под колонны при изменении основных факторов 255
Зиятдинов Р. М. К вопросу о мазутном хозяйстве..... 237	Курбонов Ф. А., Ёкубов Ж. Н. Основные направления и методы защиты от вибрации технологических машин в швейном производстве..... 258
Иванов Д. В., Фомичев Е. И. Purpose of superconductors in daily life..... 240	Лопатин О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом 261

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аварии металлических конструкций в Пензе

Абрашитов Валентин Султанович, кандидат технических наук, профессор;

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;

Алмаметов Эльдар Халилович, магистрант

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В 1997 году обрушились две фермы производственного корпуса ОАО «Пензхиммаш». Фермы трапецидального очертания пролётом 30 м. Обрушение ферм произошло поздно вечером (ночью) 24 февраля, когда имели место быть резкие перепады температур: утром был снег с дождем при температуре $t \approx +5^\circ\text{C}$, а вечером (в 17.00) произошло снижение до $t \approx -27^\circ\text{C}$. На протяжении всего дня снег не прекращался.

Производственное здание было пристроено к другому зданию и имело перепад высот более 4,0 м. Там, где произошло обрушение, образовался «снеговой мешок» с $\mu \geq 4$. Анализ проекта ферм и замеры сечений показали, что опорный раскос — выполнен не по проекту и имеет сечение 2 уголка 75 x 10 мм, тогда как по расчету он должен быть из 2 уголков 125x8.

Разрушение обеих ферм произошло из-за потери устойчивости опорного раскоса и последующего разрушения верхнего пояса (Рис. 1, 2, 3, 4).

В данном случае разрушение произошло от дефекта исполнения опорного раскоса ферм и естественно большой снеговой нагрузки в месте покрытия («снеговой мешок»).

В этом же году и почти в те же дни около завода «Биосинтез» обрушилась система покрытия типа «Кисловодск» размером 30x30 м, уже смонтированная и эксплуатируемая. Пространственная система разрушилась так же от потери устойчивости опорных раскосов, передающих нагрузку на колонны. (Рис. 3)

Здесь обмеры и освидетельствование конструкции показало, что она была перегружена почти в два раза. Замер нагрузки от снегового покрова на ферме показал значение около 350 кгс/м^2 . Состав кровли так же отличался от проектного, так как стяжка была выполнена из бетона толщиной до 150 мм, что дает вес только стяжки вместо $1800 \times 0,035 = 63 \text{ кгс/м}^2$ вес бетона $2200 \times 0,15 = 330 \text{ кгс/м}^2$.

Поэтому с учетом снегового покрова нагрузка на структурную плиту типа «Кисловодск» составляет более чем в два раза по сравнению с несущей способностью конструкции элементов структуры

Таким образом можно констатировать, что эксплуатация зданий осуществлялась не надлежащим образом, что и привело к авариям, описанным выше. Для предотвращения аварий необходимо моделировать процессы развития аварийных ситуаций [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], что может спрогнозировать варианты развития аварийных ситуаций.



Рис. 1. Ферма после обрушения ОАО «Пензхиммаш»



Рис. 2. Обрушение пролета ОАО «Пензхиммаш»



Рис. 3. Характерные повреждения металлических конструкций после обрушения

Литература:

1. Арискин, М. В., Гарькин И. Н. Теоретические исследования напряженно-деформируемого состояния в составной балке // Молодой ученый. — 2014. — № 11. — с. 37–40.
2. Арискин, М. В. Совершенствование клеиметаллических соединений деревянных конструкций с применением стальных шайб // диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза 2011
3. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Агеева И. Ю., Гарькин И. Н. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 2. — с. 27–31.
4. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Агеева И. Ю. Изготовление соединений на клеенных стальных шайбах / Альманах современной науки и образования. 2013. № 6 (73). с. 13–15.
5. Арискин, М. В., Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева, Гарькин И. Н. Применение многорядных соединений в деревянных конструкциях в практике строительства [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 5. — с. 35–38.
6. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Гарькин И. Н., Родина Е. В. Экономическая эффективность проектирования в комплексе Allplan по сравнению с существующими САД-системами [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 5. — с. 32–35.
7. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Гарькин И. Н., Агеева И. Ю. Современные тенденции развития проектирования в строительстве [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2012. — № 10. — с. 31–33.

Анализ особенности трикотажных полотен и использования их отходов при производстве швейно-трикотажных изделий

Азимова Шоира Гафуровна, старший преподаватель
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

В условиях рыночной экономики отличительной чертой отраслей легкой промышленности становится короткий жизненный цикл продукции, который обосновывает необходимость выпуска большой номенклатуры изделий малыми объемами. Это приводит к частой смене моделей выпускаемой продукции, снижению размеров изготавливаемых партий и увеличению частоты их запуска. Для поддержания конкурентоспособности производства необходимо гибкое и адекватное реагирование внутренней организацией производства на изменения внешних условий рынка. Основные исследования по теоретическому обоснованию и практическому обеспечению гибкости производственной системы.

В повышении эффективности трикотажного производства немаловажная роль отводится швейно-трикотажному производству.

Трикотаж используется для изготовления предметов одежды, а также в производстве искусственного кружев, мехов, технических и медицинских изделий. В отличие от других текстильных изделий, трикотаж обладает растяжимостью по всем направлениям из за возможности материала изменять форму и размеры. Рыхлая петельная структура придаёт трикотажу мягкость и несминаемость.

Повышение эффективности швейно-трикотажного производства основано на решении комплекса задач, находящихся в тесной взаимосвязи, а именно: внедрения

прогрессивной технологии, широкого использования средств механизации автоматизации, передовой организации труда и производства.

В настоящее время на трикотажных предприятиях в Узбекистане выпускаются 4 основных вида трикотажного полотна:

- Кулирка (в переводе с французского «кулирование»; изгиб, кулирная гладь)
- Рибана (ластик 1x1)
- Кашкорсе (ластик 2x2)
- Интерлок (двуластик)

Трикотажная ткань состоит из двух перпендикулярно пересекающихся систем нитей. Свойства трикотажных полотен имеют отличительные особенности от тканых материалов. Рыхлая структура пряжи имеет много достоинств, главными из которых являются:

- 1) повышение упругого сопротивления изгибу и способность лучше восстанавливать форму петли при деформациях;
- 2) высокая застилистость, позволяющая применять нити меньшей линейной плотности (на 10–15%) без увеличения плотности вязания уменьшения длины нити в петле) и поэтому без снижения производительности вязальных машин;
- 3) облегчение массы изделия и придание ему приятной мягкости на ощупь;

4) повышение теплоизоляционного свойства изделий;

5) улучшение способности пряжи к переработке на вязальных машинах.

Трикотажные изделия обладают комплексом оптических свойств, таких, как блеск, цвет, характер рисунка. В зависимости от назначения трикотажным изделиям придают определенные оптические свойства. Для изделий весенне-летнего и летнего ассортимента, как правило, применяются полотна и пряжа светлых и ярких тонов.

Растяжимость трикотажа является одним из важнейших свойств, учитываемых при конструировании изделий. Трикотаж под действием нагрузок растягивается и деформируется, но после их снятия может частично или полностью восстанавливать свою первоначальную форму. При этом деформация растяжения трикотажа состоит из не исчезающей (пластической) и исчезающей частей. Исчезающая часть состоит из упругой и эластической деформации. Чем больше величина не исчезающей деформации растяжения трикотажа, тем быстрее изделия в процессе эксплуатации теряют свой внешний вид: они обвисают и вытягиваются. Все основовязанные полотна относятся к первой группе растяжимости.

Растяжимость полотен зависит от вида волокна, переплетения и в отдельных случаях от длины петли. Гладь растягивается в ширину значительно больше, чем в длину: производная гладь меньше растягивается в ширину, чем простая гладь: хорошую растяжимость имеет интерлочный трикотаж. Изнаночный трикотаж растягивается в длину и ширину одинаково: ластик 1+1 имеет относительно растяжимость по ширине в два раза большую, чем у глади, и незначительную растяжимость по длине. Полотна с быстроходных основовязальных машин имеют наименьшую растяжимость по ширине.

Усадка трикотажа также учитывается при проектировании трикотажных изделий, так как стабильные размеры (по длине и ширине, из-за этого свойства часто нарушаются).

При проявлении усадки трикотажа в условиях эксплуатации (носки, стирки) изменяются размеры и внешний вид изделия, а иногда оно и полностью приходит в негодность.

Распускаемость является одним из крупных недостатков трикотажа некоторых переплетений, особенно глади. Значительно меньшая степень распускаемости у интерлочного и основовязанных переплетений, которые распускаются только по направлению, обратному вязанию, и в случае, когда все нити по ширине трикотажа будут натянуты с одинаковой силой.

Названные свойства оказывают влияние на процесс настилки трикотажа в большей или меньшей степени при раскрое швейных изделий, что влияет на виды отходов. Поэтому целесообразно изучение различных видов отходов при производстве швейных изделий для их рационального использования.

В трикотажной промышленности образуются отходы при переработке пряжи, изготовлении трикотажного по-

лотна и изделий из него, производстве носочных и перчаточных изделий, большая часть которых используется как вторичное сырье.

В швейной промышленности отходы образуются в процессе подготовки материалов и самого раскраивания деталей швейных изделий представляющий собой весовой лоскут тканей и используемый в качестве вторичного сырья для производства вторичных текстильных материалов.

Большую часть текстильных отходов производства и потребления используют в качестве вторичного сырья при выработке нетканых материалов. Существует достаточно видов продукции, получаемой из текстильных отходов производства и потребления — это утеплители различного назначения, канаты, шнуры, шпагаты, мешочные ткани и другие изделия. Из отходов трикотажного производства изготавливают свыше 200 наименований изделий.

Разработана отечественная технология производства нетканых материалов из трикотажных обрезков и лоскута полотна. Получаемые нетканые материалы из отходов используют в швейной промышленности в качестве утепляющего материала — ватина; в обувной промышленности — прокладок при производстве обуви и верха для домашней обуви; в мебельной промышленности — настилочного материала при производстве мягкой мебели; в строительстве — напольной выкладки, прокладочных и изоляционных материалов.

В процессе производства неизбежны определенные отходы и потери сырья. Отходом называется остаток исходного сырья, материала при производстве планируемого вида продукции, который не может быть использован в процессе ее изготовления. Отходы используются в качестве исходного сырья для производства других видов продукции. Потери — это количество исходного сырья и материалов, которое теряется в основном производстве изготовления продукции. Рациональным раскроем называют наиболее экономичное использование полезной площади ткани, поступающей на швейную фабрику для изготовления основной (плановой) продукции.

Сущность рационального раскроя заключается в предварительном расчете кусков ткани на различные по длине настилы или рамки в одном настиле, сочетания, которые ликвидируют или резко уменьшают нерациональные остатки ткани.

В таблице 1 показаны основные потери трикотажного сырья при раскрое полотен.

На швейно-трикотажных предприятиях при производстве швейных изделий существуют 3 основных вида потерь: 1-межлекальные выпадки; 2-нерациональные остатки; 3-бракованные детали (не предусмотренные картой раскроя). Из существующих видов потерь составляет лоскут производства.

Лоскут от основного производства в основном используются для производства единичных художественных изделий. Использование элементов лоскутного шитья

Таблица 1

№	Вид изделия	Суммарные потери при раскрое, %	
		Межлекальные выпады	Дефектные детали
1.	Футболки по ростовке	14	6
2.	Майки по ростовке	13	5
3.	Футболки	14	8
4.	Майки	14	7

при массовом производстве изделий является одним из важнейших способов повешение эффективности использование трикотажа.

Одним из способов использования отходов материалов является лоскутное шитье. Значительные отходы материалов в швейной промышленности, возникающие при раскрое изделий, обуславливают необходимость дальнейшего развития технологии лоскутного шитья для различного ассортимента швейных изделий.

Лоскутное шитье — древнейший вид декоративно-прикладного творчества, уходящий своими корнями в далекое прошлое. Лоскутное Patchwork — лоскутная работа, сшитый из лоскута. Происходит от англ. patch — заплатка или кусочек материала, лоскут, пятно неправильной формы, work — работа.

Шитьё из лоскутков или лоскутная работа — это один из выразительных видов декоративного искусства, независимо друг от друга существовали почти у всех народов мира. Этот вид рукоделия, уходящий корнями в глубокое прошлое, сегодня возрождается не только в традиционных, но и в индивидуальных своеобразных формах: мозаика, аппликация и стёжка.

Лоскут как таковой представляет собой в производстве трикотажных изделий весовую часть настила, не используемую в раскрое основного ассортимента предприятия.

Он составляет порядка 14% потерь, что отрицательно сказывается на экономическом статусе швейно-трикотажного предприятия.

Из вышесказанного следует, что типовая технология настиления и раскроя трикотажных полотен является не рациональной сегодня ввиду больших трудозатрат. Соблюдение правил настиления трикотажных полотен в настилах, применение рациональных раскладок позволяет экономить основное сырьё. Норма на настил рассчитывается в оперативном порядке при обработке карты раскроя на основе длины раскладки, количества полотен в настиле и нормативов технологических отходов (в процентах) по длине настила материалов. Данную норму используют для проверки экономичности выполнения настилов материалов. Межлекальные выпады и дефектные детали (немерный лоскут) могут быть использованы для раскроя полноценных комплектов детских изделий.

Лоскутное изделие может быть изготовлено из шерстяных, шелковых, хлопчатобумажных, сатиновых, атласных и трикотажных тканей в зависимости от назначения изделий.

Также при лоскутном шитье для различного ассортимента швейных изделий могут быть использованы как текстильные отходы потребления, имеющие смешанный состав.

Литература:

1. Каримов, И. А. «Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана», изд-во «Узбекистан», 2009.
2. Флерова, Л. Н., Золотцева Л. В. Промышленная технология поузловой обработки верхних трикотажных изделий. — М., Легкая и пищевая промышленность, 1983.
3. А. А. Гусева «Общая технология трикотажного производства». Изд.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание. Москва 1987.
4. Град, И. Н. (Авсеев Е. Г., Петроченко В. Ф.) Организация рационального использования материалов в швейной промышленности. М., 1986. 10.
5. Крючкова, В. К. Направления развития и резервы интенсификации легкой промышленности Узбекистана. — Ташкент, 1991.
6. <http://sheisama.ru/publ/tekhнологija>.

Модель ресурсоэффективного каркасного светильника

Аксёнова Наталия Валерьевна, старший преподаватель;
Бородич Ольга Викторовна, студент;
Дубровская Марина Владимировна, студент;
Шепетовский Денис Владимирович, старший преподаватель
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Ключевые слова: ресурсоэффективность, энергозатратность, листовые материалы, лазерная резка, оптимальные условия, проектирование, каркасный светильник

На всех стадиях своего развития человек был тесно связан с окружающим миром. Но с тех пор как начал развиваться технический прогресс, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось, расширился объём этого вмешательства, оно стало настолько большим, что сейчас грозит стать глобальной опасностью для человечества. Главной целью человека было и является использование природных ресурсов.

Проблема в том, что ограничение запасов природных ресурсов значительно возрастает по признаку их исчерпаемости. Расход ресурсов повышается, все больше сырья употребляется в промышленности, а количество отходов возрастает. Решение этой проблемы является максимальное использование ресурсов с минимальными отходами и использование экологически чистых материалов, и следствие чего, возрастает всеобщая тенденция к внедрению ресурсоэффективности.

Ресурсоэффективность предполагает, что при производстве определённого объёма продукции расходуется меньшее количество ресурсов, тем самым снижается количество отходов.

Целью нашей работы является конструирование каркасных светильников, чтобы показать минимальное количество отходов, тем самым меньше затрат на природные ресурсы.

Проблемой ресурсоэффективности занимаются системно [1]. Сегодня вопрос о ресурсоэффективности является самым актуальным в мире, и со временем он будет только усиливаться. Уровень ресурсоэффективности промышленного предприятия определяется путем сопоставления двух величин: экономического эффекта или результата и размера производственных затрат или ресурсов, т. е. показатели экономической эффективности производства рассчитываются как отношение затрат и ресурсов

к экономическому эффекту или результату. Показатели экономической результативности производства дают представление о том, ценой каких затрат достигается экономический эффект.

Ресурсоэффективность нацеливает на достижение оптимальных соотношений между затратами и результатами. Эффективное использование ресурсов — достижение экономически оправданной продуктивности использования ресурсов при существующем развитии техники и технологии.

В данной статье предлагается рассмотреть ресурсоэффективность на основе использования листовых материалов, таких как оргстекло, сталь, ДСП, фанера и пр. С помощью этих материалов можно наглядно показать наличие отходов при выполнении работы. Для листового материала главным параметром ресурсосбережения является раскройка продукции на заготовленном листе. Осуществить это можно с помощью специальных программ, таких как, SolidWorks, Autodesk Inventor, 3D max, Autocad, компас 3D.

Главной целью проекта было получение наименьшего количества отходов и наименьших затрат. Для достижения этой цели было решено сконструировать каркасный светильник в SolidWorks с использованием листового материала. Сравнили его уже с имеющимся светильником, который уже произвели.

Мы предлагаем сравнить настольные и потолочные светильники. Рассмотрим для начала конструкцию настольного светильника, который состоит из 10 квадратных рамочных модулей. Оптимальный вид резки [2] можно подобрать, сравнив плюсы и минусы каждого метода.

Из таблицы 1.1 видно, что самый оптимальный вариант — это лазерная резка. При выборе резки стоит обратить внимание на простоту вырезания, производи-

Таблица 1.1. Оценка по 10-бальной шкале

Вид резки	Ширина	Качество	Производительность	Экологичность/Безопасность	Эксплуатац. расходы
Газокислородная	5	5	6	3	5
Плазменная	6	7	9	5	7
Лазерная	10	9	7	7	4
Гидроабразивная	8	10	5	8	2

тельность, на качество резания. Для резки был выбран 1 лист фанеры с размерами 25x25x0,5 см т.к. этот материал не дорогой, простой в резке и хорошо обрабатываемый. Вырезается на станке 10 рамочных модулей, каждая из которых меньше предыдущего, и площадь рамки уменьшается на 8 см². Все модули скрепляются 2-мя стержнями: нижним — 3 мм и верхним — 2 мм. Нижний стержень присоединяется к подставке 10x10x2 см. Саму подставку предлагается сделать из металла, но также можно рассмотреть и другие материалы, такие как, пластик, дерево, стекло

и т.д. Лампочка будет крепиться к нижнему стержню. Нижний стержень будет полый через который будет проходить провод. Размеры указаны на чертеже (рис. 1.1)

Окончательный вид лампы был спроектирован в программе SolidWorks (рис. 1.2)

Следующим вариантом конструкции будет подвесной светильник, размеры и количество модулей подвесного и настольного светильника будут совпадать, но располагаться модули будут несколькими вариантами и все потолочные светильники будут крепиться на крюковой основе.

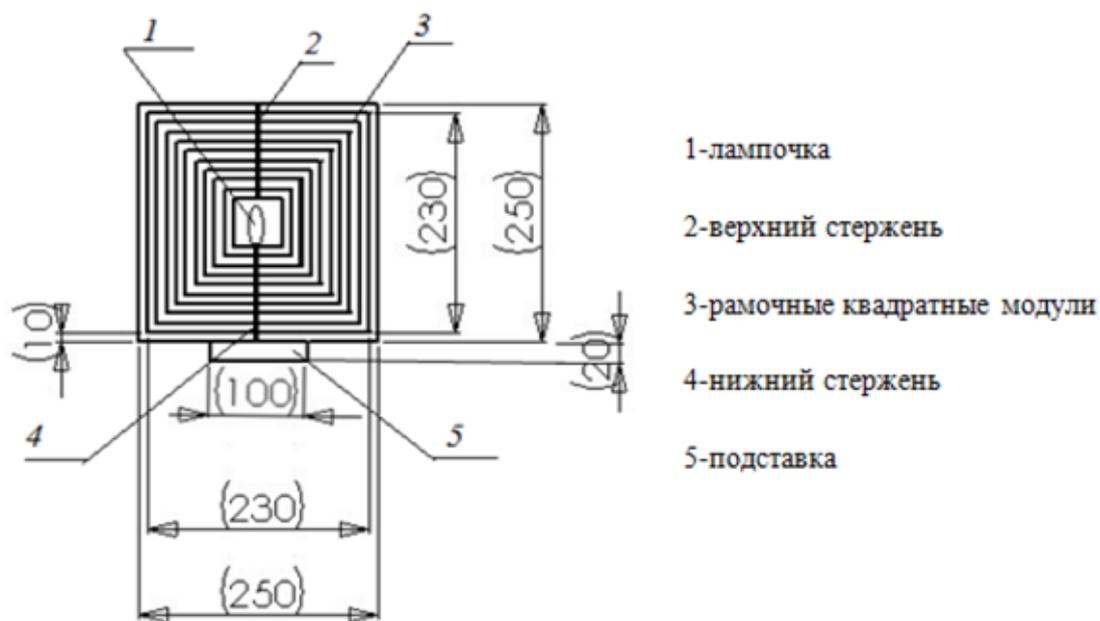


Рис 1.1

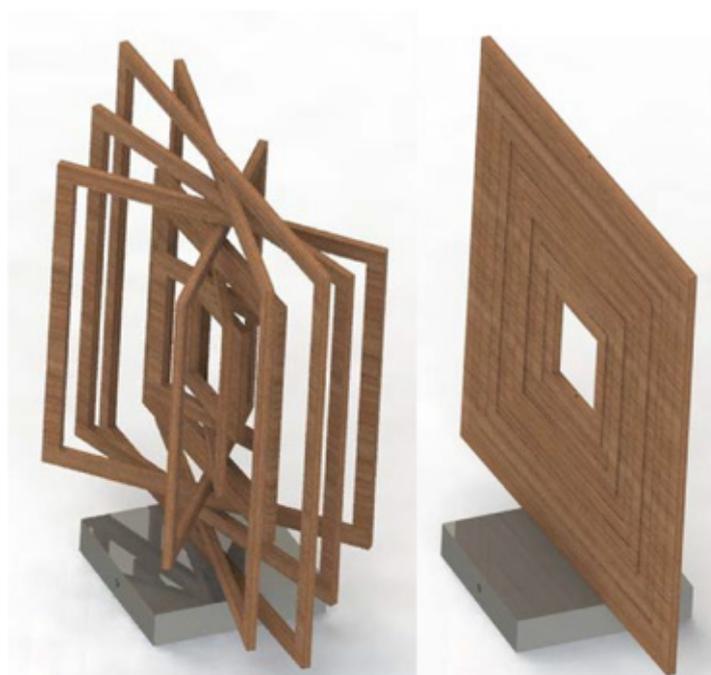


Рис. 1.2



Рис. 1.3

1-вариант потолочного светильника: Его звенья будут расположены также, как и в настольном светильнике, и он крепится на основном вертикальном креплении (рис. 1.3)

2-вариант потолочного светильника будет вырезаться из такого же листа фанеры (размеры которого можно изменить). Сначала вырезаются 10 квадратных рамочных модулей, каждая меньше предыдущего. Сами звенья будут располагаться друг под другом в разном порядке, связанные между собой цепями, при этом порядок звеньев

можно менять. (рис. 1.4). Также квадратные рамочные модули могут располагаться друг под другом, но уже в определённом, не хаотичном порядке (рис. 1.5).

Также вне зависимости от того факта, какая лампа будет — настольная или потолочная, можно использовать разные материалы для рамочной конструкции: металл, пластик, стекло, оргстекло, фанера и т.д.

Для того, чтобы показать, что конструкция имеет малый процент отхода по сравнению с другими, предла-

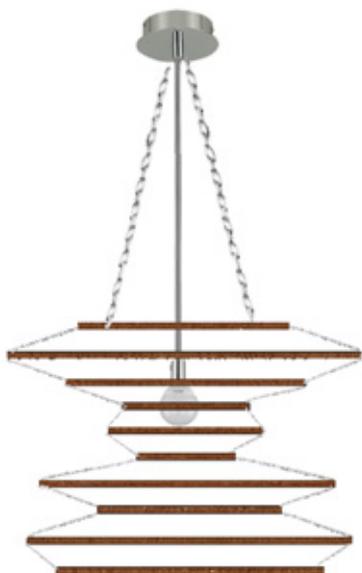


Рис. 1.4

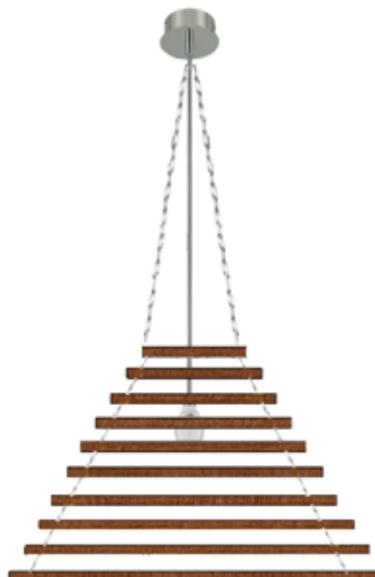


Рис. 1.5



Рис. 2.1

гаем для сравнения другие рамочноконструкционные светильники. Сравним спроектированный настольный светильник и подвесную лампу (рис. 2.1).

Конструкция состоит из 15 деревянных квадратных рамок 10x10x1 см с хромированными стержнями, внутренняя ширина и длина 6x6 см. Также имеется платформа, на которую прикреплены рамочные модули 60x10x3,5 см. Объем исходной фанеры, из которого вырезаны модули, составляет объемом 1500 см³. В результате сравнения двух светильников мы видим, что отходного материала светильника составляет 540 см³ это означает 36% от всего листового материала. Так же мы просчитали процентное соотношение отходного материала от всего фанерного листа из которого сделан потолочный светильник. (рис. 2.2).

Конструкция светильника состоит из 36 модулей в виде половины квадратной рамки, размеры которого 20x3x28 см. Площадь исходного листа фанеры толщиной 0,3 см $S=20160\text{ см}^2$. Итак, площадь отходного материала составляет 13464 см², а это 66% отходов от всего материала. Т. к. детали совпадают по размерам и количеству рамочных модулей, рассчитывается отходный материал самого каркаса (Рис. 2.3).

Объем исходного деревянного листа 312,5 см³, отходного материала 12,5 см³, что составляет 4% от всего материала. Это означает, что количество выбрасываемого материала сокращается примерно в 13 раз.

В заключение еще раз отметим как важно добиться ресурсоэффективности, влияющей на производство. Эффективность этого метода показали на примере светильников. Если подобрать правильную раскройку материалов, можно добиться самого наилучшего эффекта. Самое главное, чтобы с вырезаемого материала было наименьшее количество отходов. В нашем случае получилось 4%, что намного меньше в сравнении с уже имеющимися вариантами светильников, у которых получилось примерно в 14 раз больше отходов. В настоящее время главной целью инженера и дизайнера является тщательное планирование и распределение отходов/затрат, т. е. необходимо так рассчитать конструирование деталей, чтобы затрачивалось меньше ресурсов и, соответственно, было меньше отходов от производства. Повышение ресурсоэффективности контролирует состояние окружающей среды. Этот метод слабо повлияет на экологическое, нерациональное потребление ресурсов, не замедлит рост



Рис. 2.2



Рис. 2.3

экономики, но существенно повлияет на определённую компанию, которая делает упор на ресурсоэффективность. Здесь действует «эффект бумеранга» — сэкономленные за счет более высокой ресурсоэффективности средства потребители вкладывают в приобретение допол-

нительной техники для повышения бытового комфорта, увеличивая тем самым общее потребление ресурсов. Ресурсоэффективность не сможет полностью решить глобальные проблемы, но поможет сэкономить ресурсы и затраты на их приобретение.

Литература:

1. Ресурсоэффективность — основа устойчивого развития цивилизации/А. А. Дульзон, В. Я. Ушаков, П. С. Чубик // Известия Томского политехнического университета. — Вып. 6. — Т. 320. — 2012. — с. 39–40.
2. Сравнение технологий плазменной, лазерной и гидроабразивной резки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.autowelding.ru/publ/1/tekhnologii_rezki_metallov/sravnenie_tekhnologij_plazmennoj_lazernoj_i_gidroabrazivnoj_rezki/34-1-0-534

Разработка алгоритма дистанционного управления промышленным роботом-манипулятором

Альдебенева Екатерина Петровна, студент;

Андреева Татьяна Витальевна, студент;

Бизянова Дарья Александровна, студент

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева

В работе представлен ряд актуальных аспектов современной робототехники, применительно к автоматизированным системам управления.

Рассмотрена проблематика дистанционного контроля оператора над производственными процессами и технологическими операциями на примере дистанционного управления промышленным роботом-манипулятором DENSO. Представлен принцип взаимодействия человека и машины посредством доступных средств обеспечения, таких как: пульт оператора, персональный компьютер (аппаратная часть), среда разработки и платформа для выполнения программ LabView (программное обеспечение). Дистанционное управление возможно благодаря сети Интернет. Раскрыты идеи, заложенные в алгоритм управления.

Работа может быть рекомендована студентам старших курсов, аспирантам и инженерам различной отраслевой направленности, специализирующихся в области мехатронных систем.

Ключевые слова: робототехника, промышленный манипулятор, дистанционное управление, графическая среда программирования, виртуальный прибор

Введение

Смелость инженерной мысли для своей реализации требует все более сложные процессы, требующие точность исполнения с погрешностью, сведенной к минимуму. Также из-за человеческого фактора увеличивается стоимость изготовления продукции: создание изоляции для понижения шума, к примеру, требует внушительных вложений. Большое количество опубликованных в последние годы материалов по безопасности производственных процессов уделяют существенное внимание условиям, приемлемым для здоровья человека. Главной проблемой является то, что в определенных условиях человек не может (или не должен) находиться в принципе. Например, при работах на космических станциях, в инфицированных средах, в средах с повышенным радиационным фоном.

Перечисленные выше проблемы ставят на повестку дня вопрос об оптимизации человеческого труда. Для решения данной задачи оптимально использование в помощь человеку промышленных манипуляторов. Робототехника развивается с высокой скоростью, но на данном этапе человека исключить из производства невозможно. Необходимо поручить контроль оператору, а выполнение отдать роботу.

В рамках настоящей работы на примере закручивания гайки рассмотрен принцип дистанционного управления промышленным манипулятором марки DENSO. Выбранный робот имеет высокую точность, успешно работает с небольшими и хрупкими материалами с легкостью и осторожностью [1], что является полезным для реализации данного проекта. Технические характеристики манипулятора представлены в Приложении 1.

Принцип управления манипулятором

При поиске решения проблемы дистанционного управления одним из важнейших рассматриваемых критериев была простота реализации и доступность средств.

Управление роботом осуществлялось при помощи пульта оператора (джойстика). Такой способ был выбран в силу удобства и наглядности. Джойстик способен поворачиваться вокруг своей оси на 360 градусов, что очень выгодно для управления процесса монтажа гайки: закручивающий элемент имеет траекторию движения близкую к окружности. Беспроводная связь между оператором и роботом осуществлялась с помощью Wi-Fi. Этот способ был выбран из-за того, что беспроводные сети доступны практически в любой точке мира. Wi-Fi также осуществляет возможность свободного перемещения оператора, так как между ним и манипулятором расстояние может быть различным. Последнее дает неоспоримую выгоду не столько в удобстве управления, сколько в доступности контроля. Процесс закручивания можно наблюдать не только на экране рабо-

чего компьютера, но и на любом другом девайсе, имеющем доступ к сети Интернет. Для трансляции может использоваться любая веб-камера и программа с возможностью видео-передачи, к примеру, Skype.

Алгоритм управления был реализован в графической среде программирования LabView, поскольку данная программа содержит мощные многофункциональные инструменты для разработки любых приложений. С помощью этих инструментов можно работать в самом широком спектре приложений и тратить на разработку гораздо меньше время. LabView является средой разработки для решения широкого круга задач, повышения производительности и инноваций. [2]

Логика написания программы заключается в создании виртуальных приборов, то есть, по сути, проведении моделирования процесса. Что важно, таким образом манипулятором управляют инженеры, а не программисты.

Идея алгоритма

Закручивание гайки происходит следующим образом. Оператор совершает движение джойстика по часовой стрелке для закручивания гайки и против часовой для откручивания.

Рабочая область манипулятора описана в программе в виде набора координат. Алгоритм работы в LabView заключается в последовательном выполнении действий по данным координатам оператора. Блок-диаграмма, описывающая логику работы виртуального прибора управления манипулятором, представлена в Приложении 3. Робот определяет местонахождение гайки по координатам, а затем захватывает её и начинает движение по часовой стрелке, если оператору необходимо закрутить гайку и, соответственно, против часовой — если требуется ее раскрутить.

Закручивающему движению гаечного ключа поставлено в соответствие вращательное движение джойстика. Координаты, по которым происходит движение джойстика передаются через сеть Интернет с помощью программы Joystick2Mouse. Блок-диаграмма программы Joystick2Mouse представлена в Приложении 2. Эта программа преобразовывает вращательное движение джойстика в движение курсора по прямоугольнику заданных длин сторон. Компьютер считывает координаты курсора и передаёт их через сеть Интернет с помощью пользовательского пакета TeamViewer.

Для всех возможных положений курсора определены условные зоны 1, 2, ..., 8, N. При входе курсора в определенную зону загорается соответствующая кнопка (рис. 3).

При перемещении курсора в зону 1 программа ожидает закручивания гайки и дальнейшего перехода курсора в зону 2, и так далее до возвращения в зону 1. Это соот-

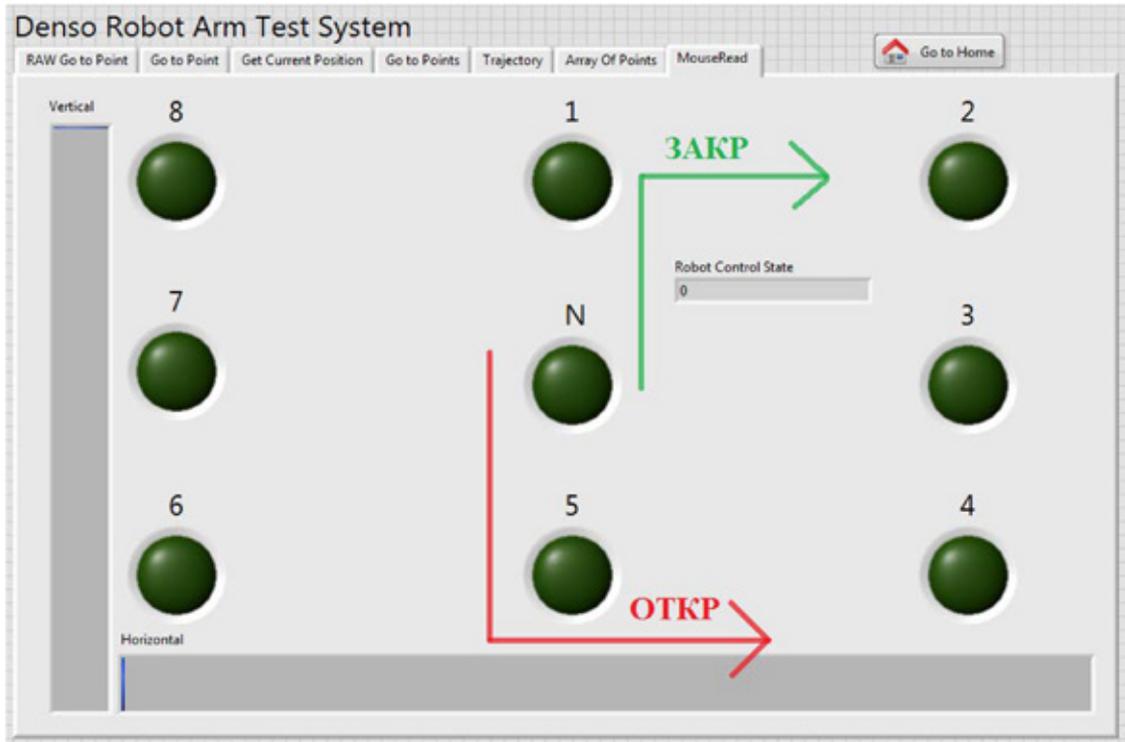


Рис. 1. Схема работы системы

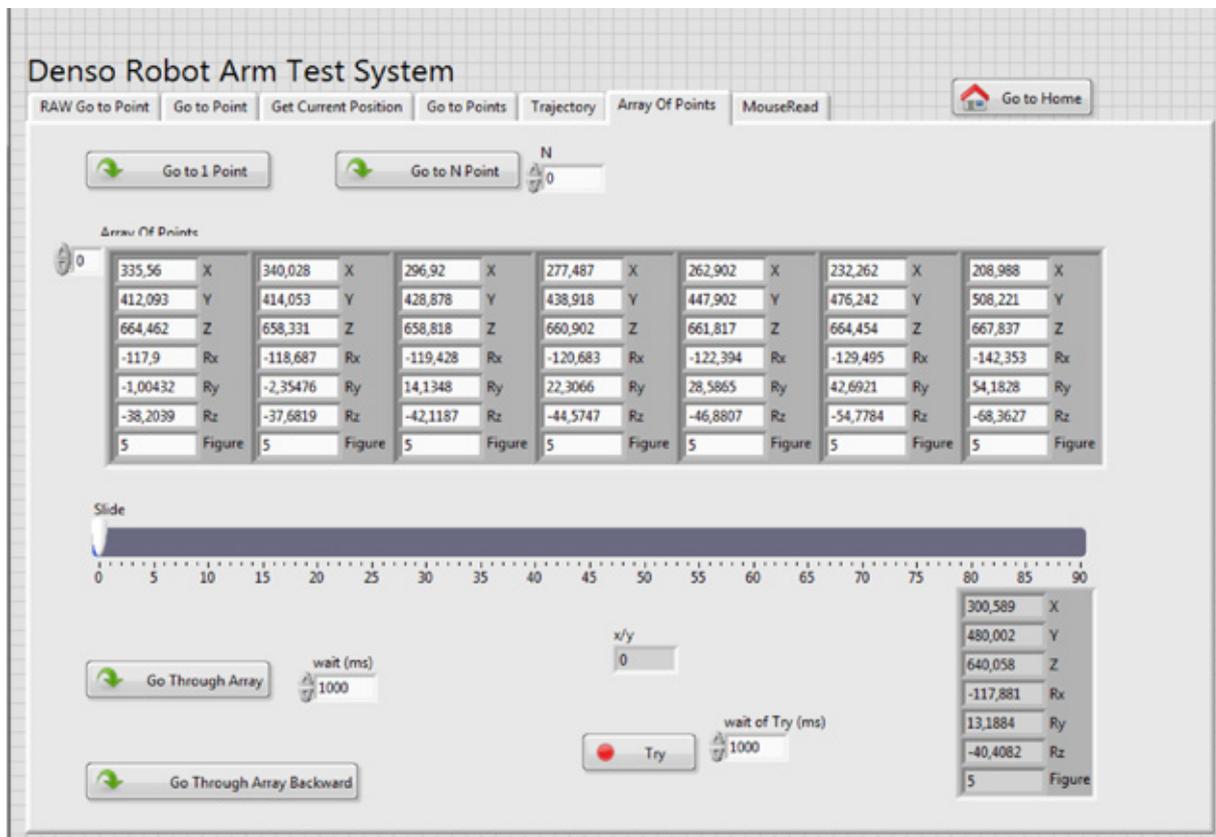


Рис. 2. Лицевая панель, описывающая внешний интерфейс виртуального прибора

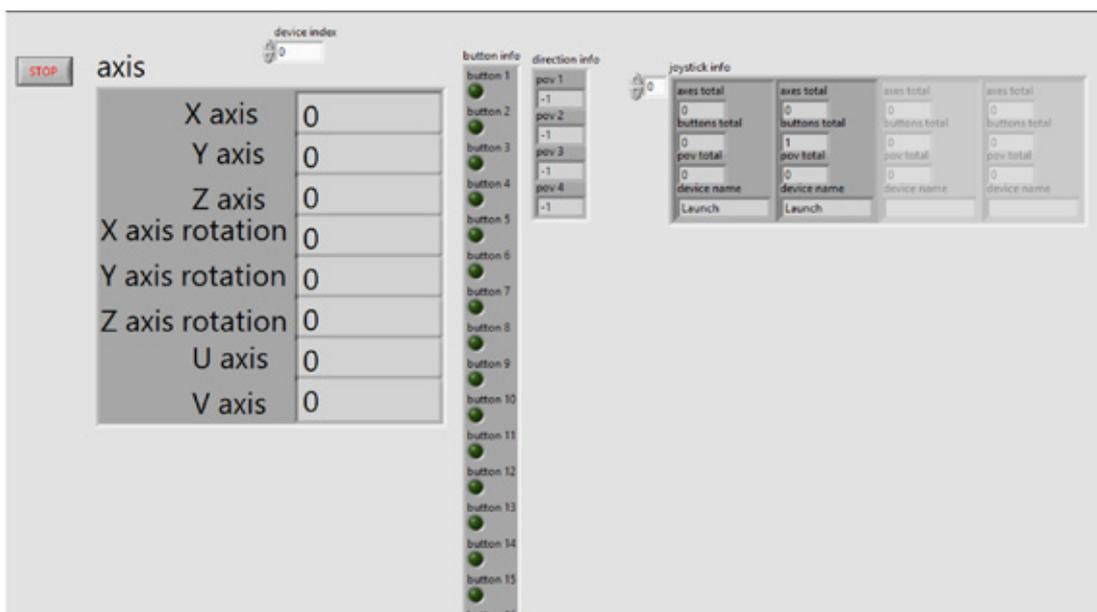


Рис. 3. Лицевая панель программы Joystick2Mouse

ветствует полному обороту джойстика по часовой стрелке. После этого оператор отпускает джойстик, и курсор переходит в зону N, а манипулятор, сделав полный оборот, возвращается в начальное положение. Аналогично программа работает для раскручивания гайки.

Если вдруг рука оператора сорвется и пропустит одну из зон, манипулятор не станет двигаться. Это специальное программное ограничение, позволяющее избежать деформации установки.

Заключение

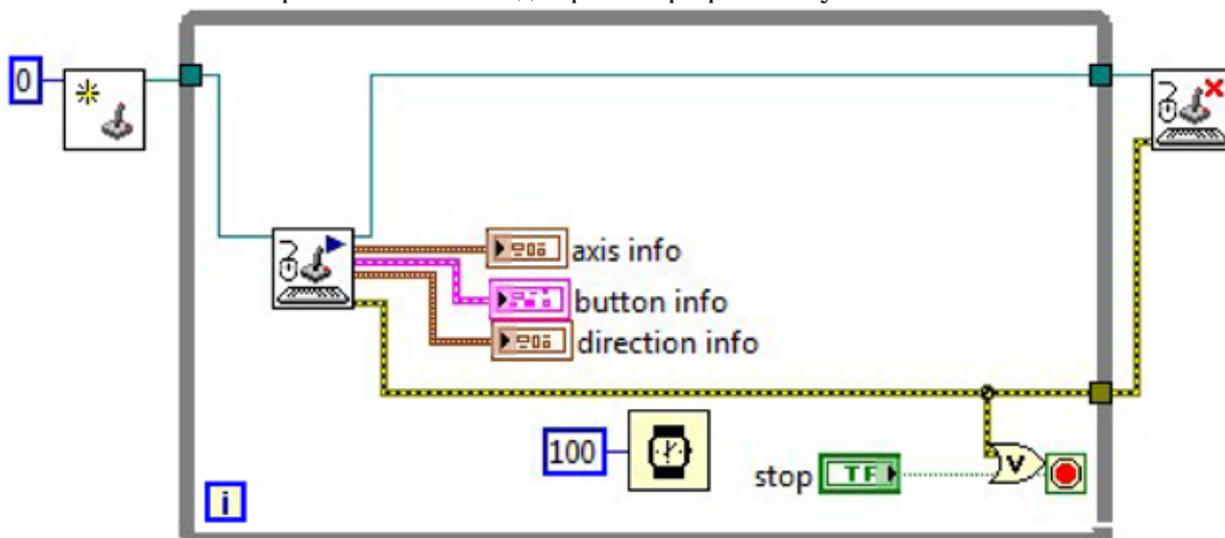
Предложено решение проблемы дистанционного управления промышленным манипулятором. Показано, что при помощи доступных средств обеспечения можно осуществить связь между роботом и оператором. Предложено использовать для этой цели Wi-Fi. Получен программный продукт для реализации дистанционного контроля над промышленным манипулятором.

Приложения

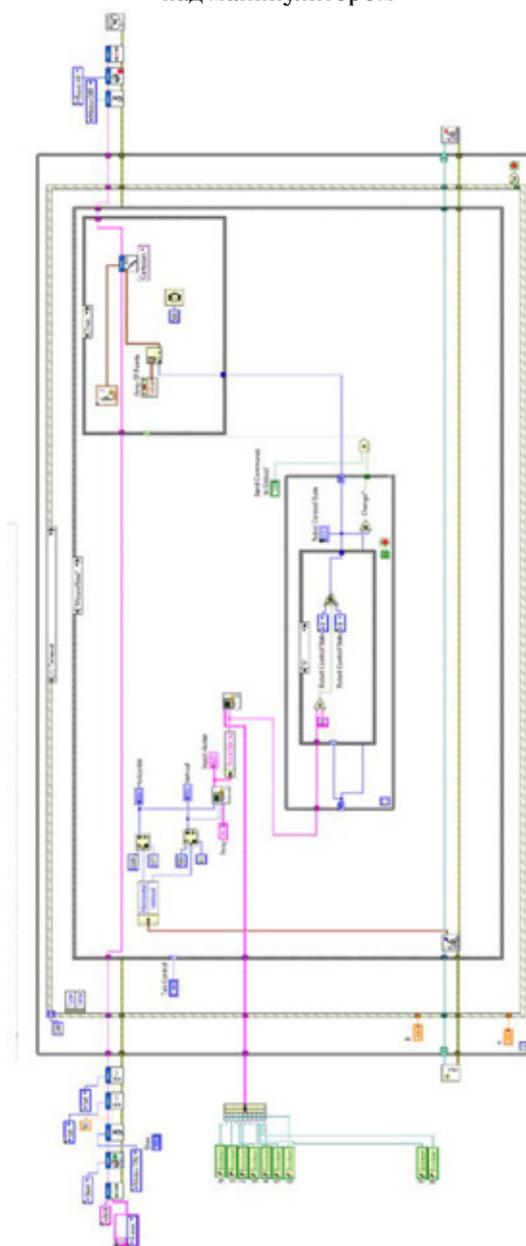
Приложение 1. Технические характеристики манипулятора DENSO VS-6577G-B [1]

- Вес: 36 кг
- Нагрузка до 7 кг
- Радиус действия до: 854 мм
- Максимальная скорость: 7600 мм/с
- Тип крепления: Пол, Потолок
- Класс промышленной защиты (Опционально): IP40, IP65/54
- Класс защиты Cleanroom (Опционально): ISO 3, ISO 5
- Тормоза: J2 до J6

Приложение 2. Блок-диаграмма программы Joystick2Mouse



Приложение 3. Блок-диаграмма, описывающая логику работы виртуального прибора управления над манипулятором



Литература:

1. Denso [Офиц. сайт]. URL: <http://www.densorobotics-europe.com/> (дата обращения: 27.04.2015)
2. National Instruments [Офиц. сайт]. URL: <http://www.ni.com/> (дата обращения: 27.04.2015)
3. Зенкевич, С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. — М.: издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004 г.
4. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования. Пер. с английского под редакцией Михеева П. — М.: ДМК Пресс, 2008 г.

Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля

Анфилатов Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В работе приводятся результаты расчетов объемного содержания, массовой концентрации оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 выполненных по результатам экспериментальных данных при работе на дизельном топливе и на метаноле с двойной системой топливоподачи в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала на режиме максимального крутящего момента при частоте вращения 1400 мин⁻¹.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, метанол, оксиды азота, объемное содержание и массовая концентрация оксидов азота, двойная система топливоподачи.

При проведении исследований по улучшению экологических показателей дизелей необходимо уделять внимание снижению содержания в отработавших газах (ОГ) оксидов азота NO_x, поскольку они являются наиболее токсичными компонентами среди всего спектра загрязняющих химических соединений, содержащихся в ОГ, так как образуются в процессе горения, как результат химических реакций атмосферных кислорода и азота. Наиболее эффективным способом применения метанола в двигателях внутреннего сгорания в настоящее время является подача его непосредственно в цилиндр дизеля с использованием двойной системы топливоподачи (ДСТ), позволяющая замещать до 50..80% нефтяного топлива. Воспламенение метанола при этом происходит за счет подачи запальной порции (пилотной) дизельного топлива (ДТ). Данный способ при некоторых изменениях и дополнениях в конструкцию дизеля может быть реализован на двигателях, уже находящихся в эксплуатации.

Результаты исследований по изучению влияния применения метанола на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 воздушного охлаждения с полусферической КС в поршне при использовании ДСТ и впрыскивании ДТ (запального) через многоструйную форсунку в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала на различных установочных углах опережения впрыскивания топлива представлены в настоящей работе [1,2,3,4,5].

Графики объемного содержания γ_{NO_x} , массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота, рассчитанных по результатам экспериментальных данных, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на ДТ и на метаноле с ДСТ в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала для номинальной частоты вращения 1400 мин⁻¹ при установочных УОВТ $\Theta_{дт} = 30^\circ$; $\Theta_m = 30^\circ$ представлены на рисунке 1.

Если для дизеля при работе на ДТ и оптимальном установочном УОВТ максимальное давление цикла $p_{z\max} = 7,03$ МПа и достигается при значении угла $j_{p_{z\max}} = 6,0^\circ$ после в. м. т., то при работе дизеля на метаноле с ДСТ оно равно только $p_{z\max} = 6,52$ МПа и достигается при $j_{p_{z\max}} = 10,5^\circ$ после в. м. т. Максимальная осредненная температура цикла T_{\max} для дизеля при работе на ДТ составляет

1850 К и наблюдается при угле $j_{i\ T_{\max}} = 16,0^\circ$ после в. м. т., при работе дизеля на метаноле с ДСТ значение $T_{\max} = 1860$ К достигается при угле $j_{i\ T_{\max}} = 21,0^\circ$ после в. м. т.

Из представленных на графиках кривых видно, что максимальное значение объемного содержания γ_{NO_x} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ДТ составляет 664 ppm при $\phi = 19,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т., а максимальное значение массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота при этом же значении угла составляет 0,96 г/м³.

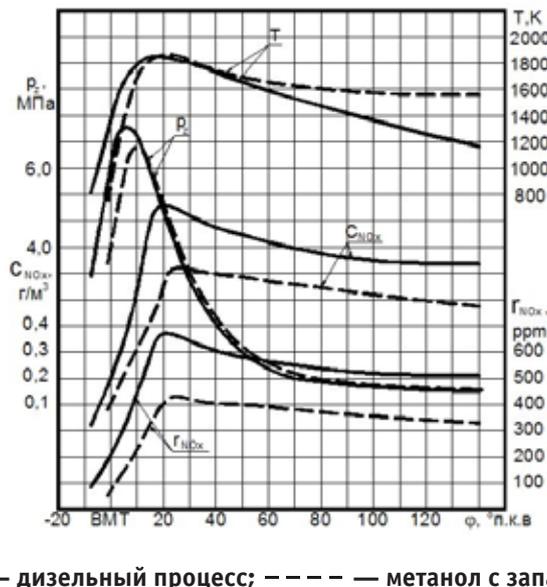
Значение объемного содержания γ_{NO_x} и массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ДТ при $\phi = 140,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. (выходное значение γ_{NO_x} и C_{NO_x} в момент открытия выпускного клапана) составляет соответственно 511 ppm и 0,73 г/м³.

Из представленных на графиках кривых видно, что максимальное значение объемного содержания γ_{NO_x} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле с ДСТ составляет 429 ppm при $\phi = 24,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т., а максимальное значение массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота при этом же значении угла составляет 0,62 г/м³. Снижение составляет 36% для каждого показателя.

Значение объемного содержания γ_{NO_x} и массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле с ДСТ при $\phi = 140,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. (выходное значение γ_{NO_x} и C_{NO_x} в момент открытия выпускного клапана) составляет соответственно 330 ppm и 0,47 г/м³. Снижение составляет также 36% для каждого показателя.

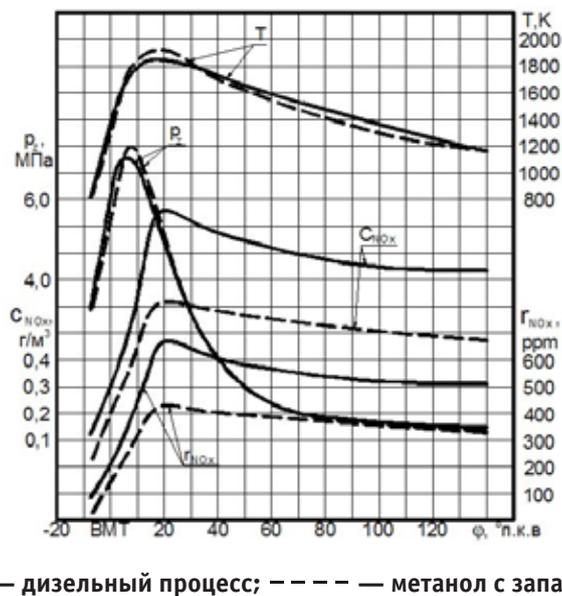
Графики объемного содержания γ_{NO_x} , массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота, рассчитанных по результатам экспериментальных данных, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала при работе по дизельному процессу и на метаноле с ДСТ для частоты вращения 1400 мин⁻¹ при $\Theta_{дт} = 34^\circ$; $\Theta_m = 34^\circ$ представлены на рисунке 2.

Если для дизеля при работе на ДТ и оптимальном установочном УОВТ максимальное давление цикла $p_{z\max} = 7,03$ МПа и достигается при значении угла $j_{p_{z\max}} = 6,0^\circ$ после в. м. т., то при работе дизеля на метаноле с ДСТ оно равно только $p_{z\max} = 7,34$ МПа и достигается при $j_{p_{z\max}} = 7,8^\circ$ после в. м. т. Максимальная осредненная



— — дизельный процесс; - - - - метанол с запальным ДТ

Рис. 1. Влияние применения метанола в дизеле 24 10,5/12,0 при работе с ДСТ на показатели процесса сгорания, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала двигателя при $\Theta_{ДТ} = 30^\circ$; $\Theta_m = 30^\circ$; $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$



— — дизельный процесс; - - - - метанол с запальным ДТ

Рис. 2. Влияние применения метанола в дизеле 24 10,5/12,0 при работе с ДСТ на показатели процесса сгорания, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала двигателя при $\Theta_{ДТ} = 34^\circ$; $\Theta_m = 34^\circ$; $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

температура цикла T_{max} для дизеля при работе на ДТ составляет 1850 К и наблюдается при угле $j_{i T_{max}} = 16,0^\circ$ после в. м. т., при работе дизеля на метаноле с ДСТ значение $T_{max} = 1918 \text{ К}$ достигается при угле $j_{i T_{max}} = 18,0^\circ$ после в. м. т.

Из представленных на графиках кривых видно, что максимальное значение объемного содержания γ_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ДТ составляет 664 ppm при $\phi = 19,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т., а максимальное

значение массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота при этом же значении угла составляет $0,96 \text{ г/м}^3$.

Значение объемного содержания γ_{NOx} и массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ДТ при $\phi = 140,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. (выходное значение γ_{NOx} и C_{NOx} в момент открытия выпускного клапана) составляет соответственно 511 ppm и $0,73 \text{ г/м}^3$.

Из представленных на графиках кривых видно, что максимальное значение объемного содержания γ_{NOx} оксидов

азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле с ДСТ составляет 426 ppm при $\varphi = 21,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т., а максимальное значение массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота при этом же значении угла составляет $0,61 \text{ г/м}^3$. Снижение составляет 35,9% для каждого показателя.

Значение объемного содержания γ_{NOx} и массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле с ДСТ при $\varphi = 140,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. (выходное значение γ_{NOx} и C_{NOx} в момент открытия выпускного клапана) составляет соответственно 328 ppm и $0,47 \text{ г/м}^3$. Снижение составляет также 35,9% для каждого показателя.

Графики объемного содержания γ_{NOx} , массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота, рассчитанных по результатам экспериментальных данных, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала при работе по дизельному процессу и на метаноле с ДСТ для частоты вращения 1400 мин^{-1} при $\Theta_{дт} = 38^\circ$; $\Theta_{м} = 38^\circ$ представлены на рисунке 3.

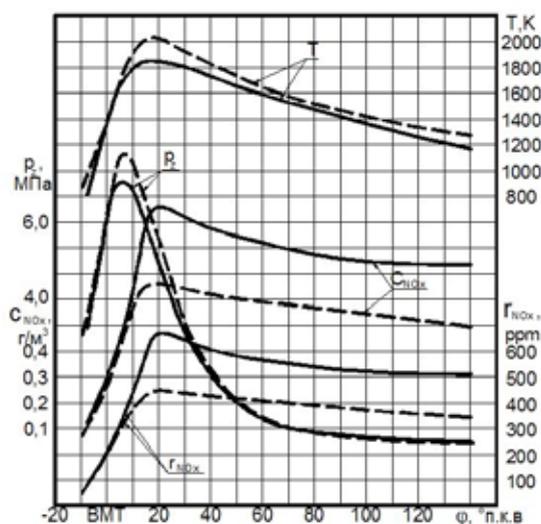
Если для дизеля при работе на ДТ и оптимальном установочном УОВТ максимальное давление цикла $p_{z \max} = 7,03 \text{ МПа}$ и достигается при значении угла $j_{Pz \max} = 6,0^\circ$ после в. м. т., то при работе дизеля на метаноле с ДСТ оно равно только $p_{z \max} = 7,76 \text{ МПа}$ и достигается при $j_{Pz \max} = 7,0^\circ$ после в. м. т. Максимальная осредненная температура цикла T_{\max} для дизеля при работе на ДТ составляет 1850 К и наблюдается при угле $j_{Tz \max} = 16,0^\circ$ после в. м. т., при работе дизеля на метаноле с ДСТ значение $T_{\max} = 2025 \text{ К}$ достигается при угле $j_{Tz \max} = 16,0^\circ$ после в. м. т.

Из представленных на графиках кривых видно, что максимальное значение объемного содержания γ_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ДТ составляет 664 ppm при $\varphi = 19,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т., а максимальное значение массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота при этом же значении угла составляет $0,96 \text{ г/м}^3$.

Значение объемного содержания γ_{NOx} и массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ДТ при $\varphi = 140,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. (выходное значение γ_{NOx} и C_{NOx} в момент открытия выпускного клапана) составляет соответственно 511 ppm и $0,73 \text{ г/м}^3$.

Из представленных на графиках кривых видно, что максимальное значение объемного содержания γ_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле с ДСТ составляет 447 ppm при $\varphi = 19,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т., а максимальное значение массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота при этом же значении угла составляет $0,64 \text{ г/м}^3$. Снижение составляет 32,7% для каждого показателя. Значение объемного содержания γ_{NOx} и массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле с ДСТ при $\varphi = 140,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. (выходное значение γ_{NOx} и C_{NOx} в момент открытия выпускного клапана) составляет соответственно 344 ppm и $0,49 \text{ г/м}^3$. Снижение составляет также 32,7% для каждого показателя.

Расчетами по результатам экспериментальных исследований для снижения объемного содержания γ_{NOx} и массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с ДСТ на режиме максимального крутящего момента определены значения оптимальных установочных УОВТ: для ДТ — 34° п. к. в., для метанола — 34° п. к. в. для сохранения мощностных



— — — — — дизельный процесс; - - - - - метанол с запальным ДТ

Рис. 3. Влияние применения метанола в дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе с ДСТ на показатели процесса сгорания, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала двигателя при $\Theta_{дт} = 38^\circ$; $\Theta_{м} = 38^\circ$; $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$

показателей на уровне серийного дизеля на номинальном режиме при подачах запальной порции ДТ в количестве 7% и метанола — 93%. При этом достигается экономия ДТ до 87% путем замены его метанолом.

Таким образом, при горении в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 двух видов топлива — метанола и дизельного топлива, можно достичь существенного снижения в цилиндре объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота, что подтверждается их значениями в зависимости от изменения от угла поворота

коленчатого вала двигателя. Максимальные значения $p_{z \text{ max}}$ и T_{max} сдвигаются существенно вправо от в. м. т. на линию расширения, что не может не сказаться на характере изменения кривых γ_{NOx} и C_{NOx} и их максимальных значениях, а также углах φ при которых они достигаются. Экспериментально и расчетным путем подтверждается, что образование и разложение оксидов азота происходит в увеличивающемся объеме при расширении газов в цилиндре дизеля, что объясняет существенное снижение их содержания в отработавших газах при работе на метаноле с ДСТ.

Литература:

1. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2008. — 154 с.
2. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельхозмашины. 2015. №4. с. 3–5.
3. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи/В. А. Лиханов, О. П. Лопатин, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельхозмашины. 2012. №5. с. 5–8.
4. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2008. — 154 с.
5. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле/В. А. Лиханов, А. Н. Чувашев, А. А. Глухов, А. А. Анфилатов // Тракторы и сельхозмашины. 2007. №3. с. 4–5.

Анализ эффективности работы котлов на жидком и твердом топливе

Ахметов Алихан Алибекович, магистрант;
Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент;
Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук;
Тоимбаев Алмас Болатбекович, магистр;
Нургалиев Данияр Нуржанович, магистр
Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

В статье рассматриваются вопросы эффективности сжигания мазута и угля в котлах одинаковой производительности. Представлены результаты по определению потерь теплоты с уходящими газами и через ограждающие поверхности котельного агрегата в зависимости от производительности.

Ключевые слова: топливо, потери теплоты с уходящими газами, потери теплоты через ограждающие поверхности котельного агрегата, КПД котла.

Вопросы эффективного сжигания топлива остаются актуальными в настоящее время. Пути уменьшения потерь теплоты и снижение количества сжигаемого топлива рассматривается в работах многих авторов, так как сжигание топлива в большом количестве практически всегда сопровождается определенными потерями, приводящими к снижению КПД котельного агрегата [1, 2].

Особенность работы котельного оборудования в северо-восточных регионах Казахстана обуславливается особым географическим положением наибольшим удалением на материке от океанов. Территория открыта аркти-

ческому бассейну, но изолирована от влияния Индийского океана высочайшими горными системами Азии.

С географическим положением связаны такие особенности климата, как различия в степени континентальности и увлажненности, изменения температурных условий по сезонам года, большое разнообразие типов климата. Резкая континентальность климата объясняется большими амплитудами годовых и суточных температур. Зимой достигает минус 45 °С, летом — до плюс 45 °С, что повышает актуальность изучения и совершенствования работы оборудования [3].

Цель исследования — анализ эффективности работы котельных агрегатов, работающих на жидком (мазут М40) и твердом (уголь марки «Д» разреза Каражыра ВКО) топливе.

Этапы проведения работы представлены на рисунке 1.

Испытания проводились для котлов одинаковой мощности при нагрузке 50, 75 и 100% от номинальной. Использовались общепринятые методики. Повторяемость опытов трехкратная, число параллельных определений двух- трех- кратное. Обработку полученных результатов производили программой MSExcel.

Результаты экспериментальных исследований по определению зависимости тепловых потерь с уходящими газами и потерь через ограждающие конструкции в зависимости от нагрузки котла представлены на рисунке 2.

В результате математической обработки получены следующие зависимости:

— потери теплоты с уходящими газами $q_{2ж}, \%$, для котла, работающего на жидком топливе:

$$q_{2ж} = 1,45Q + 5,5, \tag{1}$$

где Q — производительность котельного агрегата, % от номинальной;

— потери теплоты с уходящими газами $q_{2т}, \%$, для котла, работающего на твердом топливе:

$$q_{2т} = 1,55Q + 6,0; \tag{2}$$

— потери теплоты через ограждающие поверхности $q_{5ж}, \%$, для котла, работающего на жидком топливе:

$$q_{5ж} = 0,24Q + 1,140, \tag{3}$$

— потери теплоты через ограждающие поверхности $q_{5т}, \%$, для котла, работающего на твердом топливе:

$$q_{5т} = 0,25Q + 1,143. \tag{4}$$

С ростом теплопроизводительности котла наблюдается увеличение потерь теплоты с уходящими газами, как при сжигании мазута, так и при сжигании угля. При этом следует отметить, что данный вид потерь тепла выше



Рис. 1. Этапы проведения работы

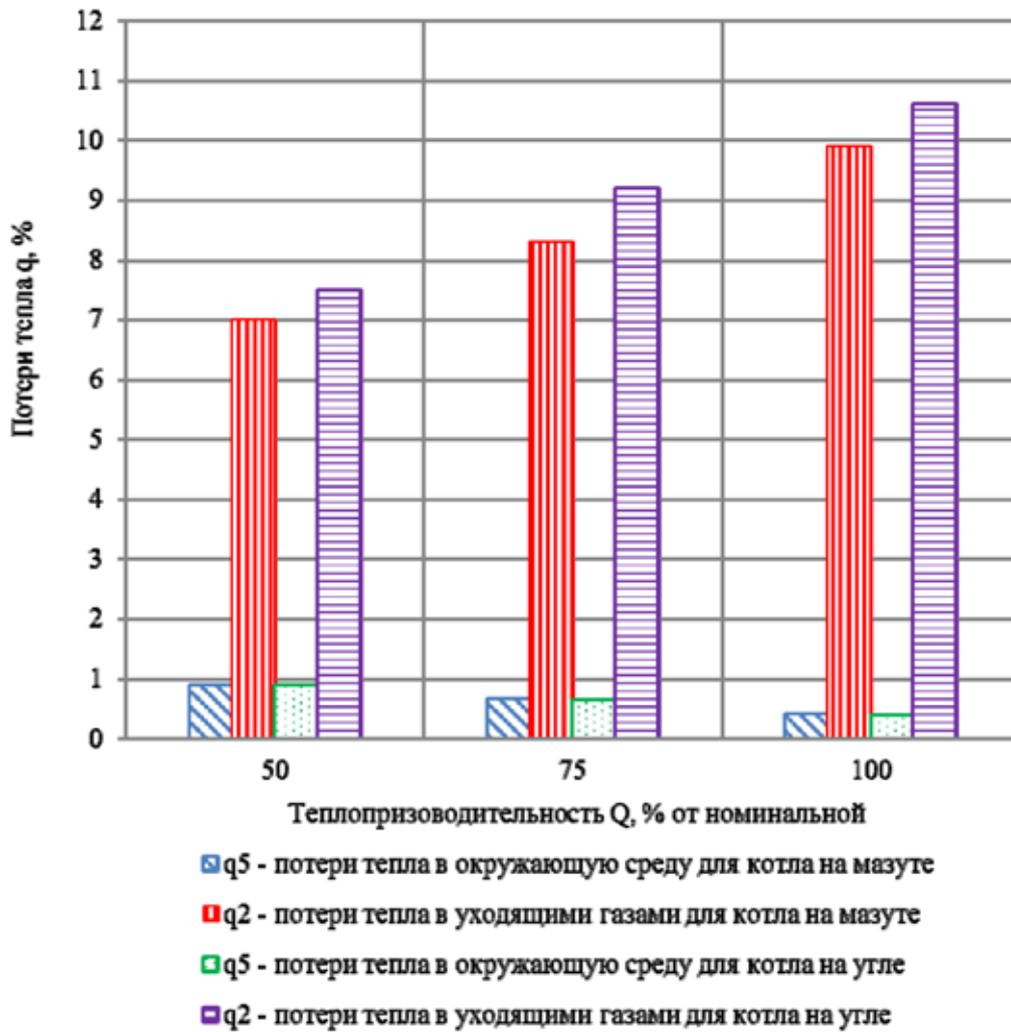


Рис. 2. Зависимость потерь теплоты с уходящими газами q_2 и через ограждающие поверхности q_5 от производительности котла при сжигании жидкого и твердого топлива

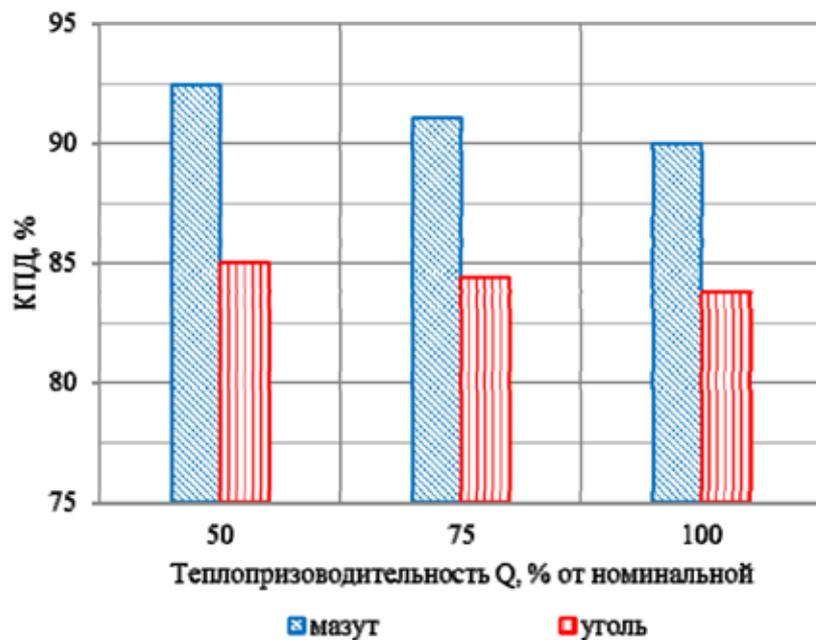


Рис. 3. Зависимость КПД котла от производительности при сжигании жидкого и твердого топлива

при сжигании угля. Главные факторы, влияющие на значение потерь теплоты с уходящими газами — это температура уходящих газов, зависящая от размера конвективной поверхности котла и интенсивности отдачи теплоты к этой поверхности, и величина коэффициента избытка воздуха. При сжигании твердого топлива величина коэффициента избытка воздуха выше, чем при сжигании жидкого топлива, что приводит к увеличению общего объема уходящих газов, содержащего как продукты сгорания, так и частично неиспользованный воздух. Соответственно и увеличиваются потери теплоты с уходящими газами.

Результаты экспериментальных исследований по определению КПД котла в зависимости от нагрузки котла представлены на рисунке 3.

В результате математической обработки получены следующие уравнения:

Литература:

1. Воликов, А. Н., Новиков О. Н., Окадьев А. Н. Энергоэкологическая эффективность сжигания газового и жидкого топлива в котлах малой и средней мощности // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 4; URL: www.science-education.ru/104-6610 (дата обращения: 29.04.2015).
2. Величкин, П. С. Исследование потерь теплоты котла КЕ-25–14С ТЭЦ-1 города Семей [Текст]/П. С. Величкин, Д. В. Мясоедов, А. Д. Золотов // Молодой ученый. — 2014. — № 15. — с. 65–67.
3. Официальный сайт Акима Восточно-Казахстанской области URL: <http://www.akimvko.gov.kz> (дата обращения: 06.04.2015).
4. Алияров, Б. К. д. т. н., Алиярова М. Б. к. т. н., Ерекеев О. К. к. т. н. Основные проблемы теплоснабжения в Республике Казахстан // «Новости Теплоснабжения». — 2003. — № 11.

Исследование технологических свойств серных композитов на кварцевой муке, обработанной аппретом

Базин Владлен Владимирович, студент;
Шитова Инна Юрьевна, кандидат технических наук, доцент;
Самошина Екатерина Николаевна, кандидат технических наук, доцент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В статье приводятся данные по исследованию технологических свойств серных композиционных материалов. В результате экспериментов установлены закономерности изменения предельного напряжения сдвига серных мастик на кварцевой муке и аппретированной кварцевой муке от рецептурно-технологических факторов. Получена математическая модель, описывающая влияние продолжительности изотермической выдержки на подвижность серных мастик.

Ключевые слова: *серный композит, серная мастика, кварцевая мука, аппрет, аппретированная кварцевая мука, предельное напряжение сдвига.*

Реологические свойства композитов на основе серного вяжущего зависят от ряда рецептурно-технологических факторов, а именно: вида и дисперсности наполнителя, степени наполнения материала, вида и количества модифицирующей добавки, а также от интенсивности физико-химического взаимодействия на границе раздела фаз «сера □ наполнитель», температуры компонентов

— зависимость КПД котла η , %, от производительности при сжигании жидкого топлива:

$$\eta = -1,25Q + 93,7; \quad (5)$$

— зависимость КПД котла η , %, от производительности при сжигании твердого топлива:

$$\eta = -0,60Q + 85,6. \quad (6)$$

Полученные результаты показали, что КПД котла на твердом топливе ниже, также следует отметить, что КПД котлов уменьшается с ростом производительности, так как с ростом производительности увеличиваются потери теплоты с уходящими газами. Уменьшение потерь теплоты в окружающую среду через ограждающие поверхности и элементы котла меньше, чем увеличение потерь с уходящими газами, поэтому не происходит увеличения КПД котла.

при совмещении, способа и условий приготовления материала [4].

Для описания поведения строительных материалов в период нахождения их в пластичновязком состоянии используют такие характеристики как коэффициент структурной вязкости и предельное напряжение сдвига [1, 5...7]. В настоящей работе реологические свойства исследуемых

серных мастик оценивали величиной предельного напряжения сдвига, которую определяли с помощью цилиндрического вискозиметра по величине гравитационного расплыва при температуре 150...160°C [3] и рассчитывали по формуле:

$$\tau = \frac{hd^2 \rho_{см} g}{kD^2}, \tag{1}$$

где τ — предельное напряжение сдвига, Па; h и d — высота и диаметр вискозиметра, м; $\rho_{см}$ — плотность серной мастики, кг/м³; g — ускорение свободного падения; D — диаметр расплыва серной мастики, м; k — коэффициент, учитывающий перераспределение напряжений в вязкопластических телах, равный 2.

Результаты исследований представлены на рис. 1.

Математическая обработка экспериментальных данных, представленных на рис. 1, показывает, что зависимость предельного напряжения сдвига серных мастик от степени наполнения описывается функцией вида:

$$\tau = ae^{bv_f}, \tag{2}$$

где τ — предельное напряжение сдвига; v_f — объёмная доля наполнителя; a, b — эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1.

Анализ уравнения (1) показывает, что коэффициент a равен предельному напряжению сдвига ненаполненного серного вяжущего, а коэффициент b характеризует влияние наполнителя на подвижность мастики.

Анализ экспериментальных данных (рис. 1) показывает, что с увеличением удельной поверхности наполнителя наблюдается закономерное снижение подвижности серных мастик.

Для серных композитов на аппретированном каучуком наполнителе важным фактором является продолжительность изотермической выдержки t_T , определяющая количество образующейся полимерной серы, степень превращения аппрета и свойства образующегося вулканизата (рис. 2).

Анализ данных, представленных на рис. 2 показывает, что с увеличением продолжительности изотермической выдержки серных композитов, наполненных кварцевой мукой без аппрета, наблюдается незначительное снижение подвижности смеси, что очевидно связано с образованием некоторого количества полимерной серы. Зависимость предельного напряжения сдвига серной мастики на неаппретированной кварцевой муке от продолжительности изотермической выдержки описывается функцией вида:

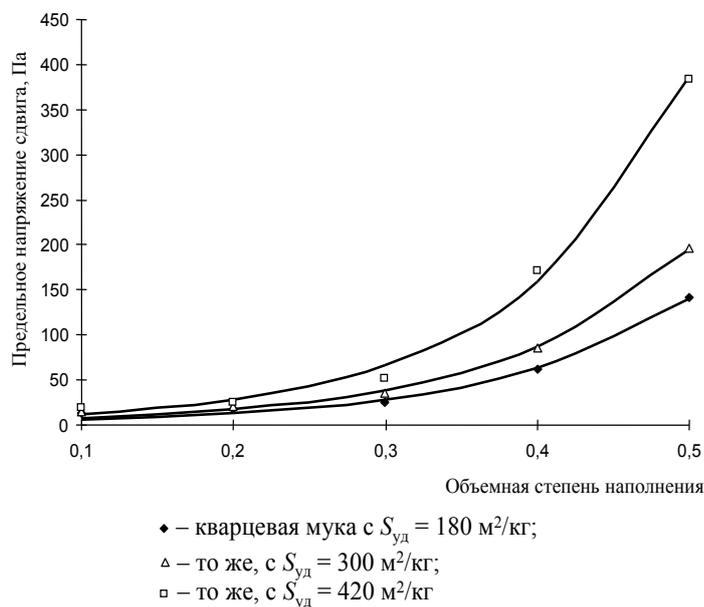


Рис. 1. Зависимость предельного напряжения сдвига серных мастик от степени наполнения и удельной поверхности наполнителя

Таблица 1. Значения эмпирических коэффициентов

Удельная поверхность, м ² /кг	Эмпирические коэффициенты	
	a	b
180	2,67	7,92
300	3,43	8,08
420	4,67	8,83

$$\tau = ae^{bt_T}, \quad (3)$$

где τ — предельное напряжение сдвига, Па; t_T — продолжительность изотермической выдержки; a, b — эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 2.

Введение в расплав серы наполнителя, обработанного аппретом, приводит к увеличению предельного напряжения сдвига серных мастик (рис. 2), что можно объяснить протеканием двух конкурирующих процессов, связанных с вулканизацией каучука.

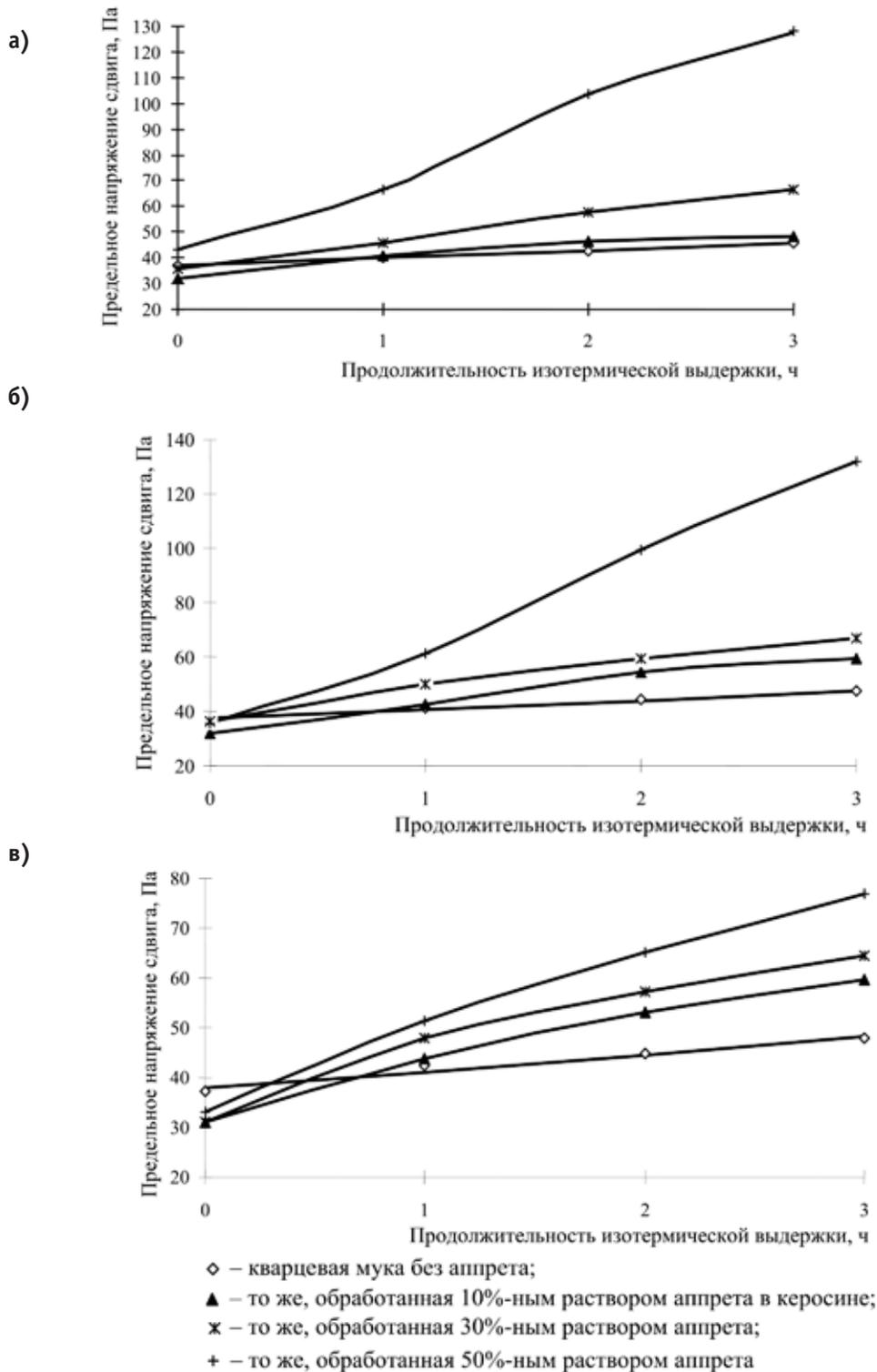


Рис. 2. Зависимость предельного напряжения сдвига серных мастик на кварцевой муке от продолжительности изотермической выдержки и концентрации аппрета: а) кварцевая мука с $S_{уд} = 180 \text{ м}^2/\text{кг}$, $v_f = 0,4$; б) то же с $S_{уд} = 300 \text{ м}^2/\text{кг}$, $v_f = 0,35$; в) то же с $S_{уд} = 420 \text{ м}^2/\text{кг}$, $v_f = 0,3$

Таблица 2. Значения эмпирических коэффициентов уравнений (5) и (6)

Концентрация аппрета, % от массы серы	Эмпирические коэффициенты			
	a	b	c	d
$S_{vd}=180 \text{ м}^2/\text{кг} (v_f=0,4)$				
0	37,23	0,07	—	—
0,2	31,97	1,01	1,53	2,49
0,6	35,84	3,99	2,42	1,62
1,0	43,11	4,28	3,84	2,06
$S_{vd}=300 \text{ м}^2/\text{кг} (v_f=0,35)$				
0	37,53	0,08	—	—
0,2	32,00	2,01	1,97	2,43
0,6	36,23	6,87	4,04	0,89
1,0	35,65	7,08	6,86	1,64
$S_{vd}=420 \text{ м}^2/\text{кг} (v_f=0,3)$				
0	37,99	0,08	—	—
0,2	31,16	4,03	3,04	1,08
0,6	31,00	14,32	9,41	0,68
1,0	32,98	34,58	20,99	0,82

Очевидно, что образование полимерной серы и вулканизата приводит к снижению подвижности смеси с увеличением времени реакции:

$$\tau_B = a(b + ct_T^d). \quad (4)$$

Кроме того, одновременно с процессами образования полимерной серы и вулканизата происходит выделение газообразных продуктов вулканизации, которые способствуют снижению величины предельного напряжения сдвига:

$$\tau_{II} = b + t_T^d. \quad (5)$$

С учётом влияния газовой фазы совместное влияние указанных процессов на предельное напряжение сдвига

описывается функцией вида (в соответствии с законом Гута-Марка газовая фаза снижает вязкость системы [2]):

$$\tau = \frac{\tau_B}{\tau_{II}} = \frac{a(b + ct_T^d)}{b + t_T^d}, \quad (6)$$

где a, b, c, d — эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 2.

Анализ результатов проведённых исследований показывает, что на реологические свойства серных мастик значительное влияние оказывают процессы, протекающие на границе раздела фаз «сера — наполнитель», интенсивность которых можно регулировать количеством и дисперсностью наполнителя, концентрацией аппрета, а также продолжительностью изотермической выдержки.

Литература:

1. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст]/Ю. М. Баженов — М.: Издательство строительных вузов, 2002—500 с.
2. Захарченко, В. Н. Коллоидная химия [Текст]/В. Н. Захарченко. — М.: «Высшая школа», 1989. — 237 с.
3. Калашников, В. И. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Вязущие вещества» [Текст]/В. И. Калашников, М. О. Коровкин, Ю. С. Кузнецов. — Пенза: ПГАСИ, 1995. — 33 с.
4. Королев, Е. В. Серные композиционные материалы для защиты от радиации [Текст]/Е. В. Королев, А. П. Прошин, В. И. Соломатов — Пенза: ПГУАС, 2001. — 210 с.
5. Патуроев, В. В. Полимербетоны и конструкции на их основе [Текст]/В. В. Патуроев, К. В. Михайлов, Р. Крайс. — М., Стройиздат, 1989. — 304 с.
6. Урьев, Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы [Текст]/Н. Б. Урьев. — М.: «Химия», 1980. — 320 с.
7. Хигеревич, М. И. Физико-химические и физические методы исследования строительных материалов [Текст]/М. И. Хигеревич, А. П. Меркин — М.: «Высшая школа», 1968. — 191 с.

Закономерности формирования структуры пеноминеральных смесей при производстве ячеистых строительных материалов

Береговой Виталий Александрович, доктор технических наук, профессор;
 Сорокин Дмитрий Сергеевич, студент
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В статье приводятся результаты исследований, направленных на выявление закономерностей формирования наполненных пен, широко используемых в производстве пористых строительных материалов — пенобетонов, ячеистой керамики, пеностекла и др. В результате проведенной работы установлены важнейшие факторы, способствующие получению стабильных пеноминеральных систем и даны рекомендации по проектированию составов.

Ключевые слова: ячеистые материалы, минерализованные пены, закономерности формирования пористой структуры, стабильность пены.

Введение. Первоочередной технической задачей, решаемой в процессе получения ячеистых материалов, является формирование качественной пеномассы за счет рационального совмещения правильно подобранных пенообразователей, корректирующих добавок и минеральных компонентов. Значительное число взаимосвязанных рецептурных и технологических факторов, а также стохастический характер их влияния существенно усложняет описание процессов, сопровождающих минерализацию ламелл пены твердыми частицами. Это обуславливает необходимость разработки методик, в основе которых лежат упрощенные модели, позволяющие оценить влияние основных рецептурных факторов на устойчивость пеноминеральной смеси.

Результаты исследований. Анализ научно-технической информации показал, что к важнейшим факторам, определяющим стабильность пены, относятся:

- кинетический, замедляющий скорость сужения межпоровых ламелл;
- структурно-механический, увеличивающий вязкость адсорбционно-сольватных слоев;
- термодинамический, препятствующий утончению пленки за счет расклинивающего действия двойных гидратных слоев.

Влияние перечисленных выше факторов на процесс формирования структуры ячеистого материала показано на рис. 1.



Рис. 1. Основные факторы, определяющие структуру и свойства ячеистого сырца

Анализ взаимосвязей на рис. 1 показывает, что стабильность наполненной пены определяется степенью ее противодействия процессам разрушения, возникающим вследствие истечения жидкой фазы из межпленочного пространства ламелл и последующего изменения агрегативного состояния всей системы.

Известно, что минералогический состав частиц во многом определяет способность поглощать органические вещества при их совмещении с водными растворами. Так, способность некоторых глин адсорбировать молекулы пенообразующих ПАВ (ПО) приводит к закономерному снижению концентрации пенообразователя в растворе, что значительно усложняет задачу получения качественной пеноминеральной смеси [1].

Степень адсорбции молекул ПАВ на частицах минерального вяжущего также влияет на процессы формирования микроструктуры:

при слабой адсорбции (частицы заряжены отрицательно, а емкость их катионного обмена незначительна) молекулы пенообразователя концентрируются на границе раздела «поверхность раствора — воздух». Вспенивание таких смесей приводит к образованию крупных воздушных ячеек и формированию плотного материала межпоровых перегородок;

при сильной адсорбции (частицы имеют преимущественно положительный заряд) молекулы пенообразователя сконцентрированы в зоне раздела «минеральная поверхность — раствор». При такой адсорбции молекулы традиционные ПО ориентируются гидрофобной углеводородной частью в сторону жидкой фазы. В процессе поризации мельчайшие пузырьки воздуха притягиваются к частично гидрофобизированной поверхности минеральных частиц. Это приводит к разрыхлению материала межпоровых перегородок и негативно сказывается на устойчивости пеноминеральной массы.

Проведенный анализ позволил обосновать целесообразность использования параметра скорости истечения раствора из межпленочного пространства пены (v), в качестве определяющего при оценке стабильности наполненных пен.

Для прогнозирования параметра v структуру трехфазных пен рассматривали в виде пористого тела, структура которого пронизана водопроводящими и взаимно не пересекающимися каналами. Они имеют переменное сечение с рельефом, повторяющим очертания поверхностей воздушных ячеек. С течением времени изначально устойчивое состояние пеномассы постепенно нарушается и начинается интенсивный ток жидкости по каналам, имеющим поперечное сечение в форме треугольника Плато-Гиббса. Скорость истечения жидкости из капилляров пористого материала под действием силы тяжести определяется уравнением Пуазейля:

$$v = \frac{R^2 \cdot \Delta P}{8\eta \cdot l}, \quad (1)$$

где R и l — радиус и длина капилляра в пене в момент времени t ; ΔP — разница давлений на концах капилляра; η — вязкость жидкости.

Изменение давления в зависимости от высоты столба пены выражается:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h, \quad (2)$$

где ρ — средняя плотность дисперсионной среды типа «газ-жидкость», Δh — изменение высоты столба пены по отношению к исследуемому сечению.

Эффективная пропускная способность системы водопроводящих каналов зависит также от степени их извилистости, которая учитывает удлинение пути переноса жидкости внутри каркаса ячеистой структуры и определяется как отношение общей длины канала к толщине материала (h), т. е. $\xi = l/h$.

При гексагональной упаковке воздушных ячеек значение ξ принимают равным 1,5. Для других типов взаимного расположения воздушных пор в пеноминеральной системе коэффициент извилистости находится по зависимости, полученной А. А. Трапезниковым:

$$\xi = \sqrt{\frac{V_{\text{пор}}}{(0,695\pi - 0,118)}}. \quad (3)$$

С учетом приведенных выше зависимостей уравнение (1) примет вид:

$$v = \frac{R^2 \cdot g \cdot \rho}{8\xi \cdot \eta}. \quad (4)$$

Скорость истечения раствора зависит от относительной доли площади сечения материала, занятой проводящими каналами:

$$v = \frac{R^2 \cdot g \cdot \rho}{8\xi \cdot \eta} \cdot (1 - \varepsilon_{\text{пор}}), \quad (5)$$

где $(1 - \varepsilon_{\text{пор}})$ — доля поперечного сечения, занятого каналами Плато.

Умножив числитель и знаменатель дроби на π , выражение (5) примет вид:

$$v = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot g \cdot \rho}{8\xi \cdot \eta \cdot \pi} \cdot (1 - \varepsilon_{\text{пор}}), \quad (6)$$

где $\pi \cdot R^2$ — площадь поперечного сечения цилиндрического капилляра.

В реальной пене каналы истечения жидкости характеризуются более сложным поперечным сечением. Учет геометрических параметров каналов можно производить, исходя из зависимости площади поперечного сечения канала Плато-Гиббса $S_{\text{Пл}}$ от среднего радиуса воздушного пузырька r [2]:

$$S_{\text{Пл}} = r^2 \cdot \left(\sqrt{3} - \frac{\pi}{2}\right) \approx 0,161 \cdot r^2. \quad (7)$$

С учетом (7) уравнение (6) примет вид:

$$v = \frac{0,161 \cdot r^2 \cdot g \cdot \rho}{8\xi \cdot \eta \cdot \pi} \cdot (1 - \varepsilon_{\text{пор}}). \quad (8)$$

Выразив средний радиус воздушной ячейки через общую пористость материала $V_{пор}$ и количество пор N , получаем зависимость вида:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V_{пор}}{4 \cdot N \cdot \pi}} \approx 0,91 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{пор}}{N \cdot \pi}}. \quad (9)$$

Для вычисления относительной площади, занимаемой воздушной порой $\epsilon_{пор}$, выделим элементарную расчетную ячейку кубической формы с ребром, равным единице, внутреннюю часть которой занимает воздушное включение. Площадь воздушного включения равна:

$$S_{яч} = \sqrt[3]{V_{пор}^2}. \quad (10)$$

Подставляя выражения (9) и (10) в уравнение (8), получим зависимость скорости истечения раствора по каналам Плато в ячеистой структуре с учетом пористости материала, формы каналов, дисперсности воздушной фазы и вязкости дисперсионной среды [3]:

$$v = \frac{k \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{V_{пор}}{N \cdot \pi}} \right)^2 \cdot g \cdot \rho}{\eta \cdot \xi \cdot \pi} \cdot \left(1 - V_{пор}^{\frac{2}{3}} \right), \quad (11)$$

где k — числовой коэффициент, равный 0,0166.

Литература:

1. Береговой, В.А. Методика подбора и обоснование компонентного состава сырьевых смесей для изготовления теплоизоляционных пенокерамобетонов/Береговой В.А., Королев Е.В., Прошина Н.А., Береговой А.М.// Строительные материалы, — 2011 — №6 — с. 66–69.
2. Тихомиров, В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения/В.К. Тихомиров. — М.: «Химия», 1975. — 264 с.
3. Береговой, В.А. Эффективные пенокерамобетоны общестроительного и специального назначения: диссертация... доктора технических наук. — Пенза, 2012.
4. Береговой, В.А. Разработка составов и экспериментальной технологической установки по производству пористых материалов на композиционных вяжущих/Королев Е.В., Береговой В.А., Королев Е.В., Еремкин А.И., Береговой А.М. // Строительные материалы, — 2006. — №6 — с. 8–10

Задача распознавания опасной навигационной ситуации при эксплуатации судна

Блажеев Артур Юрьевич, соискатель, ВПКМ
000 «Кома Шиппиг Сервис» (г. Мурманск)

Задачу распознавания навигационной ситуации на судне можно представить как ряд этапов, на каждом из которых должна анализироваться своя специфичная информация. Причем под навигационной ситуацией будем понимать совокупность всей информации о состоянии судна, «человеческого элемента» и внешней среды, достаточной для принятия работающего управленческого решения, то есть включения определённой структуры адекватной данной управленческой ситуации [1].

На первом этапе анализируется состояние системы управления безопасной эксплуатацией (при помощи внутренних и внешних освидетельствований системы, а также докладов о несоответствиях и так далее). Целью этого этапа является идентификация несоответствий, влияющих на эффективность и качество работы всей системы. В соответствии с концепцией формальной оценки безопасности первым этапом алгоритма управления должно быть определение опасных

Выводы. Анализ уравнений показывает, что интенсивность истечения жидкой фазы зависит от пористости пеноминеральной массы, дисперсности воздушных ячеек, а также от плотности и вязкости жидкой фазы. Учитывая квадратичную зависимость скорости истечения дисперсионной среды от размера частиц воздушной фазы, для повышения стойкости вспененных сырцовых масс необходимо стремиться к формированию в структуре воздушной фазы в виде мелких воздушных ячеек, равномерно распределенных по объему, а при необходимости использовать добавки-загустители.

Очевидно, что возможность повышения стабильности пеноминеральной массы за счет увеличения вязкости раствора ограничивается снижением эффективности их вспенивания. Поэтому при определении состава сырьевой смеси в производстве ячеистых материалов используют компромиссные водо-твердые отношения, позволяющие, с одной стороны, достичь требуемой степени воздухововлечения в сырьевую смесь, а с другой — гарантировать стабильность ячеистой структуры сырца [4]. С целью уменьшения количества избыточной воды в составах вновь разрабатываемых материалов и улучшения их качества целесообразно использовать рецептуры и способы поризации, основанные на широком использовании пластификаторов, разжижителей, а также эффекта тиксотропии.

ситуаций и оценка риска. На втором этапе осуществляется выбор технологии функционирования подсистемы, давшей сбой. При этом анализируются наличие ресурсов, необходимых для осуществления корректирующих действий, что тоже вполне соответствует с концепцией ФОБ, то есть технологии контроля риска и оценка затрат на ресурсы. На третьем этапе выбираются конкретные процедуры, в зависимости от исходного состояния устройств и оборудования, в ФОБ — выработка процедур для последующего принятия решений.

В дальнейшем реализуются функции и технологические режимы исполнения. На последних этапах возрастает роль локальных обратных связей при принятии управленческих решений и снижается роль опережающего управления. На верхних уровнях можно применять медленно действующие, но более точные методы принятия решений, тогда как на нижних уровнях всё наоборот. Следовательно, на разных уровнях иерархии при распознавании и принятии управленческого решения анализируется разная информация, используются соответственно различные признаки распознавания.

Формальная постановка задачи распознавания состоит в следующем. Задано множество объектов или явлений $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_2\}$, а также множество возможных управлений (технологий) $L = \{l_1, \dots, l_k\}$, которые могут быть приняты по результатам решения задачи распознавания, и на основании которых множество Ω разбито на m непересекающихся классов A_p где $p = 1, \dots, m$ [2]. Известные значения признаков, которыми характеризуются управленческие ситуации, относящиеся к соответствующим классам (связанным с необходимостью включения определённых структур), образующие априорный словарь признаков [2]. Обозначим через x_{pk}^j — значения j -го признака k -го объекта p -го класса, $j = 1, \dots, k_p$.

$$S(\Omega_p) = \sqrt{\frac{1}{k_p} \frac{1}{k_{p-1}} \sum_{k=1}^{k_p} \sum_{i=1}^{k_p} \sum_{j=1}^n \lambda_j (x_{pk}^j - x_{pl}^j)^2}$$

$$R(\Omega_p, \Omega_q) = \sqrt{\frac{1}{k_p} \frac{1}{k_q} \sum_{k=1}^{k_p} \sum_{i=1}^{k_q} \sum_{j=1}^n \lambda_j (x_{pk}^j - x_{ql}^j)^2}$$

Величины называются соответственно среднеквадратичным разбросом объектов внутри класса Ω_p и среднеквадратичным разбросом объектов классов Ω_p и Ω_q ; λ_j представляют собой компоненты вектора $\bar{\lambda} = \{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$ и принимают значения 1 и 0 в зависимости от того, используется ли данный признак априорного словаря в рабочем словаре [2]

Наиболее общим предположением относительно затрат ресурсов на разработку следящих (измерительных) средств системы распознавания является предположением относительно аддитивности расходов ресурсов, то есть

$$C = C(\lambda_1, \dots, \lambda_n) = \sum_{j=1}^n C_j \lambda_j$$

где C_j — затраты на создание средства, предназначенного для определения j -го признака.

Пусть на разработку следящих средств системы выделены ресурсы, величина которых равна C_0 . Тогда при

$$C_0 \geq \sum_{j=1}^m C_j \lambda_j,$$

можно в полном объёме реализовать априорный словарь признаков. Однако, если

$$C_0 < \sum_{j=1}^m C_j \lambda_j,$$

то возникает задача разработки такого словаря признаков, который в условиях указанных ограничений обеспечивает наибольшее значение показателя эффективности проектируемой системы распознавания.

В качестве критерия эффективности в общем случае будем использовать величину

$$F = R^2(\Omega_p, \Omega_q) / S(\Omega_p) S(\Omega_q)$$

которая характеризует отношение расстояний между классами к разбросам объектов внутри классов [2].

Максимизировать отношение можно за счёт уменьшения знаменателя, который связан с точностью измерений признаков. Этого же можно добиться увеличением числителя, который зависит от расстояния между классами и определяется информативностью используемых признаков. Многие свойства объектов по своей природе являются непрерывными и многомерными. Для классификации объектов неприемлемо измерение этих свойств во всём диапазоне изменения, тем более, что на больших участках эти свойства могут совпадать для объектов разных классов. Возникает проблема выбора точечных значений свойств, используемых в качестве признаков для максимально точной классификации.

Рассмотрим более подробно процедуру замены одной структуры другой. Отдельные структурные ветви могут работать одновременно, то есть параллельно или последовательно, подчиняясь тому или другому закону их выбора. Не исключена также комбинация этих двух способов.

Структуры при параллельной работе должны быть поэлементно максимально независимы друг от друга. Объединяют же их общесистемные ресурсы управляющих воздействий. Поэтому доступ к этим ресурсам должен быть скоординирован, то есть максимально согласован для каждой структурной ветви. В таких системах могут быть совместно используемые элементы, но тогда к ним необходимо относиться так же, как к общим ресурсам, то есть строго согласовывать их использование, избегая конфликтов между параллельно работающими структурами.

При последовательной работе выбранная в данный момент структура единовластно пользуется ресурсами управляющих воздействий, а также может пользоваться элементами из других структур. Тогда в данном случае имеет место перекрытия структур. Это перекрытие для двух структур может быть оценено коэффициентом структурного перекрытия второй структуры по отношению к первой

$$c_{12} = K_n / K_1$$

где K_n — количество совместно используемых элементов структур, K_1 — общее количество элементов в первой структуре. При этом обе величины могут оцениваться и в стоимостном выражении.

Если в метасистеме n ветвей, то характеристикой количества совместно используемых элементов будет уже матрица структурно перекрытия

$$C = \begin{pmatrix} c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1n} \\ c_{21}, c_{22}, \dots, c_{2n} \\ \dots \\ c_{n1}, c_{n2}, \dots, c_{nn} \end{pmatrix}$$

Диагональные коэффициенты этой матрицы единичные, а все остальные могут быть равны или меньше единицы. Ясно, что приближение коэффициентов матрицы к единице повышает загруженность элементов системы, уменьшает суммарную её стоимость и сложность. Следовательно, при создании новой метасистемы необходимо добиваться как можно большего значения суммы всех коэффициентов этой матрицы

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \rightarrow \max$$

Ограничения в данной задаче будут обусловлены применяемой технологией. Для системы управления безопасностью, как для параллельной метасистемы необходимо также найти характеристику, отражающую степень участия каждой структуры в распределении общих ресурсов управления. Однако сама доля используемых ресурсов не является мерой полезности структуры с точки зрения метасистемы.

Показателем точности управляемой величины может служить её дисперсия относительно заданного управляющего воздействия. Для обеспечения возможности сравнения необходимо взять безразмерные дисперсии управляемых величин в каждой структуре, для чего текущее значение дисперсии можно отнести к норме, взятой из требований технологического процесса. Полученное отношение будет отражать потери, возникающие от недостатка ресурсов управления этой величиной. Однако, влияние каждой управляемой величины на целевую функцию метасистемы может быть различным (может даже быть большая дисперсия некоторых из управляемых величин). Чтобы учесть этот факт, умножим относительную дисперсию данной управляемой величины (за управление которой ответственна одна из составляющих систем метасистемы) на коэффициент её значимости. Полученная величина называется потерей от дисперсии управляемой величины. В хорошо работающей системе потери от дисперсий (D_i) должны быть примерно одинаковы, а суммарная занимаемая ими площадь должна быть минимальной.

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i D_i \rightarrow \min$$

где α_i — коэффициент ранжирования.

Ограничение в этой задаче будут обусловлены как применяемой технологией, так и величиной общесистемных ресурсов. Это необходимо иметь в виду при синтезе метасистемы параллельного действия.

Таким образом, эти два свойства: возможность перекрытия последовательно работающих структур и возможность перераспределения управляющих ресурсов с сильных структур на слабые — эмерджентны. Они придают дополнительный смысл агрегированию локальных систем в единую метасистему, увеличивая их общую эффективность. Кроме того, полное снятие управляющих ресурсов со всех систем, кроме одного, превращает параллельную метасистему в последовательную, а полное перекрытие одной системы другой приводит к обратному результату.

Литература:

1. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод/В.И. Меньшиков, А.Н. Суслов, В.В. Шутов; под общ. ред. В.И. Меньшикова. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2013. — 186 с.
2. Особенности эксплуатации судов компаниями с интегрированной системой менеджмента/В.И. Меньшиков, М.А. Пасечников, Пеньковская К.В., Пеньковский Д.В. — Мурманск: Изд-во МГТУ, 2014. — 195 с.

История развития технологии квантовых точек

Бровка Артём Михайлович, магистрант

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Введение. Данная статья является частью научно-исследовательской работы и магистерской диссертации, выполненной по плану обучения в магистратуре СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в рамках дисциплины «История и методология электроники». В ходе работы над докладом и рефератом по этой дисциплине, были исследованы вопросы истории развития технологии получения квантовых точек (КТ), а также области их применения, обобщенные в этой статье. Основные методы получения и физико-химические свойства низкоразмерных объектов рассмотрены в [1, 2]. Особенности исследований, проводимых в УНЛ «Наноматериалы» СПбГЭТУ, связаны с применением коллоидных квантовых точек (ККТ) в биологии и медицине. Специфика таких исследований описана в [3–5]. Преимущества ККТ по сравнению с традиционными флуорофорами приведены в [6]. В настоящее время основные усилия направлены на получение ККТ с гидрофильными свойствами внешней оболочки [7, 8].

Цель данной работы — изучение исторических аспектов возникновения и развития технологии квантовых точек в рамках концептуальных схем развития химии, предложенных русским химиком и философом В.И. Кузнецовым [9].

Некоторые общие сведения о квантовых точках. Квантовая точка — фрагмент проводника или полупроводника, носители заряда (электроны и дырки) которого ограничены в пространстве по всем трём измерениям. Размер квантовой точки должен быть настолько мал, чтобы квантовые эффекты были существенны. Обычно размеры квантовых точек лежат в интервале от 1 до 50 нм.

Свойства квантовых точек отличны от свойств объемных материалов, прежде всего это касается зонной структуры (расстояние между энергетическими уровнями в квантовых точках зависит от размеров квантовых точек). Таким образом, изменяя размеры получаемых квантовых точек, можно варьировать их свойства. В силу этого, в кругу учёных квантовые точки часто называют «искусственными атомами».

Синтез ККТ — химическая технология, поэтому в данной статье будет уделено особое внимание истории

развития химической науки. Для этого определим концептуальную систему химии.

Концептуальная система в химии — система взаимосвязанных теорий, объединённых общими фундаментальными принципами, понятиями, законами, методами и проблемами. Теорию концептуальных схем развития химии создал и развивал В.И. Кузнецов совместно с другими химиками, историками науки, философами. [9]

Выделяют четыре концептуальные схемы:

1. Учение о составе;
2. Структурная химия;
3. Учение о химическом процессе;
4. Эволюционная химия.

По мере развития химии происходит не смена, а последовательное появление новых концептуальных схем. В настоящее время развитие химии происходит параллельно: как на каждом из четырёх уровней, так и путем подъема с нижних уровней на высшие, то есть от одной концептуальной схемы к другой. [9]

Первая концептуальная система химии — учение о составе. Здесь были поставлены две основных проблемы: проблема химического элемента и проблема зависимости свойств вещества от его химического состава. Основной постулат учения о составе: свойства веществ определяются их составом, то есть тем, из каких химических элементов и в каком их соотношении образовано данное вещество. Вещество рассматривается как совокупность атомов. Датой зарождения этой концепции можно считать античные времена (учение Демокрита об атомистике, римские достижения в химии), однако время окончательного становления этой системы — период высокого средневековья и расцвет алхимии.

Вторая концептуальная система — структурная химия. Её основной постулат состоит в том, что свойство вещества определяется структурой молекул вещества, то есть не только составом, но и порядком соединения атомов между собой и их расположением в пространстве. Объект исследования структурной химии — молекула как единое целое. Появление этой концепции относится к началу 19-ого века; с этого времени химия превращается из аналитической науки в синтетическую.

Третья концептуальная система — учение о химическом процессе. Основная идея этой системы — свойство вещества определяется его составом, структурой и организацией системы, в которой это вещество находится. Появление этой концепции связано с накоплением экспериментальных данных, которые не могли быть объяснены со старых теоретических позиций. Речь идет о зависимости свойств веществ от концентрации реагентов, внешних условий и окружающей среды, в которой находится система, а также от наличия в системе веществ (катализаторов, ингибиторов, растворителей, примесей, и т.д.), стехиометрически не участвующих в химической реакции. Предметом изучения данной концепции является вся химическая кинетическая система, для которой само вещество, его состав и структура его молекул рассматриваются как подсистема, как часть системы. Теоретические обоснования для новых эмпирических данных обеспечили статическая механика и термодинамика, химическая термодинамика, химическая кинетика и теория каталитических реакций. Создание учения о химическом процессе позволило решать вопросы управления химическими реакциями и процессами, создать новую химическую терминологию. Расцвет этой концепции приходится на вторую половину 19-ого века.

Четвертая концептуальная система — эволюционная химия. Это система ещё только формируется и связана с включением в химическую науку принципа историзма и понятия времени, с построением теории химической эволюции материи. Эволюционная химия изучает процессы самоорганизации вещества: от атомов до живых организмов.

Основные вехи в становлении эволюционной химии:

- Эффект самосовершенствования каталитических систем (А. Гуотми и Р. Каннингем 1958–1960 гг.)
- Теория саморазвития открытых каталитических систем (А. П. Руденко 1964–1969 гг.)
- Теория гиперциклов (М. Эйген — лауреат Нобелевской премии по химии 1967 г.)
- Супрамолекулярная химия (Жан-Мари Лен — лауреат Нобелевской премии по химии 1987 г.)

Обратим более пристальное внимание на теорию гиперциклов и понятие супрамолекулярной химии.

Гиперцикл — способ объединения самовоспроизводящихся макромолекул в замкнутые автокаталитические циклы. Гиперциклы, которые сами по себе ещё чистая химия, уже обладают некоторыми признаками живого: круговорот веществ и энергии, воспроизведение с наследованием информации, приспособляемость к изменяющимся условиям. Гиперциклы подвержены дарвинскому естественному отбору, но не на уровне видов, а на уровне молекул, то есть это гипотеза о молекулярной эволюции, приведшей к созданию первой живой клетки, использующей генетический код для матричного синтеза белка. [10]

Супрамолекулярная химия — междисциплинарная область науки, включающая химические, физические и биологические аспекты рассмотрения более сложных, чем молекулы, химических систем, связанных в единое

целое посредством межмолекулярных (нековалентных) взаимодействий.

Супрамолекулярная самосборка — процесс спонтанной ассоциации двух и более компонентов, приводящий к образованию супермолекул или полимолекулярных ансамблей, происходящий за счет нековалентных взаимодействий.

Супрамолекулярные ансамбли — полимолекулярные ассоциаты, возникающие в результате спонтанной ассоциации неопределённо большого числа компонентов в специфическую фазу, характеризующую более или менее определённой организацией на микроскопическом уровне и макроскопическими свойствами, зависящими от природы фазы (плёнка, слой, мембрана, мезоморфная фаза, кристалл и т.д.). [11]

Основные классы супрамолекулярных ансамблей по Ж.-М. Лену:

- Мицеллы;
- Липосомы;
- Мембраны;
- Жидкие кристаллы.

Мицеллы — частицы в коллоидных системах, состоят из нерастворимого в данной среде ядра очень малого размера (единицы-десятки нанометров), окруженного стабилизирующей оболочкой адсорбированных ионов и молекул растворителя. [12]

Зачастую коллоидные квантовые точки являются мицеллами, таким образом, их можно рассматривать как самоорганизующиеся системы [13–15], что ставит квантовые точки в ряд передовых материалов нанотехнологий не только с позиции их уникальных свойств, но и с эволюционно-философской точки зрения.

История развития технологии квантовых точек

30-ые годы — добавление наноматериалов в стекло (Роксбай заметил, что вставка CdSe в стекло приводит к изменению его оттенка).

Начало 80-ых годов — обнаружение размернозависимых эффектов в полупроводниках встроенных в стекло (Екимов).

1983 г. — обнаружение размерных эффектов в коллоидных квантовых точках (Брюс)

Середина 80-ых годов — низкотемпературные методы синтеза КТ в мицеллах (Штайгервальд)

Начало 90-ых годов — высокотемпературный органический синтез коллоидных квантовых точек на основе халькогенидов кадмия (координирующий раствор ТРО, $T = 573\text{ K}$, прекурсоры диметилкадмия и TOPSe) (Мюррей).

Настоящее время — использование более совершенных и менее токсичных поверхностно активных веществ (напр., жирные кислоты или амины), вариации прекурсоров и условий синтеза.

Несмотря на относительно небольшую историю, технологии квантовых точек уже успели завоевать популярность в научном сообществе. На эти технологии возлагают большие надежды в таких областях как медицина, солнечная энергетика, QLED-технология, квантовые ком-

пьютеры и т.д. Уже сейчас квантовые точки начинают внедряться в серийное производство дисплеев и диагностического оборудования [16], а ученые синтезируют новые формы квантовых точек [17], которые показывают заманчивые возможности для будущего применения.

В заключение можно сказать о том, что технологии квантовых точек имеют гораздо большее будущее, чем прошлое, и, возможно, через несколько десятилетий эти технологии встанут в ряд с открытиями, изменившими историю человеческой жизни.

Литература:

1. Васильев, Р.Б., Дирин Д.Н. Квантовые точки: синтез, свойства, применение. — МГУ, Москва, 2007. — с. 50.
2. Шик, А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем — СПб.: Наука, 2001. 155 с.
3. Мусихин, С.Ф., Александрова О.А., Лучинин В.В. и др. Полупроводниковые коллоидные наночастицы в биологии и медицине //Биотехносфера. 2012. №5–6 (23–24). с. 40–48.
4. Alivisatos, A.P., Gu W., Larabell C. Quantum dots as cellular probes // Annual Review of Biomedical Engineering. 2005. Vol. 7. P. 55–76.
5. Олейников, В.А. Полупроводниковые флуоресцентные нанокристаллы (квантовые точки) в белковых биочипах // Биоорганическая химия. 2011. Т. 37, №2. С. 171–189.
6. Мошников, В.А., Александрова О.А., Дробинцева А.О. и др. От лазерной оптической микроскопии до флуоресцентной микроскопии высокого разрешения. Коллоидные квантовые точки — биомаркеры в поисковых научных исследованиях. //Биотехносфера. 2014. №6 (36). с. 16–30.
7. Мазинг, Д.С., Александрова О.А., Матюшкин Л.Б. и др. Синтез коллоидных квантовых точек селенида кадмия в водной среде // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. 2014. №7. с. 15–19.
8. Mazing, D.S., Aleksandrova O.A. Synthesis of cadmium selenide colloidal nanoparticles stabilized with thioglycolic acid // Smart Nanocomposites. 2013. Т. 4. №2. с. 17–23.
9. Кузнецов, В.И. Общая химия: тенденции развития. М.: Высшая школа, 1989. стр. 26.
10. М. Эйген, П. Шустер. «Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул», Изд-во «Мир», М., 1982, 270 стр.
11. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. — Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 333 с.
12. Захарченко, В.Н. Коллоидная химия: Учеб. для для медико-биолог. спец. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1989. — 238 с.: ил.
13. Тарасов, С.А., Александрова О.А., Максимов А.И. и др. Исследование процессов самоорганизации квантовых точек сульфида // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2013. №3 (101). с. 28–32.
14. 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 // Нано- и микросистемная техника. 2013. №2. с. 19–23.
15. Александрова, О.А., Максимов А.И., Мошников В.А., Чеснокова Д.Б. Халькогениды и оксиды элементов IV группы. Получение, исследование, применение. СПб.:, 2008.
16. Атомно-силовая микроскопия для нанотехнологии и диагностики. Мошников В.А., Спивак Ю.М. Учеб. пособие СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2009, 80 с.
17. Матюшкин, Л.Б., Александрова О.А., Максимов А.И. и др. Особенности синтеза люминесцирующих полупроводниковых наночастиц в полярных и неполярных. //Биотехносфера. 2013. №2 (26). с. 27–32.

Возможности использования в теплоснабжении сельских домов и зданий солнечных водонагревателей

Вардияшвили Афдандил Аскарлович, доцент;
 Узаков Гулом Норбоевич, доцент;
 Мурадов Исмоил, старший преподаватель;
 Файзиев Тулкин Амирович, доцент;
 Вардияшвили Асфандиёр Аскарлович, преподаватель
 Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Растущие с каждым годом потребности мировой экономики в энергии. Кроме того, озабоченность международного сообщества вызывается, наряду с возрастающими трудностями в освоении новых источников традиционного углеводородного сырья-нефти и газа, также быстрым истощением их запасов. Но самый важный фактор, с которым мы не имеем права не считаться, — достигшие колоссальных размеров использование и сжигание ископаемого топлива наносят ощутимый вред окружающей среде, отражаются на здоровье и качестве жизни населения и ставят под угрозу устойчивость будущего развития на глобальном уровне. Выход из складывающейся ситуации, прежде всего, видится в дальнейшем обеспечении роста инвестиций в проекты по развитию солнечной энергетики как наиболее эффективного и перспективного источника возобновляемых видов энергии.

Таким образом, солнечная энергетика может и должна стать одним из локомотивов выхода из кризиса. (И. А. Каримов. 6-го заседание азиатского форума солнечной энергии. Ташкент. 2013 год 22 ноября). [1].

По количеству солнечных дней в году, а это более 320 дней, наша страна превосходит многие регионы мира. В связи с этим, за последние годы во многих странах мира, в том числе у нас в Узбекистане ведутся интенсивные исследовательские работы по практическому применению гелиотехнических установок. Одной из проблем исполь-

Центральный конец шланга соединяют с нижним штуцером бака, а другой с верхним, который должен нахо-

диться на расстоянии $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ высоты бака (рис. 1, а). Коллектор устанавливают так, чтобы его верхний край был расположен ниже дна бака на расстоянии не менее 40–60 см. такой перепад высот обеспечивает нормальную циркуляцию и исключает появление противотока в ночное время. Коллектор устанавливают в летние месяцы под углом 30–35° к горизонту в южном направлении. Такой коллектор в солнечный день способен нагреть воду в баке до 40–50°. При желании бак-аккумулятор можно теплоизолировать, а коллектор оборудовать простейшей системой слежения за солнцем. Она представляет собой вращающуюся подставку, на которой установлен солнечный коллектор. Вращение подставки обеспечивается

зование солнечной энергии заключается в том, что наибольшее количество поступает летом, а наибольшее количество потребления энергии происходит зимой.

Горячее водоснабжение сельскохозяйственных домов можно обеспечить с помощью солнечных водонагревателей [2, 3, 4, 5].

Солнечный коллектор представляет собой плоский застекленный ящик, внутри которого на слой теплоизоляции положен металлический лист, окрашенный в черный цвет, с закрепленным к нему коллектором из водопроводных труб. Коллектор подсоединяют к баку-аккумулятору, через который циркулирует нагретая в коллекторе вода. Циркуляция воды происходит за счет разницы удельных весов холодной и горячей воды, т. е. основана на принципе системы с естественной циркуляцией.

Простейший солнечный водонагреватель в летнем душе или на кухне можно сделать из резинового шланга и бака емкостью 5–100 л. Резиновый шланг диаметром 25–35 мм сворачивают в однорядную бухту и укладывают ее в плоский деревянный ящик из металлический лист, покрашенный черной матовой краской. Между дном ящика и листом желательно проложить минераловатную или любую другую термостойкую теплоизоляцию. Сверху ящик покрывают стеклом толщиной 3 мм или полиэтиленовой пленкой.

пружиной с противовесом в виде ведра с водой, снабженного водосливным устройством (краном). Регулируя темп опорожнения ведра, можно добиться необходимой скорости вращения коллектора, и он всегда будет следовать за солнцем.

Основным элементом солнечного водонагревателя является коллектор. Его можно изготовить из подручных материалов, например использовать стальной штампованный плоский радиатор отопления типа МЗ-500-Ч, конвектор типа «Аккорд», радиатор охлаждения от пришедшего в негодность холодильника, тонкостенные газо-

вопроводные трубы $d_y = 20$ мм. Общую площадь коллектора, которая не должна превышать 6 м², выбирают из расчета 45 л объема воды, замкнутого в контуре, на 1 м² поверхности коллектора. Корпус коллектора проще всего сделать деревянным с боковинами из трехслойного набора досок и дном из фанеры или оргалита (см. рис. 1. д).

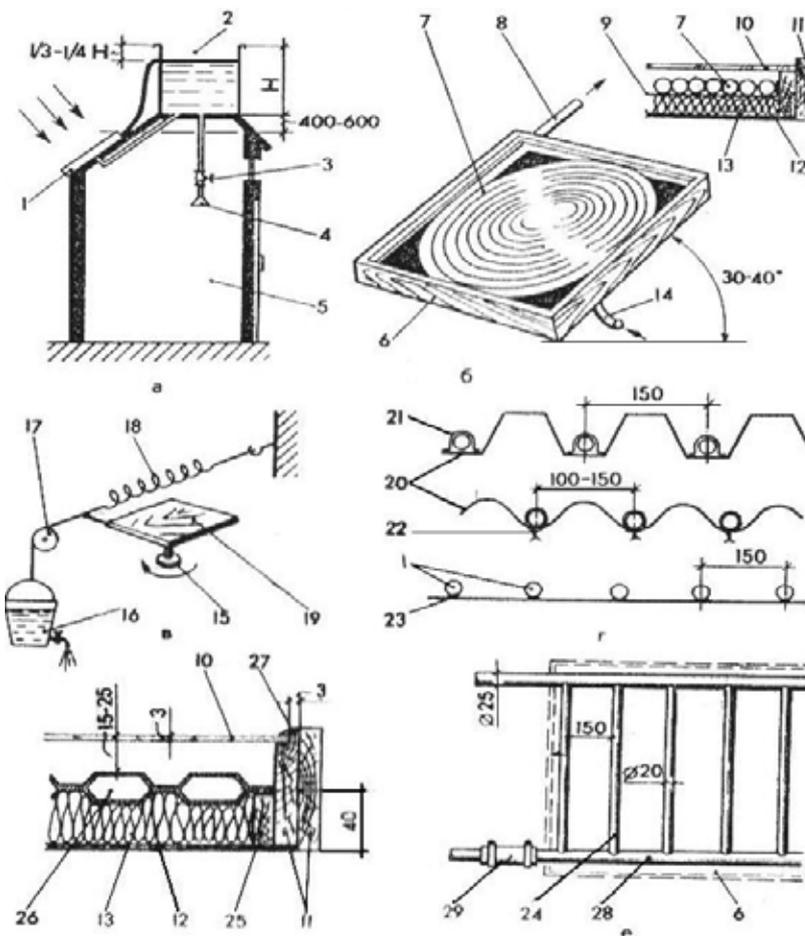


Рис. 1. Солнечные водонагреватели: а — схема душевой установки с солнечным водонагревателем; б — солнечный коллектор из резинового шланга; в — схема механизма слежения на солнцем; г — виды поглощающих поверхностей и способы крепления труб; д — устройство коллектора (разрез); е — трубчатый коллектор (план); 1 — солнечный водонагреватель (коллектор); 2 — бак-аккумулятор; 3 — вентиль; 4 — душевая сетка; 5 — душевая кабина; 6 — корпус коллектора; 7 — шланг; 8 — выход горячей воды; 9 — кровельная сталь толщиной 0,61,2 мм; 10 — стекло; 11 — двухслойная стенка; 12 — дно; 13 — минераловатный утеплитель; 14 — вход от от бака-аккумулятора; 15 — подшипник; 16 — ведро с краном; 17 — блок; 18 — пружина; 19 — вращающаяся подставка; 20 — гофрированная кровельная сталь или дюраль; 21 — хомут; 22 — проволоочная стяжка; 23 — пайка; 24 — вертикальная труба коллектора; 25 — фальц крепления отражающей пластины; 26 — панельный радиатор; 27 — замаска; 28 — коллекторная труба; 29 — дюритовое соединение на хомутах.

На дно кладут минераловатную теплоизоляцию слоем 40 мм для уменьшения потерь тепла с теневой стороны листа. При подборе материала для теплоизоляции следует учитывать его термостойкость, так как в солнечные дни при неработающем коллекторе температура на теплопоглощающей поверхности листа может достигать 100°C.

Коллектор сваривают из оцинкованных газопроводных труб диаметром 25–28 мм (горизонтальные участки) и вертикальные — диаметром 18–20 мм с расстоянием между ними примерно 150 мм. Трубы коллектора закрепляют на металлическом листе, обеспечивая надежный контакт между ними для улучшения теплопередачи. Этого достигают с помощью хомутов, проволоочных стяжек или пайкой (см. рис. 1. г). Вместо гладкого листа желателно использовать гофрированные кровельные листы из стали или дюралюминия. Сторону листа, обращенную

к солнцу, красят черной матовой краской. Матовый оттенок масляной или эмалевой краске можно придать, если добавить в нее соответственно керосин или бензин. Коллектор с закрепленным к нему листом укладывают в корпус и надежно крепят к нему. Сверху корпус закрывают стеклом толщиной 3 мм или полиэтиленовой пленкой. Между стенкой корпуса и стеклом по всему периметру оставляют зазор в 3 мм для компенсации теплового расширения стекла. Этот зазор заделывают несохнущей (кремниевой) замазкой. В нижней части корпуса необходимо предусмотреть устройство дренажных отверстий для обеспечения стока атмосферных осадков, попавших в коллектор.

В качестве пластины солнечного коллектора можно использовать стандартные стальные панельные радиаторы: штампованные колончатые (МЗ), штампованные змее-

виковые (ЗС) и листотрубные (КЛТ). Поглощающую поверхность радиатора покрывают черной матовой краской, а теньевую оставляют белой (см. рис. 1, д).

Радиатор устанавливают в корпусе и подключают по такой же схеме, что и в системе отопления.

Бак-аккумулятор обычно делают из 200-литровой металлической бочки, приварив к ней четыре патрубка — два снизу для подвода холодной воды и отвода на коллектор, сбоку — на уровне между $\frac{2}{3}$ и $\frac{3}{4}$ общей емкости бака для подвода горячей воды из коллектора и сверху диаметром 15 мм ($\frac{1}{2}$ дюйма) для расширительной трубы. При баке емкостью 200 л плюс емкость трубопроводов площадь солнечных коллекторов должна составить не менее 5 м². в качестве бака-аккумулятора очень удобно использовать теплообменники стандартных емкостных водонагревателей (АГВ, колонок на твердом топливе и т. п.).

Включение солнечного водонагревателя в систему горячего водоснабжения. Солнечный водонагреватель включают в систему горячего водоснабжения по схемам, показанным на рис. 2, а, б. Первая из них — простейшая схема, так называемая одноконтурная термосифонная система, работающая на принципе естественной циркуляции. В этой системе вода, нагретая в солнечных коллекторах, постоянно циркулирует (в течение дня). Горячая вода поступает в бак-аккумулятор и забирает из него более хо-

лодную воду. Бак-аккумулятор по мере расходования горячей воды подпитывается холодной водой от водонапорного бака. Водоразбор горячей воды осуществляется через бойлер или колонку существующей (стационарной) системы горячего водоснабжения.

Бак-аккумулятор имеет расширительную трубу для удаления воздуха и выброса излишков воды.

Двухконтурная термосифонная система работает на таком же принципе, с той лишь разницей, что имеет замкнутый объем первичного теплоносителя (первый контур). Теплопередача осуществляется через змеевик, установленный в баке-аккумуляторе. В верхней точке первого контура установлен герметичный расширительный бак. К достоинствам двухконтурной системы надо отнести большую долговечность за счет замкнутого объема первичного теплоносителя, поэтому трубы солнечных коллекторов меньше зарастают накипью, имеется также возможность использовать антифриз, который не замерзает при отрицательных температурах воздуха.

Солнечные коллекторы устанавливают на южном скате крыши под углом 30–35° к горизонту. Угол установки можно менять в течение лета в зависимости от положения солнца в этот период. В общем коэффициент полезного действия плоских солнечных коллекторов мало зависит от ориентации его на солнце, и поэтому они вполне удовлетворительно работают в рекомендуемом

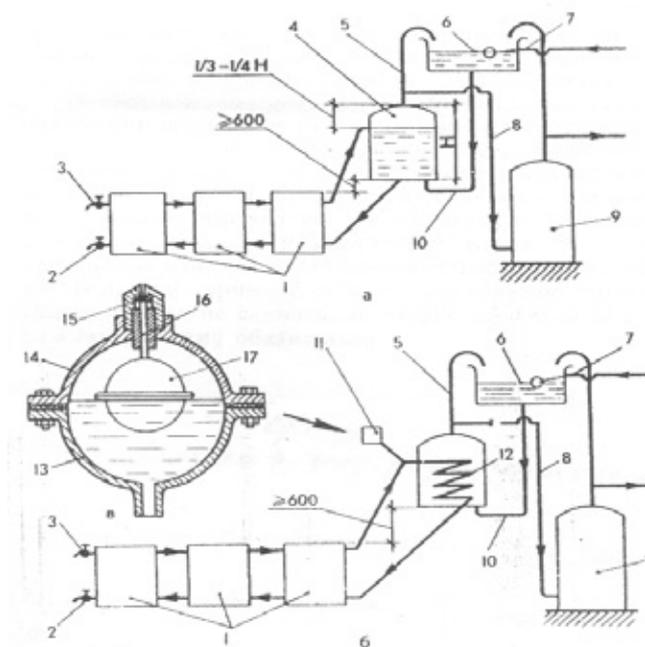


Рис. 2. Схемы подключения солнечного водонагревателя к системе горячего водоснабжения: а — одноконтурная термосифонная система; б — двухконтурная термосифонная система, в — воздухоотводчик (разрез); 1 — плоские солнечные коллекторы; 2 — сливной кран; 3 — дренажный (воздушный) кран; 4 — бак-аккумулятор; 5 — расширительная трубка; 6 — водонапорный бак (существующий); 7 — подводка водопровода с поплавковым клапаном; 8 — линия горячей воды; 9 — бойлер или колонка горячего водоснабжения (существующие); 10 — линия холодной воды; 11 — воздухоотводчик; 12 — змеевик; 13 — корпус; 14 — крышка; 15 — клапан; 16 — шток; 17 — поплавок.

стационарном положении. Основное условие нормального функционирования солнечного водонагревателя — обеспечить установку коллекторов и бака-аккумулятора так, чтобы между верхним уровнем коллектора и дном бака-аккумулятора было расстояние не менее 600 мм. Это расстояние обеспечивает нормальную циркуляцию воды в системе и исключает появление противотока в ночное время. Бак-аккумулятор и подводку горячей воды теплоизолируют. Все трубопроводы и коллекторы устанавливаются так, чтобы они имели некоторый подъем в сторону бака-аккумулятора для обеспечения удаления воздуха, аналогично уклонам, рекомендуемым для системы водяного отопления.

Для удаления воздуха (во время заправки) предусмотрен вентиль в верхней точке крайнего солнечного коллектора, а в нижней сливной кран для опорожнения системы.

Система эта малонапорная, поэтому нагревательный элемент-змеевик бака-аккумулятора двухконтурной системы лучше сделать из оребренной медной трубки диаметром 25–28 мм и длиной около 1 м или использовать одну секцию конвектора «Аккорд» с замкнутым контуром.

Герметичный расширительный сосуд представляет собой воздухоотводчик с поплавком, который при отсутствии воды под собственным весом опущен вниз, и клапан, через который выходит воздух, открыт. По мере наполнения системы водой воздух удаляется через клапан, а затем, когда сосуд заполнится водой, поплавок всплывет и перекроет выход воздуха (см. рис. 2, в). в самодельном

расширительном сосуде можно использовать поплавковый запорный клапан от смывного бачка.

Правила эксплуатации солнечного водонагревателя в основном те же, что и для водяного отопления. Остекленные поверхности солнечных коллекторов следует в течение сезона регулярно очищать от пыли. На зиму систему сливают и при необходимости солнечные коллекторы демонтируют. С этой целью разъемные соединения желательно делать на дюритах (резиновых муфтах) со стальными легкоъемными хомутами. В двухконтурных системах с антифризом первичный контур можно не сливать, но вторичный (водяной) опорожнять на зиму обязательно.

В нашем случае, в условиях г. Карши система теплоснабжения состоящая из солнечных коллектор площадью $S=20\text{ м}^2$ для одноквартирного сельского дома, рассчитанного на проживание семьи из 5 человек площадью 100 м^2 , считая, что отопляемый объем составляет $V=300\text{ м}^3$ полностью обеспечивает в течение апрель-ноябрь месяцы года горячее водоснабжение и отопление.

Суточное потребление воды с температурой 60°C на бытовые нужды составляет 600 л, а температура воздуха в помещениях не ниже 22°C .

Таким образом, при нормативной величине отопительной характеристики для одноэтажных зданий в сельской местности который составляет $Q=0,87\text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$, указанная система теплоснабжения в условиях юга республики Узбекистан может сэкономить около 53–65 МВт ч тепловой энергии в год.

Литература:

1. И. А. Каримов. «Тенденции и перспективы технологий солнечной энергетики». Материалы 6-го заседание азиатского форума солнечной энергии. г. Ташкент. 2013 год 20–23 ноября.
2. Теплоснабжение. под ред. проф. Ионина А. А. — М.; «Стройиздат», — 1994 г. — с. — 336.
3. Теплотехника. под. Рез. Луканина В. Н. — М.; «Высшая школа», — 2003 г. — с. — 671.
4. Соатов, Ф. Исследование и разработка приемников солнечных водонагревательных установок. Автореферат дис. на соиск. к. т. н. ФТИ АН Туркменистана, г. Ашхабад-1978 г. — 22 стр.
5. Вардияшвили, А. Б., Абдурахмонов А. А., Вардияшвили А. А. Ноанъанавий ва қайта тикланидиган энергия манбаларидан фойдаланишда энергия тежамкорлик. Ўқув қўлланма. 9,6 б. т. (184 бет), Қарши «Насаф» нашриёти-2012 й.

Выбор места установки реклоузера

Васильева Татьяна Николаевна, доктор технических наук, профессор;

Мишина Екатерина Сергеевна, магистрант

Рязанский государственный радиотехнический университет

Для повышения надежности электроснабжения потребителей в электрической сети устанавливают вакуумные реклоузеры серии РВА/TEL. Определяя место установки их, выбирают варианты применения и учитывают назначение, конкретные условия, конфигурацию

сети и частоту аварийных событий на данном участке ЛЭП, [1,8]. Основными критериями оптимизации установки являются суммарный годовой недоотпуск электрической энергии, количество и длительность отключений потребителя или группы потребителей, минимизация этих

показателей надежности электроснабжения до и после установки реклоузера.

Если необходимо обеспечить повышение надежности потребителей питающихся от основной линии электропередачи (фидера) используется такой показатель как суммарный годовой недоотпуск электрической энергии $\Delta W_{но}$ (кВт · ч/год). Его рассчитывают по формуле:

$$\Delta W_{но} = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot T \cdot L \cdot P_y \cdot \cos \varphi \cdot k_c, \quad (1)$$

где ω_0 — удельная частота повреждений ВЛ 10 (6) кВ (1/на 100 км в год), T — среднее время восстановления одного устойчивого повреждения (ч), L — длина участка линии (м), S_y — установленная мощность трансформатора потребительской подстанции (кВА); $\cos \varphi$ — коэффициент мощности; k_c — коэффициент спроса.

Если необходимо повысить надежность электроснабжения конкретного потребителя или группы их, учитывают количество и длительность отключений (ω_n , T_n). Их рассчитывают по соответствующим формулам:

$$\omega_n = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot L, \quad (2)$$

где ω_n — количество отключений потребителя в год (1/год), ω_0 — удельная частота повреждений ВЛ 6–10 кВ (1/на 100 км в год), L — длина участка линии (м).

$$T_n = \omega_n \cdot T, \quad (3)$$

где T_n — длительность отключения потребителя в год (ч/год), ω_n — количество отключений потребителя в год (1/год), T — среднее время восстановления одного устойчивого повреждения (ч), [2–8].

При учете только суммарного годового недоотпуска электрической энергии, количества и длительности отключений потребителя или группы их, не учитывают изменения основных параметров электрической сети, зависящие от ее структуры.

После установки реклоузера у части потребителей, включенных по новой схеме, снижается напряжение электрической сети. Потери напряжения часто становятся большими. Положительные и отрицательные отклонения напряжения электропитания потребителей превышают требования ГОСТ 32144–2013 и составляют более 10% от номинального напряжения $U_{ном}$.

Поэтому при установке вакуумных реклоузеров серии РВА/TEL необходимо учитывать отклонения напряжения электрической энергии у потребителя.

Целью исследования являлось совершенствование методики определения оптимального места установки секционирующего реклоузера в электрических сетях воздушных линий напряжением 10 кВ с учётом результатов статистики аварийных режимов и качества электроэнергии предприятий.

Материал и методика исследования. Исследования проводили на двух подстанциях (ПС) ПС №1 и ПС №2 и двух отходящих от них линий, в которые по структуре территориально возможна установка реклоузера.

Определяли электрические нагрузки трансформаторных подстанций (ТП) ТП 10/0,4 кВ дневного и вечернего максимумов нагрузок по формулам:

$$S_d = \frac{P_d}{\cos \varphi_d}; \quad (4)$$

$$S_b = \frac{P_b}{\cos \varphi_b}. \quad (5)$$

где S_d , S_b — полная мощность дневных и вечерних нагрузок соответственно; P_d , P_b — дневная и вечерняя активная мощность; $\cos \varphi_d$, $\cos \varphi_b$ — коэффициент мощности дневных и вечерних нагрузок.

Максимальную расчетную мощность на участках сетей 10 кВ определяли с учетом коэффициентов одновременности K_o , если суммируемые нагрузки не отличались одна от другой более чем в 4 раза, и табличным методом, если отличались более чем в 4 раза

$$P_{d1-2} = K_o (P_{d1} + P_{d2}); \quad (6)$$

$$P_{b1-2} = K_o (P_{b1} + P_{b2}). \quad (7)$$

Исходными данными для исследований являлись: нагрузки конечных мощности дневной P_d и вечерней P_b , длина участков L , марки провода участков ВЛ 10 кВ на участке с учетом времени использования максимальной нагрузки T_{max} .

Определили значения мощностей полной, активной и коэффициента мощностей, соответственно, для дневной и вечерней нагрузок отходящих линий подстанции ПС №1 и ПС №2. При расчетах использовали коэффициенты одновременности и мощности.

Рассчитали текущее значение тока, потерю и отклонение напряжения для максимума нагрузки на каждом участке отходящей линии и на участках отходящих линий подстанций по нарастанию.

Потери электроэнергии определяли методом эквивалентного сопротивления.

По заданным номинальным мощностям трансформаторов определяли, активные и реактивные составляющие сопротивления и потери напряжения. По закону Кирггофа определяли токи на всех участках ПС №1 и ПС №2.

Результаты исследования: В исследуемых воздушных линиях электрических сетей напряжением 10 кВ двух подстанций ПС №1 и ПС №2 и двух отходящих от них линий, по структуре территориально возможна установка реклоузера.

Отходящая линия от подстанции ПС №1 обеспечивает электрической энергией 21 подстанцию. Из них 8 закрытых трансформаторных подстанций (ЗТП), 8 комплектных подстанций (КТП) и 5 мачтовых подстанций (МТП) с силовыми трансформаторами различной мощности от 63 до 400 кВА (рис. 1).

Отходящая линия от ПС №2 обеспечивает электрической энергией 17 подстанций. Из них 8 — ЗТП, 5 — КТП и 4 — ЗТП, оснащенных силовыми трансформаторами различной мощности от 63 до 400 кВА (рис. 2).

Отходящая линия от ПС №1 условно разделена на 8, а ПС №2 на 6 участков. Такое деление обусловлено количеством ответвлений магистрали отходящей линии. Расчет начинают с конечных нагрузок участков ВЛ 10 кВ

для дневных и вечерних нагрузок соответственно по исходным данным (таблица 1).

При расчетах коэффициент одновременности и коэффициент мощности принимают в соответствии с таблицей, [3,4].

Значения мощностей полной, активной и коэффициента мощностей соответственно для дневной и вечерней нагрузок отходящих линий подстанции ПС №1 (таблица 2) и ПС №2 (таблица 3) различаются по участкам до пяти раз.

Отклонение напряжения отходящей линии рассчитывают по уравнению:

$$\delta U = U'_1 - \Delta U'_{m.ГПП} + \delta U_{m.ГПП} - \Delta U'_{л} - \Delta U'_{m.ТП} + \delta U_{m.ТП} \tag{8}$$

где, U'_1 — уровень напряжения на шинах 110 кВ трансформатора каждой подстанции;

$\Delta U'_{т. ГПП}$ — потеря напряжения в трансформаторе подстанции;

$\Delta U'_{т. ТП}$ — потери в трансформаторах i -той линии;

$\delta U_{т}$ — добавка напряжения, создаваемая трансформаторами.

В результате отклонение напряжения на отходящей линии 1 участка 1 подстанции ПС №1 составило:

$$\delta U_1 = 104 - 7,3 + 15 - 4,28 + 5 - 4,25 - 4,23 = 103 \%$$

Аналогично рассчитывают отклонение напряжения на остальных участках отходящих линий подстанций по нарастанию (таблица 4 и 5).

Отклонение напряжения в зависимости от мощности нагрузке на участках различно (рис. 3). Оно возрастает

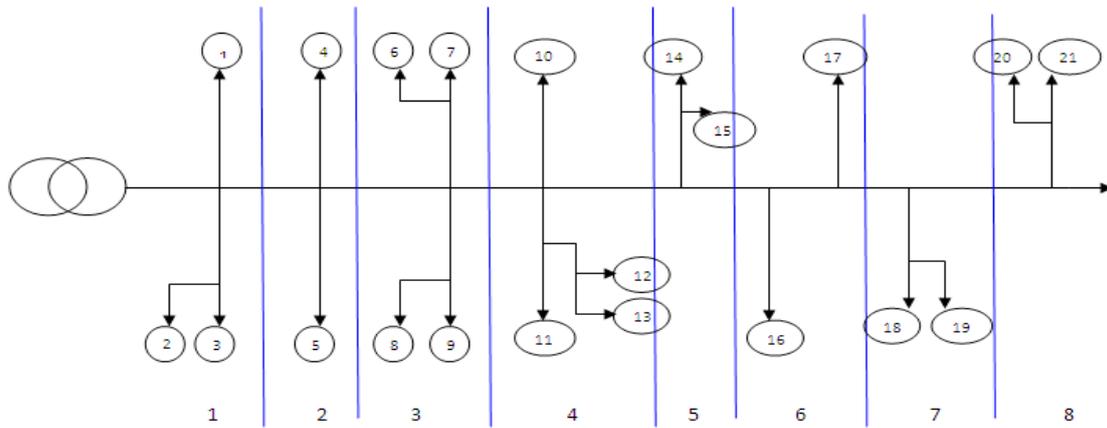


Рис. 1. Расчетная схема для отходящей линии подстанции №1: 1 — ЗТП-400кВА, 2 — КТП-250кВА, 3 — МТП-160кВА, 4 — ЗТП-400кВА, 5 — ЗТП-400кВА, 6 — ЗТП-400кВА, 7 — КТП-250кВА, 8 — МТП-160кВА, 9 — КТП-160кВА, 10 — ЗТП-400кВА, 11 — КТП-160кВА, 12 — МТП-63кВА, 13 — КТП-250кВА, 14 — ЗТП-400кВА, 15 — МТП-250кВА, 16 — ЗТП-400кВА, 17 — ЗТП-630кВА, 18 — КТП-250кВА, 19 — КТП-250кВА, 20 — МТП-100кВА, 21 — КТП-250кВА

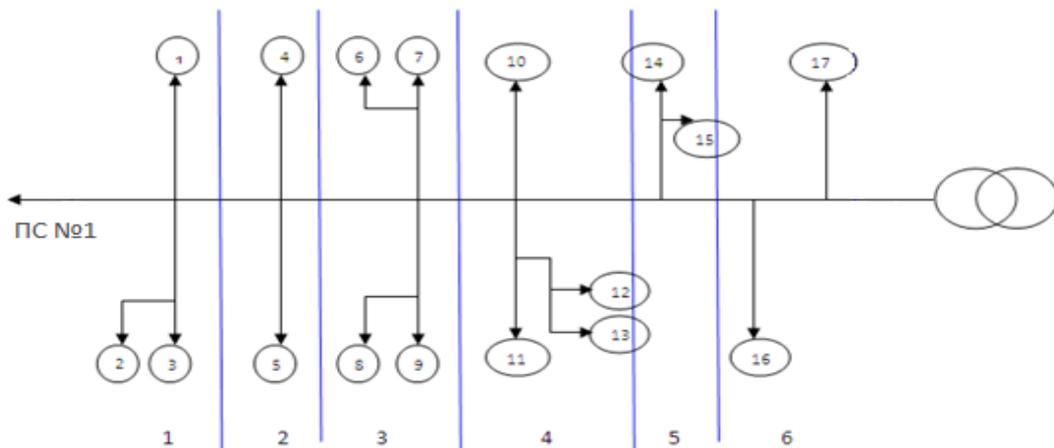


Рис. 2. Расчетная схема для отходящей линии подстанции №2: 1 — МТП-250кВА, 2 — КТП-160кВА, 3 — ЗТП-400кВА, 4 — КТП-250кВА, 5 — ЗТП-250кВА, 6 — ЗТП-400кВА, 7 — КТП-250кВА, 8 — МТП-100кВА, 9 — МТП-63кВА, 10 — ЗТП-400кВА, 11 — КТП-160кВА, 12 — МТП-100кВА, 13 — КТП-250кВА, 14 — ЗТП-400кВА, 15 — ЗТП-400кВА, 16 — ЗТП-400кВА, 17 — ЗТП-250кВА

Таблица 1. Исходные данные отходящих линий подстанций ПС №1 и ПС №2

№ уч.	ПС№1					ПС№2				
	Мощность, кВт		Длина участка, L, км	Марка провода	время максим. нагрузки, T _{max} , час	Мощность, кВт		Длина участка, L, км	Марка провода	время максим. нагрузки, T _{max} , час
	Дневная, P _д	Вечерняя, P _в				Дневная, P _д	Вечерняя, P _в			
1	506	608	4,07	А-50	3600	461	573	4,2	А-50	3750
2	500	690	4,78			383	475	3,1		
3	562	730	8,74			498	625	5,1		
4	496	694	6,5			560	652	4,7		
5	392	470	2,43			548	650	3,5		
6	610	750	5,06			423	525	4,5		
7	287	373	3,22							
8	237	285	3,5							

Таблица 2. Расчетные нагрузки отходящей линии 1 подстанции №1

№Уч	P _д кВт	P _в кВт	κ ₀	cosφ _д	cosφ _в	S _д кВА	S _в кВА
8-7	471,6	592	0,9	0,83	0,91	568,2	650,5
7-6	941	1167,5	0,87			1133,7	1283
6-5	1173	1637,5	0,88	0,83	0,91	1413	1799
5-4	1418,65	1982	0,85	0,83	0,91	1709	2178
4-3	1782,6	2440,8	0,9	0,83	0,91	2147,7	2682,2
3-2	2008,6	2755,1	0,88	0,83	0,91	2420	3028
2-1	2238	2993	0,89	0,83	0,91	2696	3289

Таблица 3. Расчетные нагрузки отходящей линии 1 подстанции №2

№Уч	P _д кВт	P _в кВт	κ ₀	cosφ _д	cosφ _в	S _д кВА	S _в кВА
6-5	855,9	1057,5	0,9	0,83	0,91	1031,2	1162,1
5-4	1246	1502,6	0,88	0,83	0,91	1501,2	1651,2
4-3	1500	1829,7	0,86	0,83	0,91	1807,2	2010,6
3-2	1694,7	2074,2	0,9	0,83	0,91	2041,8	2279,3
2-1	1875,5	2647,2	0,87	0,83	0,91	2259,6	2909

Таблица 4. Значения токов и потери напряжения на каждом участке линии

№	1	2	3	4	5	6	7	8
I, A	38.7	43.8	46.4	44.1	29.9	47.6	23.7	18.1
ΔU, B	184.5	247	478,5	338,2	85,7	285	90	74,7
ΔU _%	1,9	2,5	4,8	3,4	0,9	3	0,9	0,7
δU _%	+3	+2,3	-1	-2,4	-5	-5,3	-6,1	-8,4

Таблица 5. Значения токов и потери напряжения на каждом участке линии ПС №2

№	1	2	3	4	5	6
I, A	39,8	33	43,4	45,3	45,1	36,5
ΔU, B	192,4	117,6	254,5	244,8	181,5	188,7
ΔU _%	1,9	1,2	2,5	2,5	1,8	1,8
δU _%	+2,0	+0,3	-1,4	-3,4	-5,5	-7,3

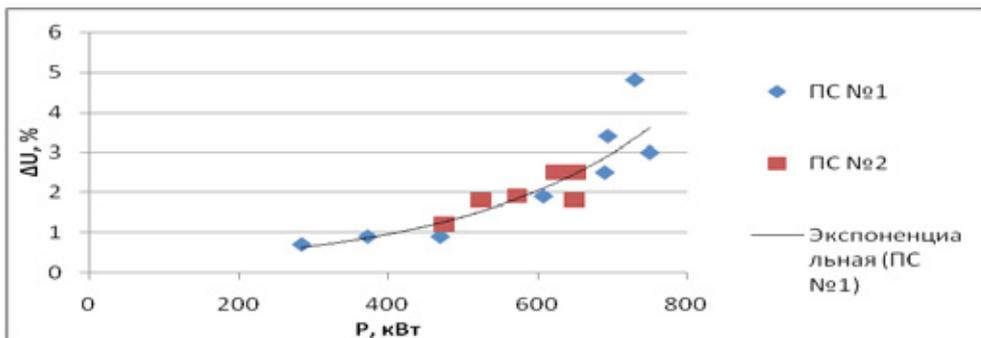


Рис. 3. Зависимость изменения отклонения напряжения от нагрузки и протяженности отходящей линии подстанций 1 и 2

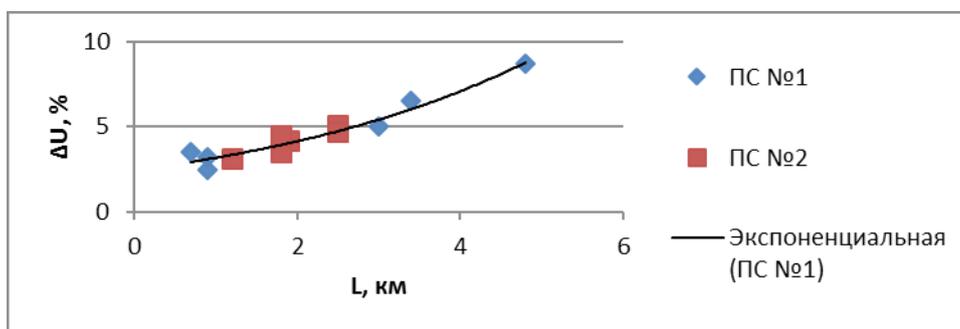


Рис. 4. Зависимости изменения отклонения напряжения от протяженностей отходящей линий подстанций 1 и 2

с увеличением мощности нагрузки. Наибольшее значение отклонения для отходящей линии 1 как ПС № 1, так и ПС №2 соответствует участкам 3 и 4.

Для определения потери электроэнергии распределительную сеть заменяют одним эквивалентным сопротивлением $R_э$ и нагрузкой (током, полной мощностью), равной нагрузке головного участка $I_{гв}$ в режиме наибольших нагрузок. При этом, значение эквивалентного сопротивления должно быть таково, что потери электроэнергии в нем равны нагрузочным потерям в реальной сети. Эквивалентное сопротивление представляет два последовательных эквивалентных сопротивления, отражающих потери энергии в линиях $R_{эл}$ и трансформаторах $R_{эТ}$.

Потери электроэнергии в сети определяют по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta W &= \Delta W_{л} + \Delta W_{т} = 3\tau \sum_{i=1}^n I_{л2}^2 R_{л2} + 3\tau \sum_{j=1}^n I_{м1}^2 R_{м1} = \\ &= 3I_{гв}^2 R_{т} + 3I_{м}^2 R_{эТ} \tau \end{aligned} \quad (9)$$

где $\Delta W_{л}$, $\Delta W_{т}$ — потери энергии в линиях и трансформаторах соответственно;

$I_{л}$, $R_{л}$ — ток и сопротивление участка линии;

$I_{т}$, $R_{т}$ — ток и сопротивление трансформатора;

n , m — количество участков линии и трансформаторов соответственно.

Эквивалентные сопротивления линий и трансформаторов определяют по формулам:

$$R_{эл} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ли}^2 R_{ли}}{I_{гв}^2} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{эл} r_{iэ}^2 S_{иТ}^2}{\left(\sum_{i=1}^n r_{iэ} S_{иТ}\right)^2}; \quad (10)$$

$$R_{эл} = \frac{\sum_{j=1}^n I_{тj}^2 R_{тj}}{I_{гв}^2} = \frac{\sum_{j=1}^n R_{эТ} r_{jэ}^2 S_{jТ}^2}{\left(\sum_{j=1}^n r_{jэ} S_{jТ}\right)^2} \quad (11)$$

где $S_{ти}$ — установленная мощность трансформаторов, подключенной к линии i ;

$r_{эли}$ — коэффициент загрузки линии, равной отношению мощности нагрузки головного участка $S_{гв}$ к мощности $S_{ти}$, определяют выражением:

$$r_{эли} = S_{гв} / S_{ти} \quad (12)$$

По заданным номинальным мощностям трансформаторов, определяют активные и реактивные сопротивления, активную и реактивную составляющие потери напряжения:

$$r_{Т} = \frac{U_{а\%} U_{Н}^2}{100 S_{Н}} \quad (13)$$

$$x_{Т} = \frac{U_{р\%} U_{Н}^2}{100 S_{Н}} \quad (14)$$

$$U_a \% = \frac{\Delta P_{кз}}{S_H} \cdot 100; \tag{15}$$

$$U_p \% = \sqrt{(U_{к\%})^2 - (U_{а\%})^2} \tag{16}$$

Рассчитывают первоначально полное, активное и реактивное сопротивления для трансформаторов каждой номинальной мощности. Нагрузку всей линии распределяют пропорционально номинальным мощностям трансформаторов, подключенных к сети. Суммарная номинальная мощность трансформатора ПС № 1 равна 5893 кВА, а ПС № 2—4483 кВА.

Токи на всех участках ПС № 1 составили: $I_7=12$ А, $I_6=30,1$ А, $I_5 = 19$ А, $I_4 = 25,5$ А, $I_3 = 28,3$ А, $I_2 = 23,3$ А, $I_1 = 23,6$ А, а на участках ПС № 2: $I_6=26,7$ А, $I_5 = 33$ А, $I_4 = 37,5$ А, $I_3 = 33,5$ А, $I_2 = 20,6$ А, $I_1 = 33,4$ А.

Сопротивление в проводах определяют отдельно на каждом участке и на отходящих линиях ПС № 1 и ПС № 2:

$$r_{л} = r_0 l; \tag{17}$$

$$x_{л} = x_0 l; \tag{18}$$

$$z_{л} = r_{л} + jx_{л}. \tag{19}$$

Рассчитывают эквивалентное сопротивление линии и трансформаторов соответственно:

$$R_{эл} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{li}^2 \cdot R_{li}}{I_{cy}^2} = 2 \text{ Ом}$$

$$R_{ст} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{Ti}^2 \cdot R_{iT}}{I_{cy}^2} = 3,27 \text{ Ом.}$$

Время наибольших потерь электроэнергии для подстанций определяют по формуле:

$$\tau_1 = (0,124 + \frac{3600}{10000})^2 \cdot 8760 = 2052 \text{ час;}$$

$$\tau_2 = (0,124 + \frac{3750}{10000})^2 \cdot 8760 = 2181 \text{ час.}$$

Годовые потери электроэнергии на всей отходящей линии каждой подстанции составили (рис. 4):

$$\Delta W_1 = 3I_{гy}^2 R_{эд} \tau + 3I_{гy}^2 R_{ст} \tau = 3 \cdot 172^2 \cdot 2 \cdot 2052 + 3 \cdot 172^2 \cdot 3,27 \cdot 2052 = 960 \text{ МВт ч;}$$

$$\Delta W_2 = 3I_{гy}^2 R_{эд} \tau + 3I_{гy}^2 R_{ст} \tau = 3 \cdot 184,8^2 \cdot 0,71 \cdot 2181 + 3 \cdot 184,8^2 \cdot 4,85 \cdot 2181 = 1233 \text{ МВт ч.}$$

Объем электрической энергия, переданной за год через головной участок каждой подстанции, равен:

$$W_1 = P_{нбгy} \cdot T_{нбр} = \sqrt{3} U I_{2-1} \cos \varphi T_{max} = 9748 \text{ МВт} \cdot \text{ч;}$$

$$W_2 = P_{нбгy} \cdot T_{нбр} = \sqrt{3} U I_{2-1} \cos \varphi T_{max} = 9778 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Потери электрической энергии (в процентах от переданной энергии) составили:

$$\Delta W_1 \% = \frac{\Delta W}{W} \cdot 100\% = \frac{960}{9748} \cdot 100 = 9,85\%;$$

$$\Delta W_2 \% = \frac{\Delta W}{W} \cdot 100\% = \frac{1233}{9778} \cdot 100 = 12,6\%.$$

Для определения наиболее эффективного места расположения реклоузера с учетом суммарного годового недоотпуска электрической энергии, количества и длительности отключений потребителя или группы потребителей, отклонений напряжения на участках электрической сети в зависимости от ее структуры составляют однолинейную схему двух подстанций (рис. 7).

При возникновении аварий на каком-либо участке линии электропередачи с установленным секционирующим реклоузером дальнейшее развитие последствий возможно по нескольким вариантам. При коротком замыкании за местом размещения секционирующего реклоузера защитный механизм его отключит поврежденную часть линии и, с помощью устройства автоматического повторного включения (АПВ), он сделает попытку повторного включения линии, которая, по статистике, в 70% случаях бывает успешной. При отсутствии секционирующего реклоузера в данном случае сработает защита в начале линии и она вся будет отключена, а с установленным секционирующим реклоузером, если повторное включение АПВ в начале линии окажется успешным, то часть линии электропередачи до реклоузера останется под напряжением, а часть

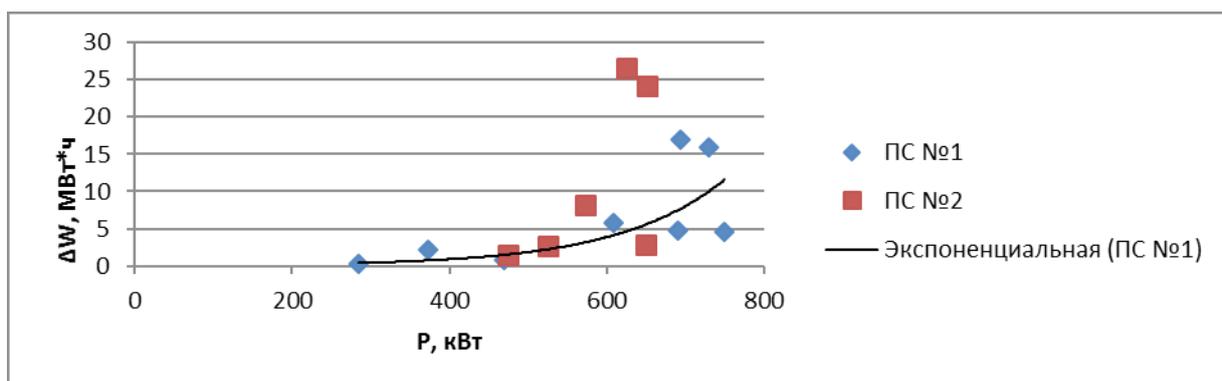


Рис. 5. Зависимость годовых потерь электроэнергии от нагрузки отходящей линии подстанций

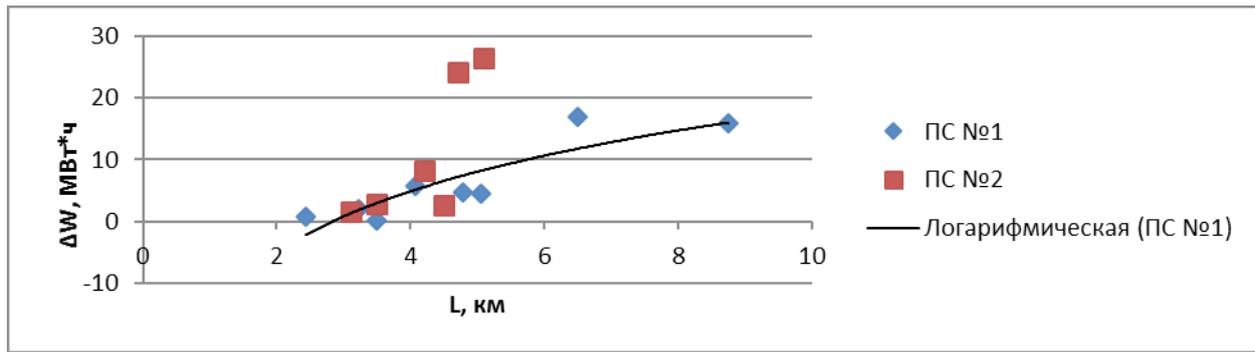


Рис. 6. Зависимость годовых потерь электроэнергии от протяженности отходящей линий подстанций

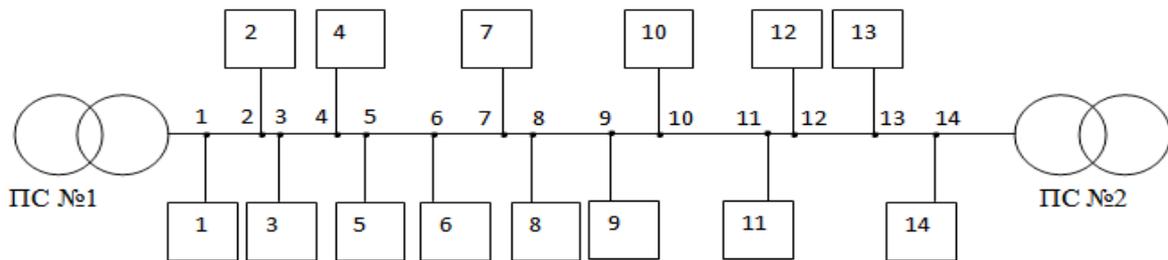


Рис. 7. Структурная схема включения реклоузера

линии за секционирующим реклоузером будет отключенной. Меняя место установки секционирующего реклоузера относительно источника электроэнергии, зоны электропередачи увеличивают или уменьшают. Недоотпуск электроэнергии потребителям и длительность ремонта уменьшается примерно вдвое за счет сокращения зоны поиска повреждения.

Определяют максимальный возможный недоотпуск электроэнергии при различных вариантах размещения секционирующего реклоузера на ЛЭП с отпайками на участках 1...14 и выбирают вариант, при котором недоотпуск электроэнергии и потери электроэнергии на самом загруженном участке будут минимальными.

Выводы: Недоотпуск электроэнергии, время ликвидации нарушения электроснабжения и отклонение напря-

жения, как показали расчеты, будут минимальными, если секционирующий реклоузер установить на участке 8–9 линии электропередачи, и максимальными, если секционирующий реклоузер установить на участке 3–4 линии. Первому варианту соответствует и наименьшая разница во времени устранения повреждения.

Предложения: При выборе оптимального места установки секционирующего реклоузера нами предлагается вычисление вероятной величины недоотпуска $\Delta W_{\text{но}}$ электроэнергии при авариях в зонах его защиты.

При этом необходимо учитывать величину недоотпуска электроэнергии при аварии на линии, конфигурацию сети, распределение мощности потребителей и потери напряжения по длине отходящей линии электропередачи.

Литература:

1. Правила устройства электроустановок. — По состоянию на 1 февраля 2008 г. — М.: КНОРУС, 2012. — 488 с.
2. Васильева, Т.Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения/Васильева Т.Н. — М.: Горячая линия — Телеком, 2014. — 152 с.: ил.
3. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства/Лещинская Т.Б., Козлов А.В. — М.: Колос, 2007. — 538 с.
4. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие/А.А. Герасименко, В.Т. Федин. — Ростов-н/Д.: Феникс, 2006. — 720 с.
5. Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: методическое пособие для курсового проектирования/Шеховцов В.П. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. — 214 с.
6. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства/Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов // — КолосС. — 2008. — 656 с.
7. Реклоузер вакуумный серии РВА/TEL. // Техническое описание продукции каталога. — URL: <http://tavrida.ru/doc/?167> (Дата обращения 05.04.2014).

Экспертиза промышленной безопасности конструкций козлового крана

Гарькин Игорь Николаевич, ассистент;
 Еркин Дмитрий Валерьевич, студент;
 Наумов Валерий Александрович, инженер
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассматривается, на реальном примере, метод проведения экспертизы промышленной безопасности козлового крана грузоподъемностью 12 т. Настоящая статья открывает цикл статей, посвященный проведению экспертизе промышленной безопасности (обследованию) различных грузоподъемных механизмов.

Ключевые слова: обследование конструкций, экспертиза промышленной безопасности, техническое устройство, козловой кран.

В ходе работ по обслуживанию кранового хозяйства предприятий, важно периодически (раз в 5 лет) проводить экспертизу промышленной безопасности (ЭПБ) [1..3] технических устройств в т.ч. различных грузоподъемных механизмов.

Козловые краны — это грузоподъемные механизмы мостового типа, мост которых смонтирован на опоры, перемещающиеся по рельсам, установленным на бетонные фундаменты. Грузоподъемностью данные краны бывают от 5 до 100 тонн. В настоящее время использование козловых кранов особенно распространено на складах готовой продукции предприятий по производству строительных материалов. В то же самое время, большинство из них обладают большим физическим износом, что негативно сказывается на безопасности обслуживающего персонала [4]. На рис. 1 приведен общий вид козлового

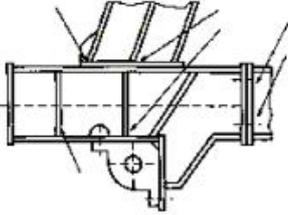
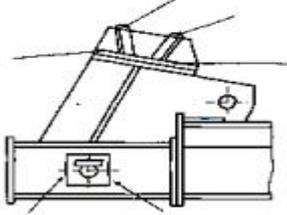
крана (г/п 12 т.). Приведём наиболее распространённые дефекты козлового крана:

1. Трещины в металлоконструкциях крана;
2. Не исправна тормозная система крана;
3. Не исправность концевых выключателей;
4. Несоответствие электропроводки требованиям ПУЭ;
5. Отсутствие заземления контроллеров;
6. Деформации элементов решетчатых конструкций;
7. Деформации элементов листовых конструкций;
8. Смятие проушин и выработка отверстий в шарнирах;
9. Скручивание продольных балок крана, свыше допустимого предела (рис. 3);
10. Наличие работоспособного заземления кранового пути (рис. 2).



Рис. 1 Общий вид козлового крана (г/п 12 т.)

Таблица 1. Элементы металлоконструкций некоторых типов козловых кранов, рекомендуемые для проверки при проведении работ по обследованию

	
<p>Узел крепления опоры к ходовой тележке козлового крана КДКК-10.</p>	<p>Узел крепления опоры к ходовой тележке козлового крана ККС-10.</p>

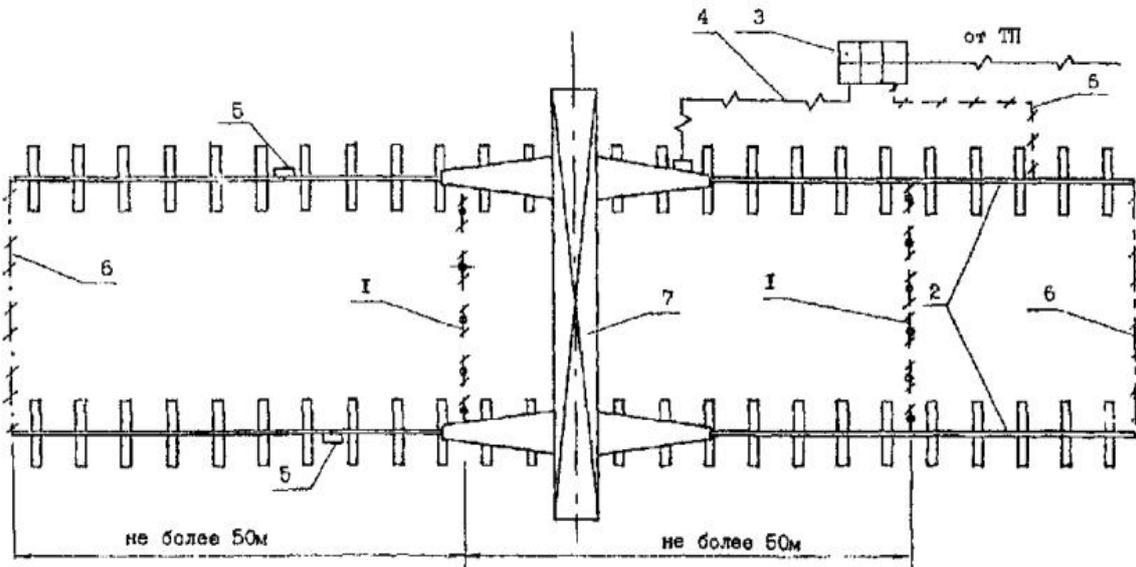


Рис. 2. Схема заземления кранового пути (согласно РД10-117-95)

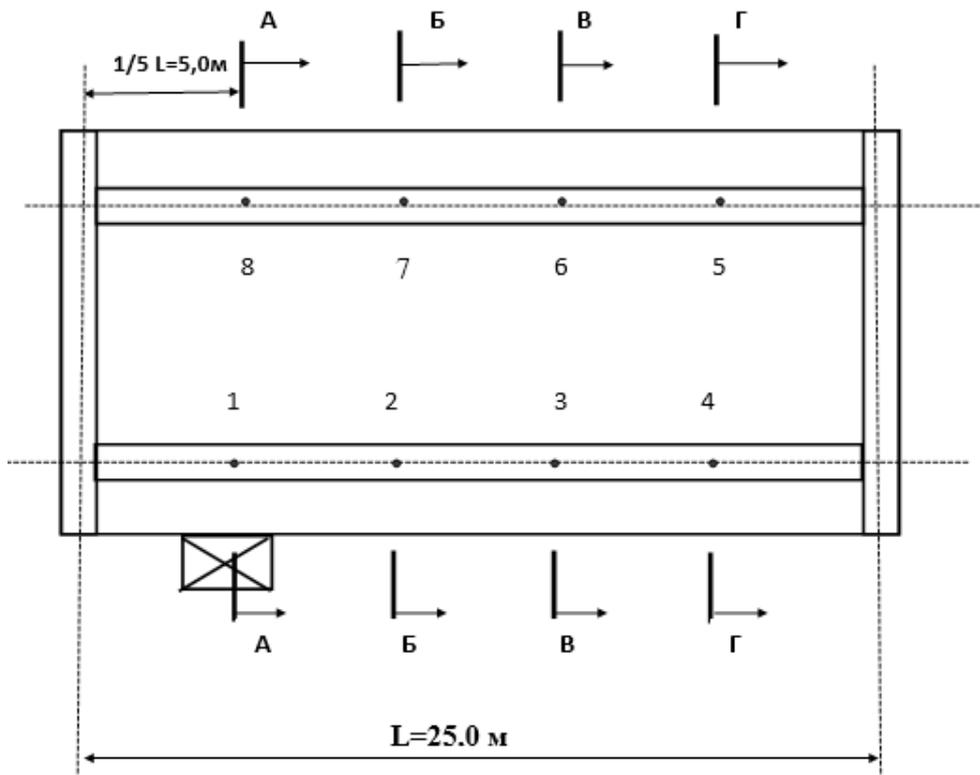


Рис. 3. Пример определения скручивания продольных балок козлового крана

При наличии хотя бы одного из вышеперечисленных дефектов эксплуатация козлового крана запрещается, до устранения всех замечаний. Работы по ремонту отдельных элементов крана должна выполнять специализированная служба (внутри предприятия) отвечающая за содержания кранового хозяйства в работоспособном состоянии. Либо работы должна выполнять специальная, сторонняя организация, имеющая все необходимые лицензии и аккредитации для ведения ремонтных работ.

Крайне важно вовремя выявить дефекты для предотвращения аварии и гибели людей. Во время ЭПБ крана рассчитывается фактический физический износ крана, с целью определения его дальнейшей эксплуатации. По усмотрению экспертной организации заключение ЭПБ может даваться на срок менее 5 лет.

Для повышения безопасной эксплуатации авторы предлагают использовать ряд наработок учёных Пензенского государственного университета архитектуры и строительства [5,6].

Литература:

1. Фадеева, Г.Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений: характерные проблемы [Текст] // Молодой ученый. — 2014. — №4. — с. 285–286.
2. Гарькин, И. Н., Гарькина И. А. Системные исследования при технической экспертизе строительных конструкций зданий и сооружений // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — №3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13139> (дата обращения: 19.05.2014).
3. Фадеева, Г.Д. Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности промышленных кирпичных труб [Текст] // Молодой ученый. — 2014. — №11. — с. 122–125.
4. Фадеева, Г.Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Анализ причин несчастных случаев на строительных предприятиях Пензенской области // Современные научные исследования и инновации. — Июнь 2014. — №6 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/06/35594> (дата обращения: 09.06.2014).
5. Данилов, А. М., Гарькин И. А., Гарькин И. Н. Защита от удара и сопровождающей вибрации: экспоненциально-тригонометрическая аппроксимация функций // Региональная архитектура и строительства. 2012 — №3. — с. 85–89
6. Данилов, А. М., Гарькин И. А., Гарькин И. Н. Управление объектами на подвижном основании: оптимизация конструктивной и структурной схем // Региональная архитектура и строительства. — 2014. — №3. с. 102–108

Plastic cards and degree of protection cards

Гоголева Марина Алексеевна, кандидат педагогических наук, доцент;

Грачева Анастасия Владимировна, аспирант

Донской государственный технический университет, филиал в г. Шахты (Ростовская область)

Gogoleva M. A., Candidate of pedagogic sciences, Assistant Professor;

Grachyova A. V., post graduate student

The Institute of Service and Business (branch) of Don State Technical University Shachty

With the development of modern banking system in Russia and in the conditions of stabilization of the financial market, there is an active introduction of bank cards in payment transactions of the country. Operations with bank cards are among the most profitable banking activities. The Issue and service of cards are coordinated by different payment systems. Banking is one of the oldest classes of mankind. Today there are many services provided by banks to their customers. One of the fastest growing types of services is issuing plastic cards. This explains the relevance of the topic of plastic cards, as well as an increased interest to the subject of plastic cards and cashless payment.

Keywords: bank card, plastic card, Visa, Master Card, Union Pay, banking, defense.

Modern banking system provides the ability to make payments promptly with plastic cards. Currently, plastic cards are widely used not only in the banking sector, but also wherever needed to perform transactions to pay for a wide variety of goods and services, including the purchase of products in supermarkets, shops, services in hotels, restaurants, mobile communications and the Internet; where there

is need to confirm the identity of the person, obtain the necessary information about the concrete person and commercial facilities, etc.

Today, plastic cards carry a lot more functions than their «ancestors», which were made of cardboard. According to some sources, the first credit cards were used by Mobil Oil (General Petroleum Corporation of California) to pay for pe-

troleum products sold to retail customers [1]. According to other sources, the first cards were introduced at the enterprises of restaurants and shopping segment, and then at gas stations [2]. Clearly, these cards' life is small, over time the material of their manufacture has been replaced by a metal. So, in 1928, the company Farrington Manufacturing began issuing its VIP-clients metallic embossed cards with individual data on them.

In all these relationships there were two sides — the seller and the buyer, we did not see the third side — a financial intermediary. The closest prototype of the modern plastic cards is a system Charge-it, developed in 1946 by J. S. Biggs. According to this system, customers in stores left personal notes which were taken into account in the banks by debiting the necessary amounts from the accounts of the respectable clients.

Further historical development of cards is usually associated with the system of Diners Club, founded in 1950. Solid restaurants offered their patrons a loan made by the issuance of original loan books. It is clear that each institution had its own book. The idea of business was to replace a large number of documents of various restaurants by one card Diners Club. For a long time, Diners Club was a kind of monopoly, but in 1958 two other companies — Carte Blanche and American Express (AmEx) began to offer similar products.

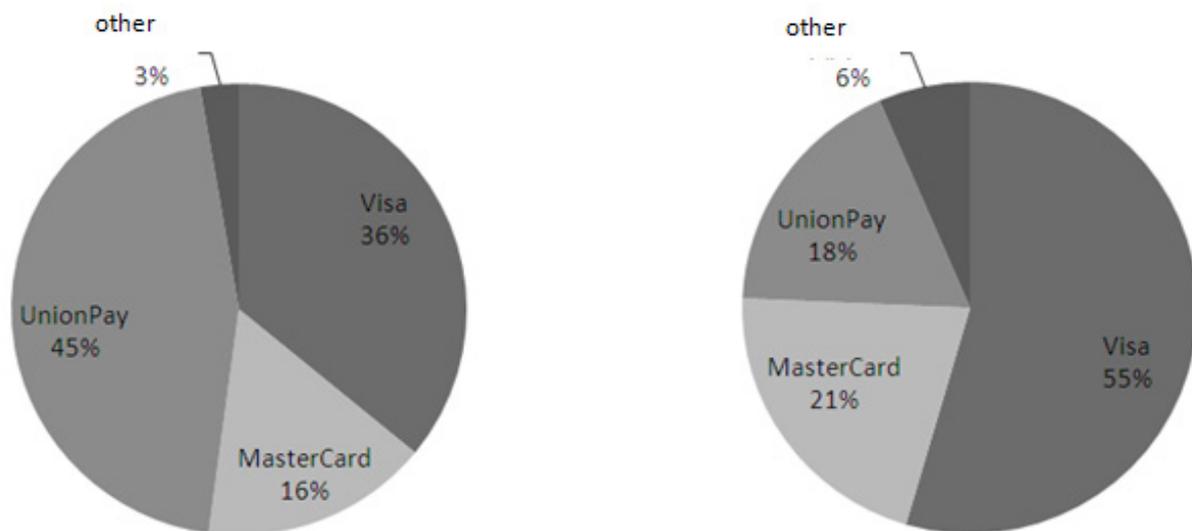
Since the 60s bank credit cards received the active development. The largest banks offering such products were Bank of America and Chase Manhattan Bank.

In fact, the beginning of the 70s of the XX century the market of plastic cards of America was controlled by two major associations — Interbank Card Association and National Bank Americard Incorporated, which eventually switched to using existing and now brands — MasterCard and VISA, respectively.

The first card of foreign payment system served in the Soviet Union was a card Diners Club. Commercial production of plastic cards began in the 90s after the collapse of the Soviet Union [2].

In the early 90s the first domestic payment systems were created in Russia. Among the existing now there is STB, Ltd. Processing Company «Union Card» Golden Crown. It is worth noting that one of the largest domestic payment systems, created by Sberbank in 1993, Sbercards was voluntarily liquidated in August 20, 2012.

Considering the global trends, it is necessary to note the broad expansion of the Chinese payment system Union Pay. It was created relatively recently (in 2002) with the generous support of the People's Bank of China, currently it has partnership agreements with more than 8 million companies in 135 countries. World statistics of leading payment systems is shown in Figure 1.



The share of international payment systems from the total number of bank cards in circulation is on the left, and the volume of transactions is depicted on the right.

In Russia, Union Pay payment system does not have a significant distribution yet, although it has been on the domestic market since 2007. Technical characteristic of these cards is their inability to be used on standard banking terminals, which greatly restricts the penetration through the world, including Russia.

Thus, the evolution of bank cards for the past 100 years was largely predetermined by technological progress, one can notice the move to less resourceful technologies in the

production of cards (plastic), and in their service by electronic document.

Modern manufacturing techniques and protection of plastic cards allow to store and transmit information in them safely, protect them from unauthorized access and use.

There are many ways to protect plastic cards. These methods constitute the technical and information sides of the cards' defense. The technical side is protection against mechanical impacts of the cards, and information side is protection of the cards from counterfeiting.

Mechanical protection is designed to save the cards from wear and tear, mechanical and thermal damage and damage

caused by faulty operation of ATMs, thus prolonging the use of these cards. The most common methods of mechanical protection of plastic cards are cards with UV varnish coating and laminating protective polyester film.

The process of painting card is to cover the card by special UV lacquer and dry it in a special dryer under UV light. Usually lacquer is glossy or matte and lifespan of these cards is low.

Unlike varnish laminating is a reliable barrier against any contamination or mechanical damage and provides longer life. While manufacturing of laminated cards plastic card with two sides is covered by protective film and baked it with plastic. Lamination allows you to add into the card various types of personal data, microchips and even GPS-sensors. Lamination should be done only after the completion of all work related to the introduction of personal data.

Besides laminating and varnishing there are additional elements of mechanical protection of cards which perform the same functions.

In the process of manufacturing of plastic cards personalization is carried out simultaneously, which minimizes the possibility of using the card by third parties in case of loss or theft. Personal protection means tying cards to a specific person to whom it belongs. That is why individual data about its owner is written on the card.

At the moment there are quite many varieties of personal protection. They are:

- embossing;
- numbering;
- PIN-code;
- Scratch-band;
- band for personal signature;
- barcode;
- hologram;
- microchip;
- QR-code;
- magnetic stripe, etc.

Each of these security features has its advantages and disadvantages. They also differ in the degree of protection: some have stronger protection, others weaker (or disposable). We

are going to consider each of these elements in more detail personal protection.

One of the elements of personal protection is embossing. Its essence lies in the fact that different alphanumeric information is displayed on the front side of the card by means of mechanical squeezing by means of special devices — embossers. These convex data may be painted in gold, silver or other colors, and this process is called typing. Another method of applying the information is numbering, which is covered by sublimation printing. For example, the name of the owner, the card number, etc.

PIN code is an analog of a password, but the only difference is that for the PIN-code only numbers are used, and for a password both numbers and letters can be used. PIN code, as usual, is composed of four-digital combination of numbers and used during the transaction for authorization or confirmation of an electronic signature request. In its turn, it should be noted that Scratch-band is used for the disposable protection of PIN-code, it is easily erased by the edge of a coin.

Barcode is not new for us. Today it can be met on each packaging in the shops. It contains information enciphered in the form of black-and-white stripes, and also includes figures in various combinations. As a rule, such international standards of bar coding as EAN 8, EAN 13, Code 39 are used.

QR-Code is a two-dimensional bar code. A hologram is a three-dimensional image, which is made on the basis of self-destroying and cannot be reused. This method of protection is more efficient, since it cannot be transferred to a fake and not restored after the destruction when trying to remove the label from the card.

All methods of protection mentioned above are to some extent, on the one hand, replicate and, on the other hand, differ from each other. For example, enciphered information by the means of one device cannot be read by another device.

Thus, it becomes clear that modern technology and the protection of plastic cards are very diverse and are able not only to ensure the security of the card, but also to increase its service life.

References:

1. Илясов Д. О. Пластиковые карты как перспективный платежный инструмент в РФ // Интеллектуальный потенциал XXI века: степени познания. — 2012. — № 10–2. — с. 105–110.
2. Эзрох Ю. С. Банковские пластиковые карты: экономическая эволюция и конкуренция // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. — 2013. — № 3 (6). — с. 53–56.
3. Вареникова Е. С., Абышева А. В. Банковские пластиковые карты как платежный инструмент этапа электронных денег // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. — 2012. — № 15. — с. 200–204.

Добавка синтез-газа, полученного на борту автомобиля, к основному топливу

Головачев Анатолий Викторович, магистрант
Волгоградский государственный технический университет

В данной статье предложена схема конверсии синтез газа из метанола на борту автомобиля за счет теплоты отработавших газов двигателя. Приведены данные полученные в ходе эксперимента по замеру температуры отработавших газов бензинового двигателя. Выполнен расчет возможной процентной добавки синтез газа.

Ключевые слова: синтез-газ, метенол, добавка к основному топливу.

В настоящее время остро стоят проблемы экономии топлива и улучшения экологических характеристик автомобильных двигателей. Одним из вариантов удовлетворения растущим требованиям является использование синтез-газа как добавки к основному углеводородному топливу. Широкая сырьевая база делает этот вид топлива достаточно доступным, а присутствие в составе свободного водорода предполагает хорошие показатели процесса горения. Для использования синтез-газа в качестве добавки к топливу наиболее целесообразно получать синтез-газ непосредственно на борту автомобиля. Перспективным представляется получение синтез-газа из метанола. Реакция образования синтез-газа из метанола эндотермическая. В качестве источника теплоты для этой реакции можно использовать отработавшие газы двигателя, при этом появляется возможность осуществлять термохимическую регенерацию части теплоты в цикле двигателя. Разработанная схема генератора синтез-газа (рисунок 1), использующего теплоту отработавших газов двигателя и монтируемого непосредственно на автомобиле. [1]

Для подтверждения возможности генерации необходимого количества синтез газа из метанола на борту автомобиля были проведены эксперименты, целью которых было измерение температуры отработавших газов двигателя ВАЗ 11194. Для реакции термической конверсии метанола требуется температура 850...950°C. При таких температурах реакции возможность получения синтез-газа за счет теплоты отработавших газов двигателя сильно ограничена. Однако применение катализаторов позволяет понизить требуемую температуру реакции до 500, а в некоторых случаях и до 350°C, что существенно расширяет диапазон генерации необходимого количества синтез-газа на борту автомобиля для его непосредственной добавки к основному углеводородному топливу. [2]

Результаты эксперимента приведены в таблицах 1,2 и представлены на рисунке 2. При проведении эксперимента были выбраны режимы работы двигателя, которые соответствуют среднестатистической эксплуатации автомобиля в городе.

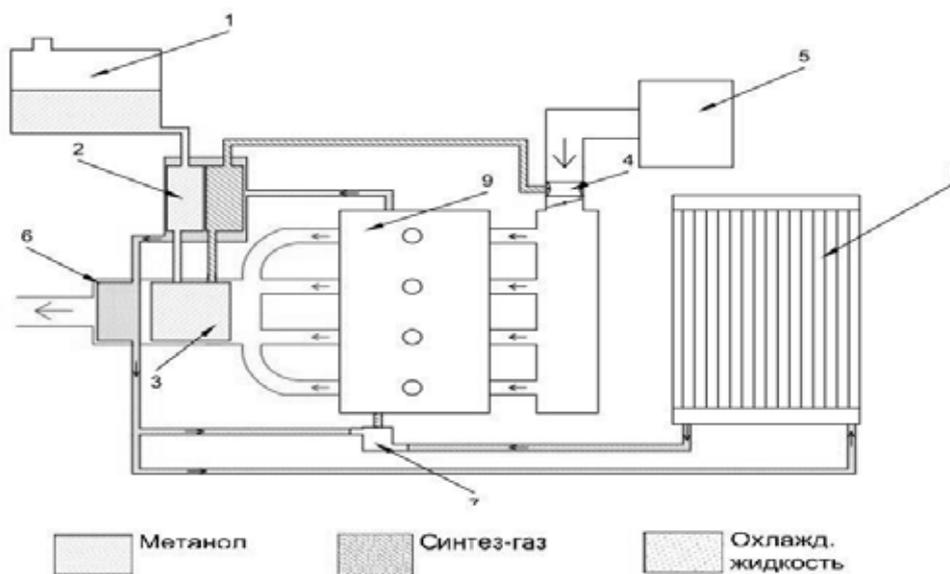


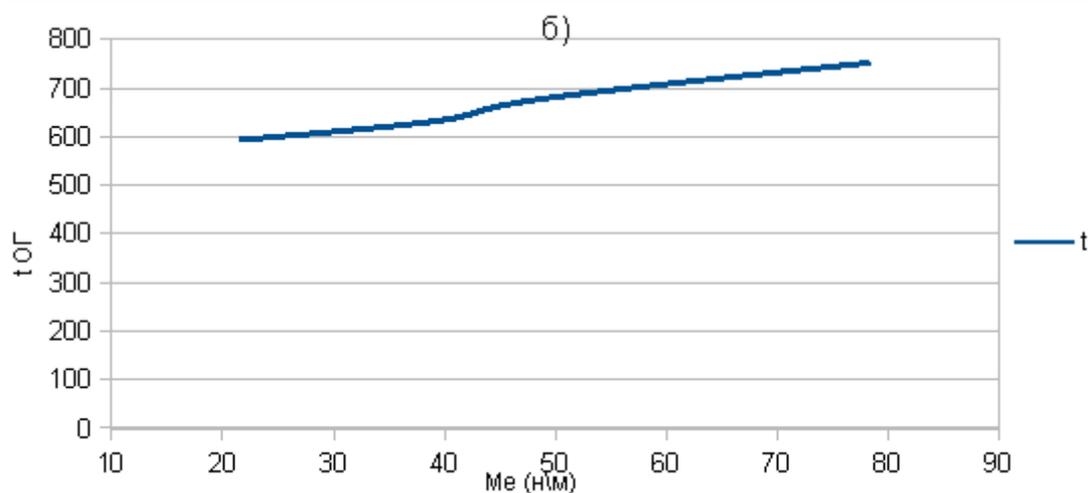
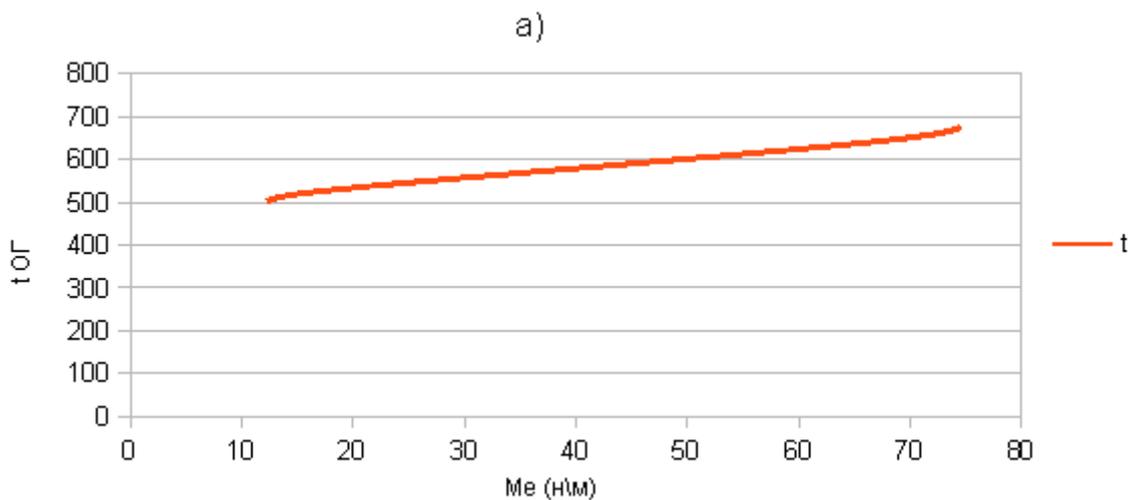
Рис. 1. Схема конверсии метанола в синтез-газ на борту автомобиля: 1 — Бак для метанола. 2 — Теплообменник для подогрева метанола и охлаждения синтез-газа. 3 — Реактор конверсии метанола в синтез-газ. 4 — Смесительное устройство. 5 — Воздушный фильтр. 6 — Подогреватель охлаждающей жидкости. 7 — Термостат. 8 — Основной радиатор. 9 — Двигатель

Таблица 1. Зависимость температуры ОГ от нагрузки на двигатель и оборотов коленчатого вала.

№ опыта	N, мин ⁻¹	Me, Н/м	Gt, л/ч	Gв, Кг/ч	t, С
1	840	0	0,85	8,7	376
2	2000	12,2	2,23	23,4	502
3	2000	14,7	2,28	24,2	518
4	2000	29,4	3,33	34,5	556
5	2000	64,7	5,5	57	636
6	2000	74,5	6,15	62,2	677
7	3000	21,5	3,9	42	593
8	3000	44,1	6,07	65	635
9	3000	48	6,13	65,7	675
10	3000	78,4	8,88	90,6	752

Таблица 2. Зависимость температуры ОГ от оборотов коленчатого вала при постоянной нагрузке

№ опыта	N, мин ⁻¹	Me, Н/м	Gt, л/ч	Gв, Кг/ч	t, С
1	1640	40	3,15	32	542
2	1960	40	3,9	41	562
3	2540	40	4,25	50	608
4	3120	40	5,7	60,6	668
5	3600	40	6,72	75,4	736



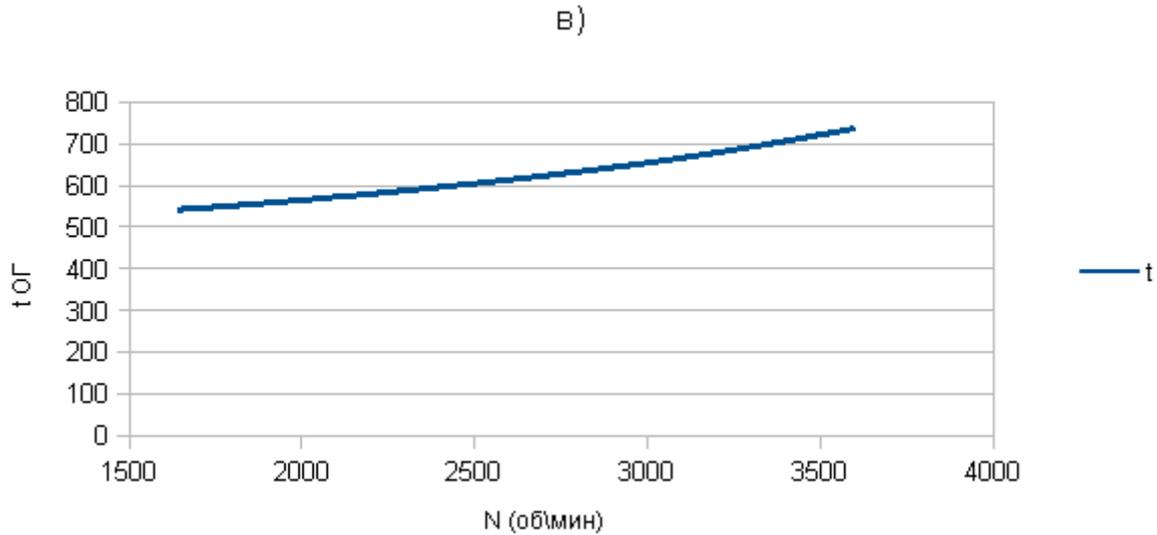


Рис. 2. Графики зависимости t_{ог} от: а) нагрузки на двигатель при 2000 об \ мин. б) нагрузки на двигатель при 3000 об \ мин. в) оборотов коленчатого вала при постоянной нагрузке

Для расчета возможного количества синтез-газа получаемого на борту автомобиля за счет теплоты ОГ воспользуемся формулой.

$$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2)$$

Где: Q — количество теплоты, m — масса ОГ, t₁ — температура ОГ, t₂ — начальная температура конверсии метанола. (350 С). Для получения 1 моля синтез-газа необходимо подвести 90кДж энергии.

Найдем возможную процентную добавку синтез-газа по формуле:

$$\varpi = (Q/90) \cdot 0,0106 \cdot 100 / Gt_1$$

Где: ϖ — возможная процентная добавка по массе синтез-газа, Q — количество теплоты, Gt₁ — расход топлива за единицу времени.

Данные, полученные при расчетах, представлены в таблицах 3, 4. Построенные на их основе графики приведены на рисунке 3.

Таблица 3. Зависимость возможной процентной добавки синтез газа к основному топливу от нагрузки на двигатель и оборотов коленчатого вала

N, мин ⁻¹	Me, Н/м	t, С	ϖ , %
840	0	376	6,36
2000	12,2	502	37,18
2000	14,7	518	41,09
2000	29,4	556	50,39
2000	64,7	636	69,96
2000	74,5	677	79,98
3000	21,5	593	59,44
3000	44,1	635	69,71
3000	48	675	79,5
3000	78,4	752	98,33

Таблица 4. Зависимость возможной процентной добавки синтез газа к основному топливу от оборотов коленчатого вала при постоянной нагрузке

N, мин ⁻¹	Me, Н/м	t, С	ϖ , %
1640	40	542	46,96
1960	40	562	51,86
2540	40	608	63,11
3120	40	668	77,78
3600	40	736	94,42

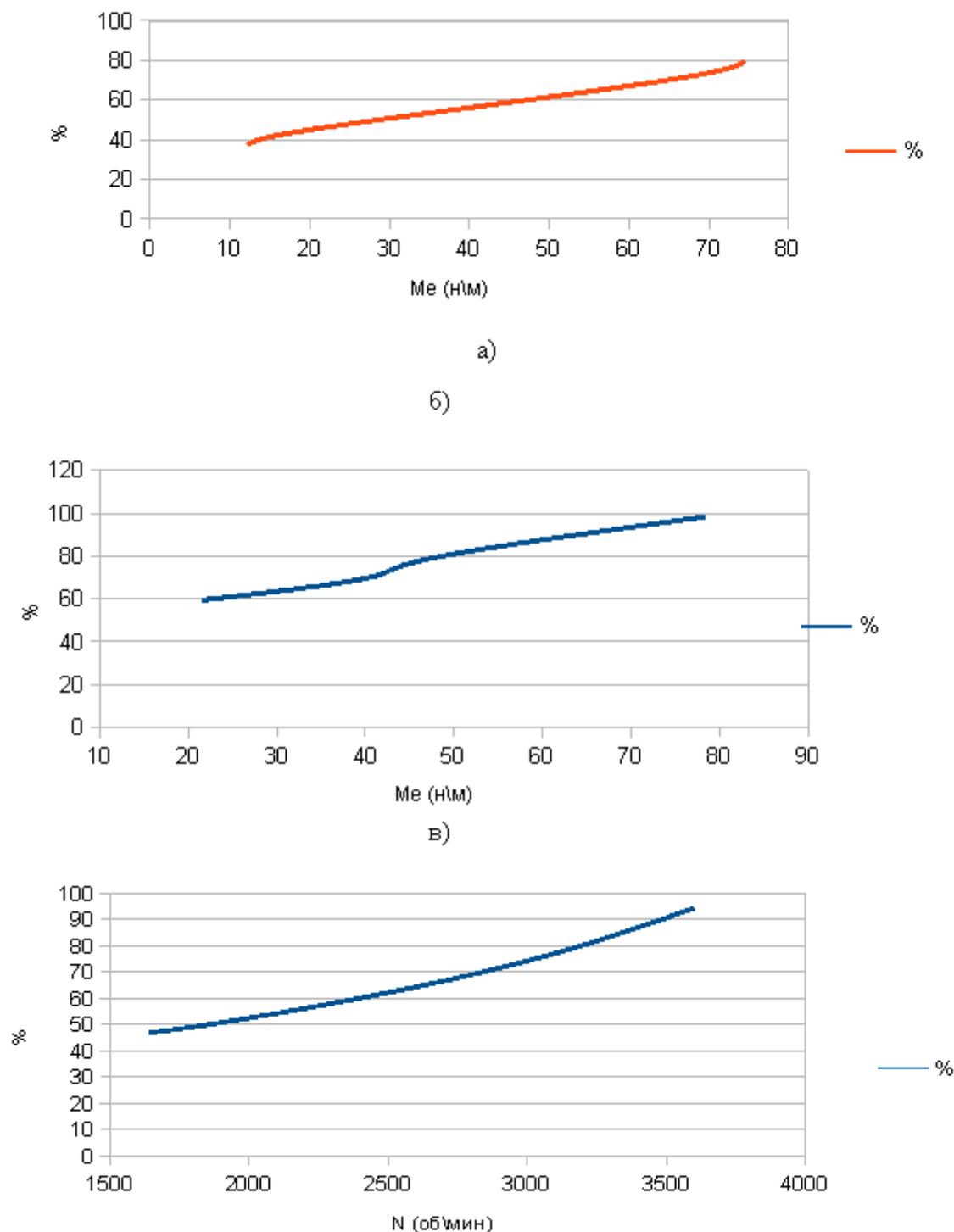


Рис. 3. Графики зависимости возможной процентной добавки синтез-газа от: а) нагрузки на двигатель при 2000 об \мин. б) нагрузки на двигатель при 3000 об \мин. в) оборотов коленчатого вала при постоянной нагрузке

Анализ полученных в результате эксперимента данных позволяет сделать следующие выводы. На основных нагрузочных режимах работы автомобильного бензинового двигателя можно за счет теплоты отработавших газов генерировать синтез-газ из метанола в количестве достигающем 50% от расхода основного углеводородного топлива. На режиме холостого хода, на котором добавка

синтез газа может быть особенно эффективной, энергии отработавших газов достаточно лишь для генерации синтез-газа лишь около 6% от расхода основного углеводородного топлива. Приведенные количественные оценки справедливы лишь при условии, что в генераторе синтез-газа используется катализатор, обеспечивающий протекание реакции при температуре начиная с 350°С.

Литература:

1. Головачев, А. В. Применение синтез-газа как добавки к основному углеводородному топливу для автомобильных ДВС // Вестник магистратуры: — 2015, №3 (42).
2. Каменев, В. Ф., Фомин В. М., Хрипач Н. А. Водород — альтернативный энергоноситель для автотранспорта: проблемы и решения // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное Топливо. — 2004. — №1. — С 43–48.

Конструкция и технология изготовления моделируемого магниторезистивного элемента

Головяшкин Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент;
Ометова Светлана Юрьевна, магистрант
Пензенский государственный университет

Научно-техническое развитие тесно связано с разработкой различного рода измерительных устройств, включая новые типы сенсоров. Для проведения качественного и количественного анализа газового состава окружающей среды используются мультисенсорные системы [1–2] и датчики газа [3–5], в том числе с чувствительными элементами на основе наноструктурированных материалов [6–9]. Для измерения давлений ниже атмосферного используются датчики вакуума, например на основе смешанных оксидов с фрактальной структурой [10–11]. Автоматизированные исследовательские комплексы используются для определения электрофизических, физико-химических и др. параметров материалов микро- и нанoeлектроники [12–17].

Важной задачей современного датчикоостроения является оптимизация технологии изготовления и конструкции магниторезистивного (МР) элемента интегральных датчиков магнитных полей. Для интерпретации результатов измерений характеристик датчика необходимо создание модели МР элемента. Исходя из назначения разрабатываемого типа интегральных микросхем — пороговых индикаторов магнитного поля, была выбрана конструкция магниторезистивного моста,

представленная на рисунке 1. Так как требуемый диапазон измеряемых индукций магнитных полей находится в районе 1–3 мТл, применение технологии полюсов Барбера с высокой линейностью при индукциях полей до 1 мТл не оправдано, поскольку усложняет технологию изготовления и увеличивает потребление тока и размер датчика.

Материал для изготовления МР моста также выбирался, исходя из требуемого диапазона внешнего магнитного поля. Так как магниторезистор входит в насыщение при величине поля порядка $2H_K$, нами использовался сплав $Ni_{60}Fe_{10}Co_{30}$ со значением характеристического поля анизотропии порядка 2 мТл (таблица 1).

Геометрические размеры магниторезистивного моста выбирались исходя из толщины напыляемого МР слоя, которая определяется двумя факторами [18–19]. Во-первых, она не должна быть достаточно тонкой, так как чем тоньше МР слой, тем больше вероятность его разрыва на неоднородности рельефа подложки, и тем труднее контролировать точность напыления пленки. Во-вторых, в ферромагнитных пленках толще 30–40 нм существенно увеличивается коэрцитивная сила [20]. Это обусловлено тем, что в относительно толстых пленках границы доменов образованы преимущественно блоховскими стенками, а не неелевскими, у которых существенно меньше энергия. Поэтому была выбрана толщина МР пленки 30 нм.

Ширина МР полоски была выбрана не только, исходя из соображений уменьшения гистерезиса передаточной характеристики, но и точности ее воспроизводства и требования компактности магниторезистивного элемента. Основным фактором, влияющим на воспроизводство, является точность травления. Так как для технологии 1 мкм погрешность травления составляет 0,1 мкм, ширина полоски выбрана равной 10 мкм — на два порядка больше погрешности.

Длина МР полосок выбиралась, исходя из суммарного электрического сопротивления моста, которое

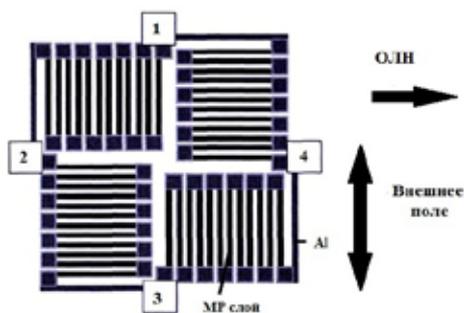


Рис. 1. Топология датчика с нелинейной характеристикой

Таблица 1. Параметры магниторезистивных материалов

Состав [%]	$\Delta\rho/\rho$ [%]	ρ $10^{-8}\Omega m$	H_K [A/m]	M [$10^{-5} A/m$]
NiFe 81:19	2,2	22	250	8,7
NiFe 86:14	3,0	15	200	7,6
NiCo 70:30	3,8	26	2500	7,9
NiCo 50:50	2,2	24	2500	10,0
NiFeCo 60:10:30	3,2	18	1900	10,3
NiFeCo 74:10:16	2,8	23	1000	10,1
NiFeMo 87:8:5	0,7	72	490	5,1
CoFeB 65:15:20	0,07	86	2000	1,03

прямо пропорционально длине. Для обеспечения заданного тока потребления, сопротивление МР моста должно быть не менее 1 кОм. Для этого использовались полоски длиной 100 мкм, число полосок для каждого сопротивления моста равнялось 12. В результате площадь, занимаемая МР мостом, составила приблизительно 400×400 мкм.

Процесс изготовления магниторезистивного моста состоит из нескольких основных этапов:

- 1) нанесение оксида на всю поверхность кремниевой пластины;
- 2) напыление тонкого (0,1 мкм) слоя титана. Этот слой служит для улучшения адгезии МР материала;
- 3) напыление магниторезистивного материала;
- 4) стравливание лишнего МР материала. Формирование моста;
- 5) отжиг пластины в постоянном, направленном вдоль оси симметрии моста, магнитном поле;
- 6) напыление тонкого слоя титана;
- 7) нанесение слоя оксида (1-я пассивация);
- 8) формирование контактов и алюминиевых проводников;
- 9) нанесение слоя оксида (2-я пассивация).

На рисунке 2 представлена получившаяся магниторезистивная структура.



Рис. 2. Магниторезистивная структура

Особую важность имеют процессы нанесения МР слоя и последующий отжиг в магнитном поле. Оптимальный выбор параметров этих процессов является сложной задачей, так как зачастую свойства датчика зависят сразу от нескольких параметров.

На рисунке 3 представлены зависимости коэффициента магниторезистивного эффекта и коэрцитивной силы в зависимости от температуры подложки при напылении [21–22]. Видно, что величина магниторезистивного эффекта имеет максимум при температуре порядка 300°C, а при более низких и при более высоких температурах величина эффекта резко падает. При повышении температуры подложки до 360–400°C резко увеличивается коэрцитивная сила. Для нашего технологического процесса была выбрана температура напыления 280°C.

На рисунке 4 представлена зависимость величины МР эффекта, характеристического поля анизотропии и коэрцитивной силы от температуры отжига [4, 5]. Отталкиваясь от необходимого значения поля анизотропии в 2 кА/м,

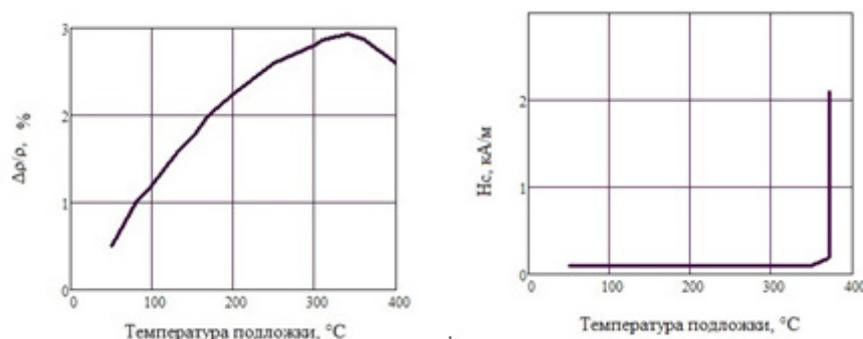


Рис. 3. Зависимость величины магниторезистивного эффекта [4] (слева) и коэрцитивной силы (справа) от температуры подложки при напылении [5]

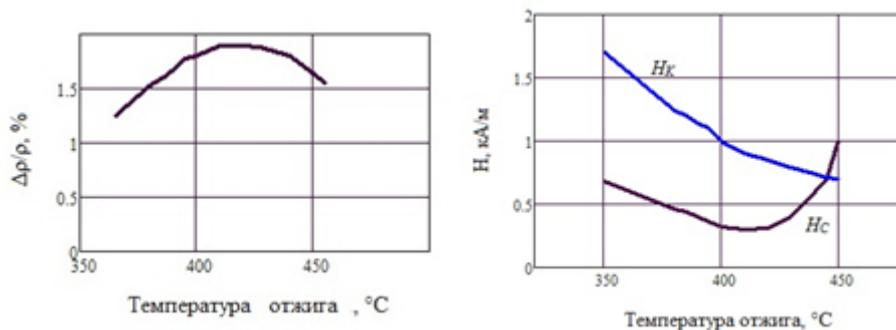


Рис. 4. Зависимость величины магниторезистивного эффекта (слева) и характеристического поля анизотропии НК, коэрцитивной силы НС (справа) от температуры магнитного отжига

температура отжига должна быть в районе 300°C, однако максимум коэффициента МР эффекта и минимум коэрцитивной силы лежит в районе 400°C. Компромиссной температурой магнитного отжига стало 350°C.

Производство магниторезистивной структуры является сложным и довольно длительным технологическим процессом. Он состоит из этапов нанесения магниторезистивного слоя и вспомогательных слоев. А также высокотемпературного отжига пластины в магнитном поле. Поэтому важной задачей является оперативный контроль технологического процесса. Для этого на пластине, содержащей интегральные датчики, дополнительно изготавливаются специальные тестовые структуры, которые обеспечивают непосредственный доступ к выводам МР моста и измерение его параметров.

Сравнение измеренных характеристик магниторезистивного моста с численными результатами, полученными при компьютерном расчете адекватной модели, является одним из способов выявления возможных отклонений в ходе технологического процесса, связанными, помимо чего, с возможным рассовмещением шаблонов при про-

изводстве магниторезистивной структуры, неравномерностью травления или отклонением направления магнитного поля от заданного.

Для оптимизации технологии изготовления и конструкции магниторезистивного элемента разрабатываемого интегрального датчика, а также для интерпретации результатов измерений характеристик датчика необходимо построить модель МР элемента. Существующие формулы, составляющие аналитическую модель магниторезистивного эффекта, не учитывают конструктивных особенностей элемента и нелинейных эффектов в нем. Нелинейности передаточной характеристики МР моста, связанные с остаточной намагниченностью и эффектом насыщения особенно важны при проектировании пороговых магниточувствительных интегральных микросхем, так как приводят к неконтролируемому смещению порога переключения устройства в зависимости от приложенного магнитного поля. Учет нелинейных эффектов является важной задачей при проектировании, которую можно решить, построив адекватную модель МР элемента.

Литература:

1. Грачева, И. Е., Мошников В. А. Возмущающее электрическое воздействие с переменной частотой как новая перспектива для увеличения чувствительности и селективности в системах типа «электронный нос» // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2009. № 79. с. 100–107.
2. Карманов, А. А. Особенности синтеза материалов для чувствительных элементов мультисенсорных систем золь-гель методом // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. с. 115–118.
3. Шамин, А. А., Головяшкин А. Н. Моделирование чувствительности газового сенсора на основе МДП-транзистора // Молодой учёный. 2014. № 9 (68). с. 228–231.
4. Шамин, А. А., Головяшкин А. Н. Расчет чувствительного элемента газового датчика на основе МДП-транзистора // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 8–1. с. 57–61.
5. Давыдов, С. Ю., Мошников В. А., Федотов А. А. Адсорбция газов на полупроводниковых оксидах: изменение работы выхода // Письма в Журнал технической физики. 2004. Т. 30. № 17. с. 39–44.
6. Аверин, И. А., Пронин И. А., Карманов А. А. Исследование газочувствительности сенсоров на основе наноструктурированных композиционных материалов SiO₂-SnO₂ // Нано- и микросистемная техника. 2013. № 5. с. 23–26.
7. Аверин, И. А., Игошина С. Е., Карманов А. А., Пронин И. А. Моделирование образования золь-гель нанокompозитных пленок // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. с. 201–205.

8. Пронин, И. А., Аверин И. А., Мошников В. А., Якушова Н. Д., Кузнецова М. В., Карманов А. А. Перколяционная модель газового сенсора на основе полупроводниковых оксидных наноматериалов с иерархической структурой пор // Нано- и микросистемная техника. 2014. №9. с. 15–19.
9. Игошина, С. Е., Аверин И. А., Карманов А. А. Моделирование газочувствительности пористых пленок на основе полупроводниковых оксидов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. №48. с. 115–119.
10. Игошина, С. Е., Карманов А. А., Сигаев А. П. Вакуумметры с чувствительными элементами на основе пористых наноструктурированных материалов состава SiO₂-SnO₂ // Молодой ученый. 2014. №11. с. 52–55.
11. Аверин, И. А., Игошина С. Е., Мошников В. А., Карманов А. А., Пронин И. А., Теруков Е. И. Чувствительные элементы датчиков вакуума на основе пористых наноструктурированных пленок SiO₂-SnO₂, полученных золь-гель методом // Журнал технической физики. — 2015. — Т. 85. — №6. — с. 143–147.
12. Вареник, Ю. А., Карпанин О. В., Метальников А. М., Соловьев В. А. Автоматизация исследования температурных характеристик твердотельных структур // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 2. с. 111–112.
13. Вареник, Ю. А., Метальников А. М., Рябов Д. В., Чижов А. В. Автоматизированная установка для исследования магнитомягких материалов // В сборнике: Университетское образование сборник статей XVI Международной научно-методической конференции. Посвящается 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина. под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. Пенза, 2012. с. 176–177.
14. Шаманов, Ю. А., Шамин А. А., Головяшкин А. Н. Методика контроля жидких химических реактивов с помощью ИК-спектрометра ФСМ 1201 // Молодой ученый. 2014. №11. с. 129–132.
15. Аверин, И. А., Карманов А. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Исследование золя ортокремневой кислоты методом ИК-спектроскопии // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. с. 181–182.
16. Игошина, С. Е., Карманов А. А., Сигаев А. П. Особенности ИК-спектров пропускания пленкообразующих зольей на основе тетраэтоксисилана, содержащих модифицирующие соединения // Молодой ученый. 2014. №9 (68). с. 158–161.
17. Волчихин, В. И., Аверин И. А., Карманов А. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Инновационные направления развития нано- и микроэлектроники в ПГУ // В сборнике: Университетское образование (МКУО2013) сборник статей XVII Международной научно-методической конференции, посвященной 70-летию образования университета. Под редакцией В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. 2013. с. 7.
18. Adeyeye, A. O., Bland J. A. C., Daboo C., Lee Jaeyong, Ebels U., Ahmed H. Size dependence of the magnetoresistance in Submicron FeNi wires // J. Appl. Phys. 1996. V. 79 (8). P. 6120–6122.
19. Kees, J., M. Eijkel, Jan H. J. Fluitman. Optimization of the response of magnetoresistive elements // IEEE Trans. Mag. 1990. V. 26. №1. P. 311–321.
20. Fluitman, J. H. J. The influence of sample geometry on the magnetoresistance of NiFe films // Thin Solid Films. 1973. V. 16. P. 269–276.
21. Chapman V B et al. The effect of substrate temperature on the magnetic and structural properties of NiFe thin films deposited in ultrahigh and ordinary vacuum // Thin Solid Films. 1981. V. 76. P. 77–82.
22. Ciureanu, P., Korony G. Effect of annealing and geometry optimization on a thin magnetoresistive head Sensors and Actuators. 1988. V. 13. P. 229–241.

Шедевры народного творчества узбеков

Джураева Тахмина Саидовна, магистрант

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Задумывались ли вы когда-нибудь, какие вещи нас окружают в быту? Одежда, обувь, посуда, ковры, одеяла и покрывала? Редко кто из нас вдумчиво и скрупулезно подходит к выбору вещей. Сегодня в век тотальной занятости, почти все мы склонны к минимализму, главный приоритет — удобство. И как хорошо, что сегодня все делается для того, что бы возродить истинно народное искусство.

Узбекистан — страна с необыкновенно талантливым народом, а талант и мастерство, умноженные на многие века славной истории и дают в итоге, те шедевры народного творчества, которые не дадут позабыть о своих корнях, своей культуре и своем неповторимом этносе.

В нашей стране великое множество замечательных мастеров и сотни ремесел, но сегодня хочется рассказать о тех, что снискали для своей родины мировую славу. В те

чение веков в узбекском народе сложилась любовь к красивым узорчатым вышивкам. Творцами художественных изделий являются преимущественно женщины. От матери к дочери передавались старинные узоры, приемы шитья. Девочек с детства обучали вышивальному искусству, стараясь сделать из них хороших мастериц. Каждая семья своими силами изготовляла для себя декоративные вышивки. Для сюзане, например, требовалось полтора-два года работы. Мать начинала вышивать приданое для своей дочери, когда та была еще маленькой. А если семья не успевала своими силами выполнить все вышивки, необходимые к свадьбе, то она прибегала к помощи родственниц и соседей.



Испокон веков вышитые панно — сюзане украшали дома узбеков, их древние узоры имели сакральное зна-

чение и по поверьям помогали охранять дом от злых духов, приносили в семью мир и достаток.

К свадьбе в семьях готовили для невест целый набор предметов украшенных вышивкой, здесь и вышивка для украшения стен — «сюзане», «гулькаурпа», «паляк», и занавеси, скрывающие стенные ниши — «кирпеч», «джойпуш», и молитвенные коврики — «джойнамаз», и свадебные простыни — «руиджо». По традиционной вышивке «сюзане» можно было безошибочно узнать, из какого края невеста. Ташкент, Джизак, Самарканд или Сурхандарья — многие районы Узбекистана имеют свой самобытный, непохожий на другие рисунок.



Нуратинская вышивка. В конце девятнадцатого века в Нурате возник оригинальный стиль вышивки: цветы, вышитые на белом фоне ткани стали визитной карточкой нуратинских рукодельниц. С точки зрения богатства и разнообразия мотивов цветные модели заняли ведущее место в художественной вышивке Узбекистана. Часто растительный орнамент сопровождался фоновым изображением птиц, а также стилизованными изображениями животных и людей. Наиболее распространенным изображением была восьмиконечная звезда в середине и четыре большие ветви в углах. Еще один вид декоративной композиции — это тонкие ромбовидные листья в виде решетки — «тоба-дони». Клетки этой вышивки заполнялись вышитой россыпью цветов, розеток, птиц и животных.

Бухарская вышивка. Вышивка в Бухаре является одной из самых интересных в Центральной Азии. Типичный бухарский дизайн являет собой цветы на тонких ветвях, равномерно распределенных по поверхности ткани, или круглые розетки, обрамленные длинными стеблями. В цветовой гамме используется гармоничное сочетание голубого, серого и светло-желтого с красным, малинового и зеленого цветов.

Самаркандская вышивка. Вышивка Самарканда отличается от работ из Нураты и Бухары значительно упрощенной конструкцией, состоящей из розеток в окружении лиственных кругов и ограниченной палитрой с преобладанием сиреневого цвета.

Сурхандарьинская вышивка. Для современной сурхандарьинской вышивки характерно многообразие самобытных, удивительно красочных и ярких орнаментов,

наделённых древним магическим смыслом. Сурхандарьинский стиль вышивки богат растительными орнаментами со всевозможными цветочными вариациями: эгизгуль, лологуль, пахтагуль, ойгуль и многие другие. Мастерицы Сурхандарьи сумели сохранить практически все виды традиционных мотивов в оформлении всевозможных изделий таких как: байсунские тубетейки (выполненные в технике «пильта-дузи»), бельбоги (поясные платки), ойна-хальта (мешочки для зеркал), сюзанае (настенные матерчатые перегородки), бугджома (покрывала для хранения вещей).

Шахрисабзкая вышивка. В орнаменте вышивки Шахрисабза, как и Самарканда, центральное место занимает большая розетка с разноцветными деталями, обрамленными синими листовыми гирляндами. Иногда — это растительные мотивы с рамкой в виде больших орнаментов и кругов. В Шахрисабзе также были созданы несколько разновидностей тубетейки. Цветная палитра вышивки основывается на нескольких основных тонах: малиновом, зеленом и красном.

Ташкентская вышивка. В Ташкенте существует два вида больших декоративных вышивок типа сюзанае — палак (от слова «фалак», что означает «небесный свод») и гулькурпа. Вся поверхность ташкентской вышивки палак покрыта сплошными вышитыми символами и темно-красными кругами. Композиция гулькурпы выстроена в виде центральной звезды или круга с цветочными ветками, оставляя видимой большую площадь чистой ткани.

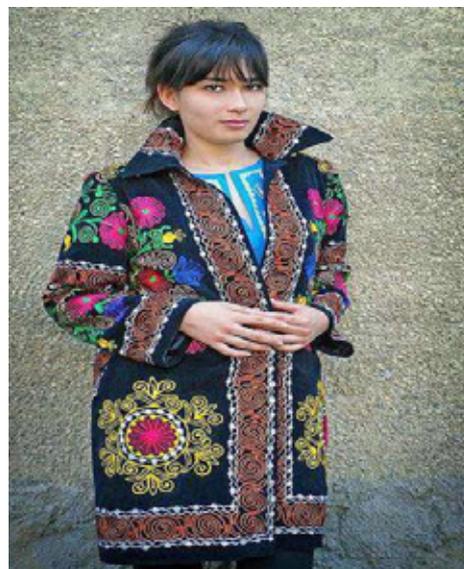
Ферганская вышивка. Вышивки из Ферганской долины отличаются тонким графическим дизайном веточек и концентрическими кольцами с большими свободными площадями фона. Работы ферганских мастериц выполнены на цветном фоне. В основном производятся руйджо и тубетейки. Большие вышивки, такие как гулькурпа и сюзанае, встречаются реже. Декоративная ферганская вышивка с ее тонкими, элегантными линиями, напоминает тубетейки. В их окраске используется контраст светлых и темных тонов. Над дизайном вышивки работали женщины-художники (калам коши) Их искусство уважали, знания часто переходили от матери к дочери. В зависимости от выбранного изделия, калам коши выбирали форму, размер и состав вышивки.

Кашкадарьинская вышивка. Традиционная кашкадарьинская школа вышивки — это оригинальное переплетение местных, самаркандских и сурхандарьинских школ оформления орнаментов. В декоре кашкадарьинских сюзанае в основном используются два типа орнаментов: розеточные и свободно размещенные узоры с цветочными (доирагуль, арчагуль, калампир гуль, райхон гуль, олвали) мотивами. Относительно новое веяние, возникшее в советский период — это изображения животных: птиц (каптарой сюзанае) или скорпионов. В данное время эти мотивы практически не используются. Иногда для тканевой основы используют белый сатин или голубой шёлк, которые потом украшают красивейшими узорами из цветочных орнаментов, изображений граната со всевозможными витиеватыми элементами.

Традиционными для узбекской вышивки являются зооморфный и растительный орнаменты. Растительная тема представлена распустившимися кустарниками и цветами, отдельными бутонами на тонких стеблях, вязью из листовых побегов. В растительный узор нередко вплетались изображения диковинных животных и птиц в ярких оперениях.

Вышивка выполнялась шелковыми или шерстяными нитками, выкрашенными растительными красителями на дмотканых материях или готовой одежде.

Особенно интересны, в этой связи, наряды каракалпачек и сурхандарьинок.



Все художественные средства мастериц — построение орнамента и его декоративная трактовка, цветовое решение, фактура материала и техника шитья неразрывно между собой связаны. Они дополняют, усиливают друг друга и служат созданию единого гармоничного декоративного художественного произведения.

Узбекская вышивка — могучая ветвь на древе народного творчества. Древние мифологические символы орнаментов сюзанае, одухотворенные фантазией мастериц, олицетворяют преемственность старинных традиций и поэтическую душу народа.

Литература:

1. Этнографические очерки «Народы Средней Азии и Казахстана» изд-во АН СССР, Москва, 1962–1963
2. Фахретдинова, Д. А. Декоративно-прикладное искусство Узбекистана XVIII–XIX веков. Узбекистан, Ташкент, 2000
3. <http://prostovishivka.ru/>

Обоснование способа предупреждения столкновения автомобилей

Долгова Лариса Александровна, старший преподаватель;
Василиади Григорий Николаевич, студент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Проведен анализ взаимодействия волн различных локаторов с атмосферой при распространении в ней; приведено обоснование реализации системы предупреждения столкновений автомобилей (СПСА) с использованием СВЧ-локатора; предложена структурная схема системы предупреждения столкновений автомобилей; разработана структурная схема и алгоритм работы процессора системы СПСА

Ключевые слова: система предупреждения столкновений автомобилей, оптический диапазон электромагнитных волн, устройство технического зрения, СВЧ — локаторы, ультразвуковые локаторы, лазерные локаторы, инфракрасные дальномеры, дальность, скорость сближения, интенсивность поглощения электромагнитных волн, звуковые и акустические волны, коэффициент затухания ЭМВ оптического диапазона

В настоящее время ведутся интенсивные разработки систем предупреждения столкновений автомобилей (СПСА). И хотя на некоторых автомобилях уже установлены некоторые элементы систем предупреждения столкновений, проблема разработки совершенной СПСА еще далека от решения.

Из анализа разработок систем предупреждения столкновений автомобилей (СПСА) следует, что их общим недостатком является использование оптического диапазона электромагнитных волн в качестве носителя информации.

Для обеспечения работы СПСА должна получать информацию об объектах возможного столкновения. Поэтому одним из устройств СПСА должно быть устройство технического зрения.

Структурную схему СПСА можно представить в следующем виде (рис. 1).

В качестве устройства технического зрения возможно применение различных локаторов, например:

- СВЧ-локаторы (радары);
- ультразвуковые локаторы (сонары);
- лазерные локаторы (лидары);
- инфракрасные дальномеры (ТВИК).

Следовательно, электромагнитные волны оптического диапазона применяются в лазерах и инфракрасных устройствах; акустические волны — в ультразвуковых локаторах; электромагнитные волны диапазона УКВ применяются в радарх.

Поскольку задачей устройства технического зрения СПСА является распознавание дорожной обстановки: обнаружить объект, определить до него дальность $D_{об}$ и скорость сближения $V_{сбл}$, необходимо проанализировать взаимодействие соответствующих волн с атмосферой при распространении в ней.

Известно, что при распространении в атмосфере электромагнитных и акустических волн происходит их ослабление. Ослабление происходит в результате поглощения и рассеивания.

Ослабление излучения подчиняется экспоненциальному закону:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha R} \quad (1)$$

где: I_0 — интенсивность излучения до ослабления;
 I — интенсивность излучения после ослабления;

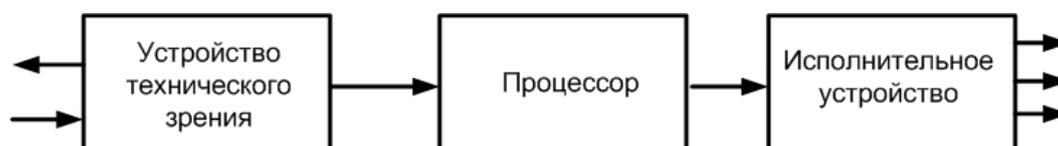


Рис. 1 Структурная схема СПСА

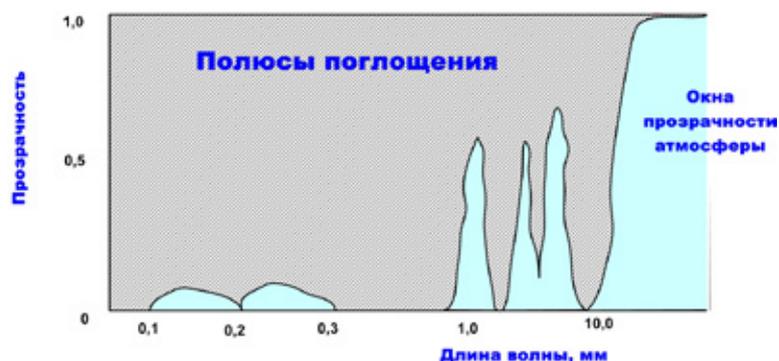


Рис. 2. Зависимость прозрачности атмосферы от длины волны ЭВИ

α — коэффициент ослабления, км^{-1} ;

R — дальность, км.

Поэтому при разработке локатора СПСА необходимо учитывать особенности распространения волн в атмосфере.

Интенсивность поглощения электромагнитных волн зависит от длины волны.

На рис. 2 показана зависимость прозрачности атмосферы от длины волн электромагнитного излучения.

Как видно из диаграммы в атмосфере есть так называемые «окна прозрачности», где затухание имеет минимальное значение. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе длины волны радара.

Звуковые или акустические волны представляют собой упругие колебания воздушной среды. Принято считать, что скорость распространения звука есть величина постоянная и равна 330 м/с . Однако, скорость распространения звуковых волн зависит от состояния атмосферы.

На рис. 3 и таблице 1 приведена зависимость скорости звука от температуры воздуха.

Учитывая, что в нашем регионе температура воздуха меняется в достаточно широком диапазоне; изменение скорости звука может привести к значительным ошибкам в определении расстояния до объекта и скорости сближения.

Это является существенным недостатком акустических локаторов. Следует отметить, что мощность пьезогенераторов, используемых как источник ультразвуковых сигналов, мала. Поэтому ультразвуковой локатор не может обеспечить необходимую дальность действия.

Диаграмма затухания электромагнитных волн оптического и инфракрасного диапазонов приведена на рис. 4.

Как видно из диаграммы в атмосфере имеются участки значительного поглощения и так называемые «окна прозрачности». В лазерных локаторах используются источники, генерирующие электромагнитные волны видимого или инфракрасного диапазонов.

Известно, что чем короче длина волны сложнее метеорологические условия, тем значительнее затухание. Поэтому в сложных метеорологических условиях лазерный локатор может оказаться неработоспособным.

Из вышеизложенного следует, что для реализации СПСА целесообразно использовать СВЧ локатор.

Таким образом, структурная схема СПСА принимает вид (рис. 5)

В качестве измерителя расстояния до препятствия можно использовать устройство, принцип работы которого основан на излучении и приеме отраженного от объекта электромагнитного излучения. В этом случае дальность до объекта D_0 может быть определена по времени задержки t_3 отраженного сигнала относительно излучаемого:

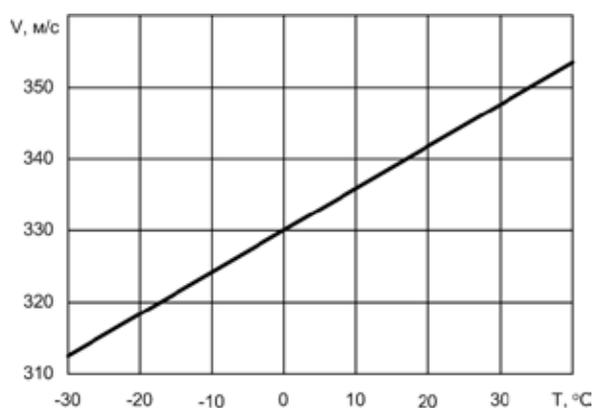


Рис. 3. Зависимость скорости звука от температуры воздуха

Таблица 1. Зависимость скорости звука при различной температуре

Температура, °С	Скорость звука,		Температура, °С	Скорость звука,	
	м/с	Км/ч		м/с	Км/ч
-150	216,7	780	30	348,9	1256
-100	263,7	949	50	360,3	1296
-50	299,3	1077	100	387,1	1393
-20	318,8	1143	200	436	1569
-10	325,1	1170	300	479,8	1727
0	331,5	1193	400	520	1872
10	337,3	1214	500	557,3	2006
20	343,1	1235	1000	715,2	2574

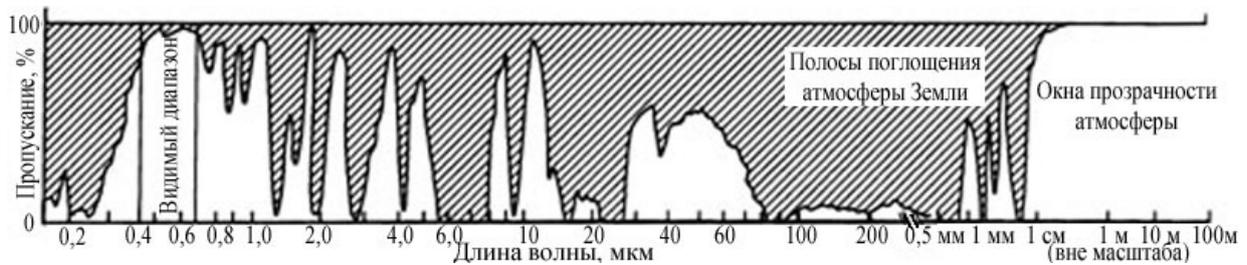


Рис. 4. Поглощение электромагнитного излучения атмосферой. Окна прозрачности атмосферы Земли: λ «большое окно»: 0.3–1.3 мкм

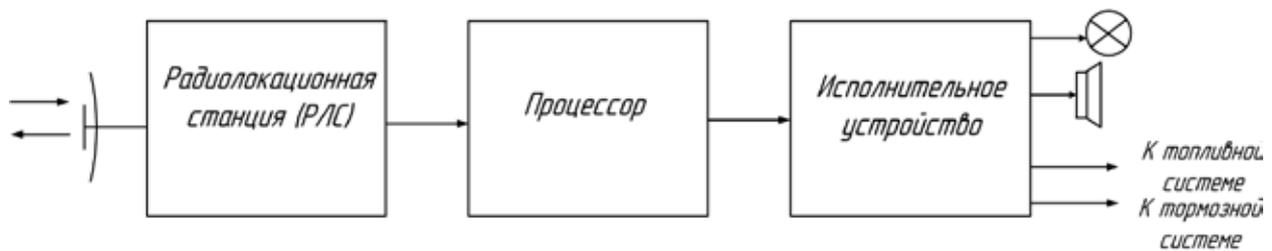


Рис. 5. Структурная схема СПСА

$$D_o = \frac{c \cdot t_3}{2} \tag{2}$$

где c — скорость распространения электромагнитных волн, м/с

t_3 — время задержки, с.

Процессор осуществляет математические и логические операции: производит расчет величины тормозного пути S_t , дальности до объекта D_o . Входными данными для процессора являются следующие величины:

V_n — начальная скорость движения автомобиля, м/с;

V_k — конечная скорость движения автомобиля, м/с;

ϕ — коэффициент сцепления колес с дорогой;

g — ускорение силы тяжести, м/с²;

$\delta_{вр}$ — коэффициент учета вращающихся масс;

$K_э$ — коэффициент снижения эффективности торможения.

c — скорость распространения электромагнитных волн, м/с

Процессор является элементом системы обеспечения безопасности движения автомобиля. Он предназначен для выдачи водителю автомобиля предупредительных звукового и светового сигнала, если расстояние до впереди идущего автомобиля D_o становится $\leq 1,2$ длины тормозного пути, т. е. если отношение $D_o/S_t = 1,2$, то выдается водителю звуковой и световой предупредительный сигнал.

Если отношение $D_0/S_{т.} = 1$ и при этом $\frac{dD_0(t)}{dt} < 1$,

т.е. расстояние до объекта уменьшается, то процессор выдает предупреждающий сигнал на исполнительное устройство, которое воздействует на подачу топлива в двигатель и на тормозную систему с целью снижения скорости движения автомобиля вплоть до полной его остановки.

При снижении скорости движения автомобиля, когда $\frac{dD_0(t)}{dt} = 0$, т.е. расстояние между автомобилями

перестает сокращаться, управляющий сигнал становится нулевым.

Т.о. структурная схема процессора может быть представлена в следующем виде (рис. 6). Алгоритм работы процессора представлен на рис. 7.

Одним из направлений обеспечения безопасности движения на автомобильном транспорте является создание автоматических систем предотвращения столкновения автомобиля (СПСА), которые при помощи технического зрения анализируют пространственные координаты между транспортными средствами (ТС) в транспортном

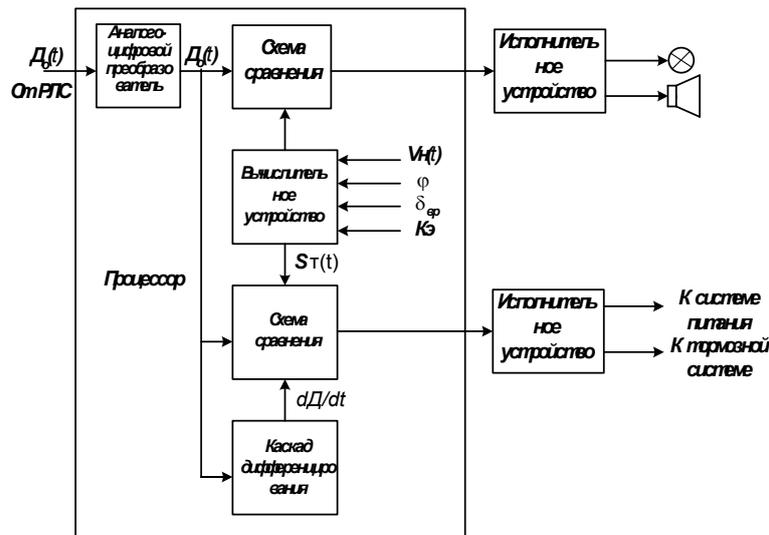


Рис. 6. Структурная схема процессора

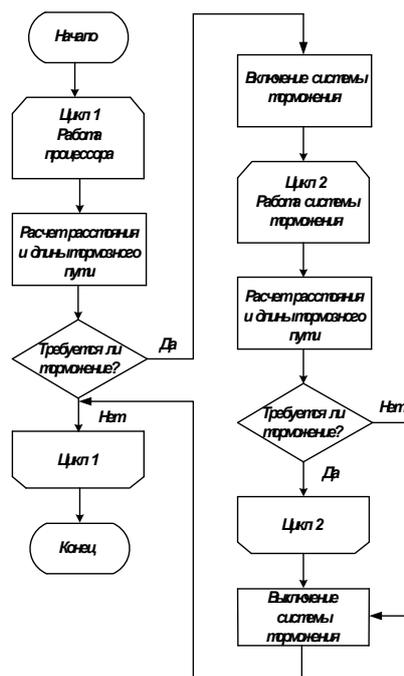


Рис. 7. Алгоритм работы процессора

потоке. Информация от средств технического зрения о дистанции до препятствия (или преследуемого ТС) перерабатывается в бортовом компьютере и используется для управления исполнительными механизмами, которые замедляют автомобиль для восстановления безопасной дистанции или полностью затормаживают его в экстренных случаях.

Применение СПСА на автомобильном транспорте позволит существенно снизить число дорожно-транспортных происшествий (ДТП), увеличить пропускную способность автомобильных дорог и скорости движения ТС без опасности ДТП от наездов и столкновений, уменьшить динамические нагрузки в элементах тормозов ТС, т.е. повысить их надежность и долговечность, снизить износ шин в эксплуатации.

Литература:

1. Елистратов, В. В., Безруков С. И., Стенин П. Г., Климаков В. С. Концепция развития систем предупреждения столкновений транспортных средств // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — №2.
2. Исследование изнашивания прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры/А. В. Новичков, Новиков Е. В., Рылякин Е. Г., Лахно А. В., Аношкин П. И. // Международный научный журнал. — 2014. — №3. — с. 108–111.
3. А. М. Иванов, д. т. н., проф. А. Н. Солнцев, к. т. н., проф. МАДИ. Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств в Российской Федерации. // Журнал автомобильных инженеров №6 (65) 2010 г.
4. Аношкин, П. И. Некоторые проблемы технической эксплуатации автомобилей/П. И. Аношкин, Е. Г. Рылякин, А. А. Жидков// Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения): сборник статей Международной научно-практической конференции/МНИЦ ПГСХА. — Пенза: РИО ПГСХА, 2014. — 160 с.

Анализ параметров моторного масла и технических устройств, позволяющих контролировать процессы старения моторных масел

Долгова Лариса Александровна, старший преподаватель;
Жаткин Сергей Александрович, студент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Салмин Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор
Пензенский государственный университет

Проведен анализ средств, способов и методик определения физико-химических показателей моторного масла; выполнен выбор и ранжирование наиболее информативных параметров работоспособности моторного масла, влияющих на сроки его замены.

Ключевые слова: моторное масло, параметры состояния моторного масла, кинематическая вязкость, диэлектрическая проницаемость, симплекс подобия, корреляционная связь, экспресс-контроль, термоокислительная способность, показатель качества, оптическая плотность, температура вспышки, лаборатория экспресс-анализа, щелочное число, комплексный показатель.

От качества смазочных материалов зависят важнейшие показатели двигателей — долговечность, надежность, токсичность отработавших газов, топливная экономичность и т. д. Большинство показателей качества моторного масла можно определить только в специализированных лабораториях, которых, как правило, нет в автотранспортных предприятиях.

В настоящее время у нас в стране для оценки качества моторных масел и организации их промышленного производства используется четырехэтапная система испытаний, включающая: квалификационные (I этап) стен-

довые (II этап) полигонные (III этап) эксплуатационные (IV этап) испытания. В рамках четырехэтапной системы наименее продолжительным (до 10 суток) и затратным является первый этап. При этом требуется не очень большое количество испытуемого продукта (до 5...10 л). Основу квалификационной проверки составляют испытания на одноцилиндровых установках (ОЦУ) и специальных двигателях [1,2].

Оперативная оценка качества моторных масел предложена К. К. Попком, который предложил создать специальные лабораторные комплексы. В ЗАО «НАМИ-ХИМ»

сформирован комплекс методов лабораторной оценки моторных масел (КМЛО), в который входит испытательное лабораторное оборудование, позволяющее определить основные эксплуатационные свойства моторных масел.

Авторы [2] оценивали термоокислительную стабильность моторных масел на лабораторной установке по показателю оптической плотности и нагарообразование по изменению потенциала электризации стержня $E_э$ после термообработки. Изменение оптической плотности образцов нефтяных фракций симбатно изменению потенциала их электризации $E_к$.

Для контроля качества автомобильных эксплуатационных материалов в Москве функционирует центр мониторинга ГСМ и диагностики техники «Международный испытательный центр по горюче-смазочным материалам (МИЦ ГСМ) [3]. В арсенале центра несколько видов специализированного оборудования, в частности аналитический центр для эксплуатационных анализов масел OSA, который включает три типа анализаторов: оптический эмиссионный спектрометр (определение металлов износа и деградации присадок), ИК-Фурье спектрометр (определение содержания воды, топлива, степени окисления, нитрования, сажи) и автоматический капиллярный вискозиметр с термостатированием до 100°C. Эти анализаторы размещены в едином настольном корпусе, что позволяет сразу получать полную характеристику по каждой пробе масла.

В работе [4] в условиях небольшого транспортного предприятия для контроля качества моторных масел предлагается использовать следующие экспресс-методы оценки качества работающих масел: по концентрации охлаждающей жидкости — термический и метод бумажной хроматографии; по наличию топлива — по температуре вспышки в закрытом электротигле и сравнение с эталоном по вязкости; по наличию абразивных частиц — метод истирания; по вязкости — сравнение с эталоном и термический; по моюще-диспергирующе-стабилизирующим свойствам и загрязненности масла механическими примесями — метод бумажной хроматографии; по противозносным и нейтрализующим свойствам — по водородному показателю pH. Для реализации вышеперечисленных методов оценки качества моторного масла в Челябинском ГАУ разработан портативный комплекс средств (КДМП-3), позволяющий как в стационарных, так и в полевых условиях оценивать качество свежих и работающих масел.

В МГАДИ [5] разработана система контроля состояния и восстановления работоспособности масел, в состав оборудования которой входит лаборатория экспресс-анализа топлив и масел «ЛАМА-7» и малогабаритная передвижная установка для восстановления эксплуатационных свойств масел.

Разработан [6] способ определения состояния и момент замены смазочных материалов и рабочих жидкостей гидросистем, предусматривающий учет всех основных факторов (показателей), характеризующих качество и состо-

яние масел. Работоспособность последних оценивается комплексным показателем по формуле:

$$D = \sqrt[m]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_m}$$

где $d_1 \dots d_m$ — нормированные показатели состояния; m — число учитываемых факторов.

Для определения и контроля диэлектрической проницаемости моторного масла разработаны различные способы и устройства [7].

В работе [8] предложена схема основных направлений изучения процесса и метод исследования старения масла в дизелях, а также экспериментальные зависимости изменения оптической плотности, количества карбонилсодержащих соединений и содержания нерастворимых в бензине загрязнений от наработки масла при различных условиях.

Известны методы и способы оценки износа двигателя по состоянию моторного масла [9].

В работе [10] предполагается, что между единичными показателями состояния моторного масла существует функциональная связь. Рассматривается возможность связать состояние масла с изменениями энтропии S системы. Допускается, что если масло при работе двигателя теряет работоспособность при достижении определенного значения ΔS , одинакового для всех масел независимо от их состава, типа двигателя и особенностей его эксплуатации, то срок замены масла в двигателе будет зависеть от различных параметров: исходной концентрации c_0 присадки в масле, скорости k их срабатывания в заданных условиях эксплуатации, термической устойчивости T масляной композиции и состава смазочной среды, характеризуемой химическим потенциалом μ (или электропроводность), который в данной работе выдвигается как наиболее информативный.

Замену масла по фактическому состоянию можно выполнять при достижении контролируемых показателей качества масла предельных значений. В различных источниках номенклатура этих показателей включает: вязкость моторного масла [11], количество нерастворимых в легких растворителях продуктов [12], щелочное число [11, 13], кислотное число [12], водородный показатель [13], диспергирующе-стабилизирующую способность [14], присутствие в масле топлива (по температуре вспышки) [11], присутствие антифриза и воды [16], присутствие конструкционных материалов, кремния [15].

В работах [12] для установления необходимого момента смены работавших масел по фактическому состоянию предлагается использовать комплексные (интегральные) показатели, принцип формирования которых основан на сочетании единичных показателей, наиболее информативных для заданных условий эксплуатации.

В работе [17] проведен анализ различных комплексных показателей старения масла, например, интегральный комплексный показатель ИПС, по которому можно количественно оценить работоспособность масел в форсированных автомобильных дизельных двигателях:

$$ИПС = \frac{V_t - V_0}{V_0} \cdot \frac{Щ_0 - Щ_t}{Щ_0} \cdot \frac{З_{n_t}}{ДС_t}$$

где V_0, V_t — вязкость масла соответственно свежего и при наработке t ; $Щ_0, Щ_t$ — щелочное число масла соответственно свежего и при наработке t , $n_t, ДС_t$ — массовая доля загрязняющих примесей и показатель диспергирующих свойств при наработке t .

Или обобщенный комплексный показатель (ОКП) [17], представляющий собой сумму шести единичных показателей: содержания в масле железа, кремния и нерастворимого осадка, вязкости, зольности и щелочного числа:

$$ОКП = \sum_{i=1}^{i=n} K_i - \alpha_i T$$

где K_i — показатель состояния моторного масла, балл; $n=6$ — число определяемых показателей; α_i — коэффициент интенсивности изменения i -го показателя за 1 час; T — наработка двигателя.

Еще один интегральный показатель — индекс старения (критерий CQ — Condition Quotient), предельное значение которого должно быть меньше или равно 1,5. Критерий CQ определяют по формуле:

$$CQ = fF / (TBN + 2) \text{ или } CQ = fF / (SAN + 2)$$

где fF — содержание в масле загрязнений, нерастворимых в смеси бензола с метанолом; TBN — общее щелочное число масла; SAN — содержание сильных кислот в масле.

В работе [18] в качестве комплексного показателя старения масла предложено отношение прироста вязкости к приросту физической плотности. Оптическая плотность как характеристика работавшего масла используется в виде коэффициента физической стабильности (КФС), определяемого из выражения:

$$КФС = (D_n - D_k) 100 / D_n$$

где D_n, D_k — начальная и конечная оптическая плотность верхнего слоя масла (толщина 2 мм) до и после центрифугирования.

Для контроля качества нефтепродуктов внедрена в производство и используются переносная лаборатория КИ-28105 и передвижная лаборатория КИ-28099, позволяющие определять механические примеси, наличие воды, кинематическую вязкость, температуру вспышки в закрытом тигле.

В настоящее время продолжают экспериментальные исследования с целью разработки прибора, позволяющего по значению одного-двух параметров моторного масла определять его состояние и остаточный ресурс до замены.

С целью выявления параметров моторного масла, в наибольшей степени влияющих на сроки его замены, был проведен анализ 135 литературных источников [19, 20], в которых представлены результаты исследования изменения 33 физико-химических показателей моторного масла в процессе его работы. В ходе их ранжирования были выбраны 10 наиболее значимых (табл. 1).

По результатам ранжирования факторов, определяющих работоспособность моторного масла, следует, что с учетом весовых коэффициентов наиболее значимыми являются: загрязненность, вязкость, диэлектрическая проницаемость.

Между изменениями параметров физико-химических свойств моторного масла в процессе эксплуатации и пробегом автомобиля (или временем работы масла в ДВС) существует определенная корреляционная связь. Это дает возможность, используя теорию подобия, установить их взаимозависимость с пробегом автомобиля через величину коэффициента подобия, а, следовательно, и с ресурсом работы масла в двигателе.

Таблица 1. Ранжирование по 10 показателям, наиболее часто применяющимся для анализа процесса старения моторного масла

№	Название показателя качества моторного масла	Количество литературных источников	Весовой коэффициент
1	Загрязненность механическими примесями	24	0,242
2	Вязкость	15	0,152
3	Диэлектрическая проницаемость	10	0,101
4	Щелочное число	9	0,091
5	Моюще-диспергирующе-стабилизирующие свойства	8	0,081
6	Содержание воды	8	0,081
7	Кислотное число	7	0,071
8	Плотность	7	0,071
9	Оптическая плотность	6	0,061
10	Температура вспышки	5	0,051
	Всего	99	1

Литература:

1. Чудиновских, А.Л., Лашхи В.Л., Первушин А.Н., Спиркин В.Г. Комплекс методов лабораторной оценки моторных масел — как оперативный способ определения качества // Журнал Автомобильных Инженеров, №5 (76), 2012 г.
2. Немасадзе, Г.Г., Шор Г.И., Куцев А.В. Оценка термической стабильности компонентов моторного масла для дизелей // Журнал «Строительные и дорожные машины» №5, 2009, с. 55–57.
3. М. Калинин Масло ставит диагноз // Журнал «Новости авторемонта», №85, 2009 г.
4. Ю.А. Гурьянов Показатели работающих моторных масел и методы их определения. Журнал «Автомобильная промышленность», 2005, №10, с. 20
5. В.А. Зорин. Контроль состояния смазочных материалов и рабочих жидкостей // Журнал «Строительные и дорожные машины», 1999, №8, с. 39
6. Патент РФ 2055318 Способ контроля состояния смазочных материалов и рабочих жидкостей гидросистем
7. Патент РФ №2251705 Устройство для измерения и контроля диэлектрической проницаемости диэлектрических сред
8. Рылякин, Е.Г. Снижение энергозатрат на трение в ресурсопределяющих сопряжениях гидропривода мобильных машин / Е.Г. Рылякин, И.Н. Семов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2014. — 4 (49). — 159–162.
9. Исследование изнашивания прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры / А.В. Новичков, Новиков Е.В., Рылякин Е.Г., Лахно А.В., Аношкин П.И. // Международный научный журнал. — 2014. — №3. — с. 108–111.
10. Лашхи, В.Л., Шор Г.И. Использование принципов термодинамики для оценки старения моторных масел / Химия и технология топлив и масел, 1987. — №4. — с. 22–24
11. Рылякин, Е.Г. Подогрев масла в гидросистеме / Е.Г. Рылякин // Сельский механизатор. — 2014. — №8. — с. 38–40.
12. Зубарев, П.А. Производственный процесс получения защитных полиуретановых покрытий / П.А. Зубарев, А.В. Лахно, Е.Г. Рылякин // Молодой ученый. — 2014. — №5. — с. 57–59.
13. Бенуа, Г.Ф., Хлюпин Л.А., Манохин Г.К. — Двигателестроение, 1988, №2, с. 34–36
14. Григорьев, М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей. М., Изд-во стандартов, 1981. — 231 с.
15. Резников, В.Д., Шипулина Э.Н. Химмотологические аспекты анализа работавших дизельных масел. М., ЦНИИТЭнефтехим, 1982. — 58 с.
16. Беленький, А.Д. Двигателестроение, 1986, №9, с. 49–52
17. Котельникова, О.З., Лашхи В.Л., Кожекин А.В. Оценка состояния моторных масел при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания // Химия и технология топлив и масел. 1989. — №11. — с. 43–46.
18. Шепельский, Ю.Л., Певзнер Л.А. — Двигателестроение, 1984, №7, с. 35–37
19. Долгова, Л.А., Салмин В.В. Ранжирование основных параметров работоспособности моторного масла // Современные научные исследования и инновации. 2015. №2 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/02/48863>
20. Долгова, Л.А., Салмин В.В. Методика определения показателей качества моторного масла на основе теории подобия Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГСХА. — Пенза: РИО ПГСХА, 2014 г., — с. 33.

Изготовление червячных фрез методом электроэрозионной обработки

Домнин Петр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Гарифуллин Айрат Анфасович, аспирант
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

В данном исследовании рассмотрен процесс электроэрозионной обработки твердосплавной мелко-модульной червячной фрезы, используемой в часовой промышленности для нарезания зубчатых колес, шестеренок механизма наручных часов. Данная фреза имеет диаметр 12 мм и толщину от 4 мм до 16 мм в зависимости от характеристик нарезаемого профиля и геометрии зубьев. Фреза, изготавливается из заготовки спеченного твердого сплава марки ВК8 (92% карбид вольфрама и 8% Со — кобальт)

Ключевые слова: *формообразование, обработка, инструмент, червячная фреза, технология изготовления инструмента, твердый сплав.*

Твердые сплавы имеют достаточно высокую твердость (85–92 HRA) и высокую теплостойкость (800–1000°C), за счёт высокотвердых карбидов вольфрама и кобальтовой металлической связи. Это способствует повышению скорости обработки и стойкости [1–

7]. Как правило, заготовки из твердого сплава спекаются в определенных формах под конкретные цели.

Представленная на рис. 1 заготовка предназначена специально для фрезы и выполнен в виде трубы, которая затем разрезается на кольца (рис. 2) на электроэрозионном станке [8–15].



Рис. 1. Заготовка из спеченного твердого сплава под мелко модульную червячную фрезу

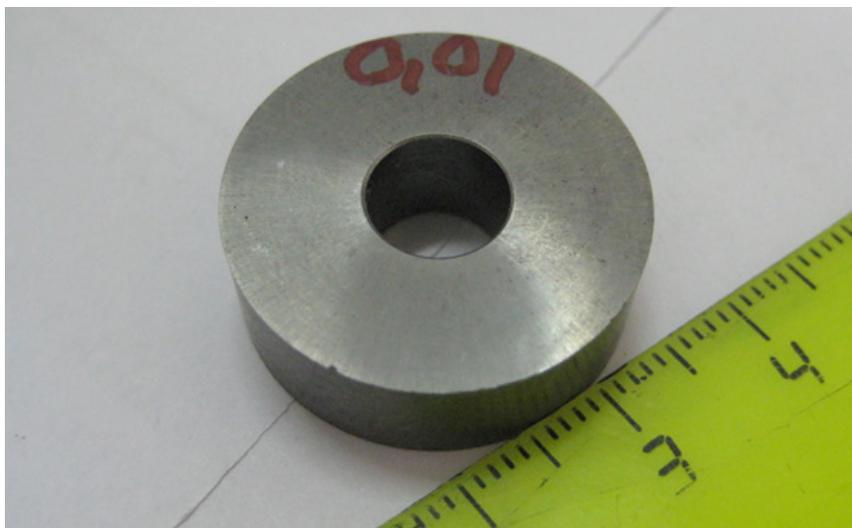


Рис. 2. Вырезанная заготовка из спеченного твердого сплава под мелко модульную червячную фрезу на электроэрозионном станке

Далее с помощью электроэрозионной вырезки формируются стружечные канавки будущей червячной фрезы, и заготовка принимает форму фрезы рис. 3.

Затем на специальном шлифовальном станке алмазными кругами формируется профиль зубьев червячной фрезы и затылованная задняя поверхность [16–22] рис. 4 — рис. 6

В табл. 1 приведены исследования влияния параметров электроэрозионной обработки включающие значения частоты, длительности электрических импульсов и силы рабочего тока в зависимости от шероховатости поверхностного слоя твердого сплава [23–25].

На рис. 7 приведен экран электроэрозионного станка с ЧПУ с фрагментом программы и чертежом обрабатываемой фрезы.

На основании проведенного исследования и анализа опыта применения электроэрозионной обработки можно сделать вывод, что процесс электроэрозионной обработки твердосплавных инструментов является перспективным и характеризуется комплексной взаимосвязью параметров процесса электроэрозии (табл. 1 и 2), специфики конструкции режущего инструмента включающей: геометрию, шероховатость и физико-химические харак-



Рис. 3. Заготовка мелко модульной твердосплавной червячной фрезы с вырезанными стружечными канавками на электроэрозионном станке



Рис. 4. Затылованная мелко модульная твердосплавная червячная фреза

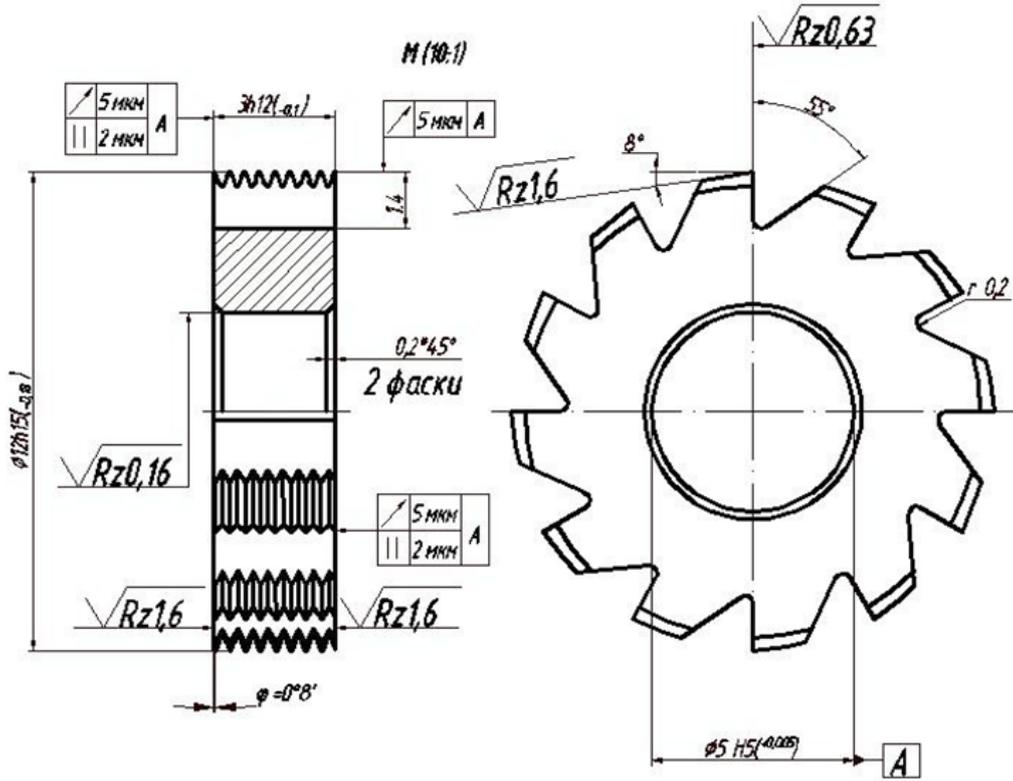


Рис. 5. Чертеж мелко модульной червячной фрезы



Рис. 6. Профиль зубьев фрезы

Таблица 1. Влияние режимов электроэрозионной обработки фрезы из сплава ВК8 на шероховатость и эксплуатационные показатели

Материал электрода (площадь обработки, мм ²)	Частота, кГц	Длительность импульсов, мкс	Сила тока, А	Производительность, мм ³ /мин	Относительный объемный износ ЭИ, %	Параметр шероховатости, мкм
МНБ-3 (400)	8	100	46	155	66	Rz=20
	44	19	40	128	37	Rz=10
	100	7	29	84	34	Ra=2,5...2,0
	200	3	19	40	40	Ra=2,0...1,25

M1 (180)	66	14	10	26	140	Ra=2,5...1,25
	88	10	6	10	130	Ra=2,0...1,25
	200	3	0,5	5	110	Ra=1,25... 0,63
	200	3	0.1	3	100	Ra=0,4.. 0,32

Таблица 2. Рекомендуемые режимы обработки твердого сплава ВК8 в зависимости от требуемого параметра шероховатости обработанной поверхности

Параметр шероховатости, мкм	Электрические параметры импульса				Относительный объемный износ электрода, %
	Частота, кГц	Длительность, мкс	Скважность	Сила рабочего тока, А	
Rz = 40	8	60–100	2	40–60	150/65
Rz = 40	8; 22; 44	10–60	2	25–40	(110–130)/(35–40)
Ra= 1,6	88; 200	1,5–7,0	2	10–30	(70–80)/(35–40)
Ra = 0,8	200; 440	1,0–3,0	2,3	3–15	(70–80)/40
Ra = 0,4	200; 440	1,0–3,0	2	0,1–1	100/40

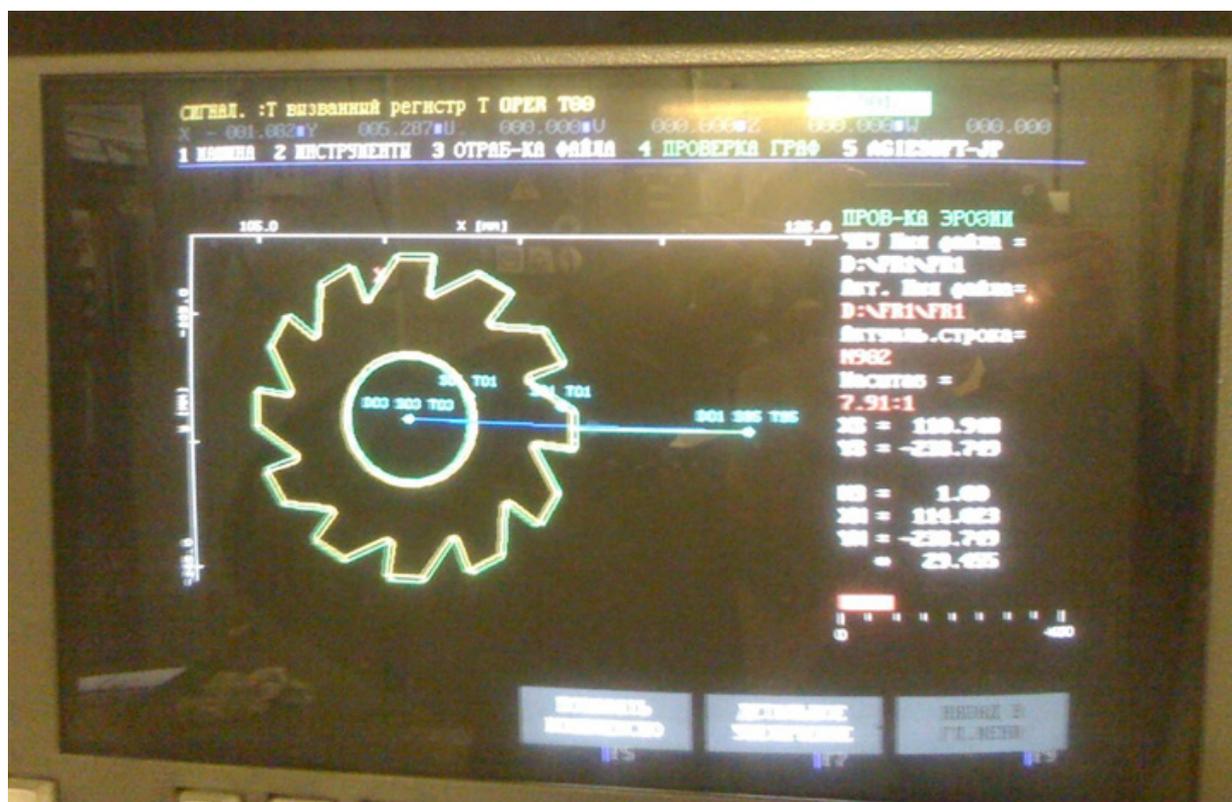


Рис. 7. Программа ЧПУ на экране электроэрозионного станка

теристики поверхностного слоя [25–30]. При этом электроэрозия достаточно эффективна по сравнению с традиционными методами обработки твердого сплава из-за его высокой твердости.

Литература:

1. Петухов, Ю.Е. Формообразование численными методами. М: Янус-К, 2004, 198 с.
2. Петухов, Ю.Е. Задачи по формообразованию при обработке резанием./Петухов Ю.Е., Колесов Н.В., Юрасов С. Ю./Вестник машиностроения. 2014. №3. с. 65–71.
3. Петухов, Ю.Е. Математическая модель криволинейной режущей кромки спирального сверла с постоянной стойкостью точек режущей кромки./Петухов Ю.Е., Водовозов А. А./СТИН. 2014. №3. с. 8–11.

4. Петухов, Ю.Е. Определение задних кинематических углов при обработке винтовых фасонных поверхностей стандартными фрезами прямого профиля./Петухов Ю.Е., Домнин П.В./Вестник МГТУ Станкин. 2014. №2 (29). с. 27–33.
5. Петухов, Ю.Е. Заточивание по передней поверхности спиральных сверл с криволинейными режущими кромками./Петухов Ю.Е., Водовозов А.А./Вестник МГТУ Станкин. 2014. №1 (28). с. 39–43.
6. Петухов, Ю.Е. Формирование базы знаний процесса проектирования инструмента для обработки канавок в глубоких отверстиях./Петухов Ю.Е., Домнин П.В., Тимофеева А.А./Научная жизнь. 2014. №5. с. 21–29.
7. Петухов, Ю.Е. Анализ влияния скорости резания точек режущей кромки на стойкость спирального сверла и пути ее увеличения./Петухов Ю.Е., Водовозов А.А./Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 2. №1 (15). с. 31–35.
8. Петухов, Ю.Е. Формообразование фасонных винтовых поверхностей инструментов на основе применения стандартных концевых и торцевых фрез./Петухов Ю.Е., Домнин П.В./Москва, МГТУ Станкин, 2012, 130 с.
9. Петухов, Ю.Е. Математическая модель криволинейной режущей кромки спирального сверла повышенной стойкости./Петухов Ю.Е., Водовозов А.А./Вестник МГТУ Станкин. 2012. №3. с. 28–32.
10. Петухов, Ю.Е. Компьютерное моделирование обработки винтовой канавки на заготовке концевой фрезы./Петухов Ю.Е., Домнин П.В./Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2011. №2. с. 156–164.
11. Петухов, Ю.Е. Разработка численного метода профилирования./Петухов Ю.Е., Атрощенко Т.С./В сборнике: Автоматизация: проблемы, идеи, решения. Материалы международной научно-технической конференции: в двух томах. 2010. с. 185–188.
12. Петухов, Ю.Е. Определение формы задней поверхности дисковой фрезы при обработке фасонной поверхности детали./Петухов Ю.Е., Мовсесян А.В./Вестник машиностроения. 2007. №8. с. 56–57
13. Петухов, Ю.Е. Проектирование инструментов для обработки резанием деталей с фасонной винтовой поверхностью на стадии технологической подготовки производства./Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук/МГТУ Станкин. Москва. 2004
14. Петухов, Ю.Е. Проектирование инструментов для обработки резанием деталей с фасонной винтовой поверхностью на стадии технологической подготовки производства./Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Москва, 2004
15. Домнин, П.В. Разработка процесса формообразования фасонных винтовых поверхностей инструментов на основе применения стандартных концевых и торцевых фрез. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Московский государственный технологический университет. Москва, 2012.
16. Домнин, П.В. Формирование фасонных винтовых поверхностей стандартными концевыми и торцевыми фрезами. Главный механик. 2013. №11. с. 39–46
17. Петухов, Ю.Е. Некоторые направления развития САПР режущего инструмента. СТИН. 2003. №8. с. 26–30.
18. Колесов, Н.В. Система контроля сложных кромок режущих инструментов./Колесов Н.В., Петухов Ю.Е./Комплект: ИТО. Инструмент. Технология. Оборудование. 2003. №2. с. 42.
19. Колесов, Н.В. Компьютерная модель дисковых фасонных затылованных фрез./Колесов Н.В., Петухов Ю.Е., Баринов А.В./Вестник машиностроения. 1999. №6. с. 57.
20. Колесов, Н.В. Математическая модель червячной фрезы с протуберанцем./Колесов Н.В., Петухов Ю.Е./СТИН. 1995. №6. с. 26
21. Петухов, Ю.Е. Проектирование производящей инструментальной и исходной поверхностей на основе методов машинного моделирования./Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Москва, 1984
22. Петухов, Ю.Е. Способ формообразования фасонных винтовых поверхностей./Петухов Ю.Е., Домнин П.В./Патент на изобретение RUS 244797224.06.2010
23. Петухов, Ю.Е. Способ заточки задних поверхностей сверл./Петухов Ю.Е., Водовозов А.А./патент на изобретение RUS 246684529.03.2011
24. Petukhov Yu. E. Curvilinear cutting edge of a helical bit with uniform life./Petukhov Yu. E., Vodovozov A. A./Russian Engineering Research. 2014. Т. 34. №10. с. 645–648.
25. Petukhov, Y. E. Shaping precision in machining a screw surface./Petukhov Y. E., Domnin P. V./Russian Engineering Research. 2011. Т. 31. №10. с. 1013–1015.
26. Kolesov, N. V. The mathematical model of a hob with protuberances./Kolesov N. V., Petukhov Yu. E./Russian Engineering Research. 1995. Т. 15. №4. с. 71–75.
27. Petukhov Yu. E. Some directions of cutting tool cad system development. Russian Engineering Research. 2003. Т. 23. №8. с. 72–76.

28. Petukhov Yu. E. Determining the shape of the back surface of disc milling cutter for machining a contoured surface. / Petukhov Yu. E., Movsesyan A. V. / Russian Engineering Research. 2007. T. 27. № 8. с. 519–521.
29. Kolesov, N. V. Computer models of cutting tools. / Kolesov N. V., Petukhov Yu. E. / Russian Engineering Research. 2007. T. 27. № 11. с. 812–814.
30. Petukhov Yu. E. Geometric shaping in cutting. / Petukhov Yu. E., Kolesov N. V., Yurasov S. Yu. / Russian Engineering Research. 2014. T. 34. № 6. с. 374–380.

Моделирование синхронного неявнополюсного дугостаторного двигателя ($Z_1 = 12$) с укладкой обмотки индуктора через спинку ярма

Емельянов Александр Александрович, доцент;
 Козлов Алексей Максимович, студент;
 Бесклеткин Виктор Викторович, студент;
 Дылдин Михаил Юрьевич, студент;
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;
 Чернов Михаил Владимирович, студент;
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;
 Фуртиков Кирилл Алексеевич, студент;
 Реутов Александр Янович, студент.

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В данной работе моделирование синхронного неявнополюсного дугостаторного двигателя (СНДД) проводилось с помощью магнитных и электрических схем замещения [1]. Эта работа опирается на статью [2] и основным отличием является намотка обмотки индуктора через ярмо. Магнитопровод и обмотка подвижного элемента (ротора) остаются без изменений (рис. 2).

Так как работа адресована студентам, то для лучшего овладения материалом выводы математических формул даны без сокращений.

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

Баланс магнитных напряжений магнитной цепи

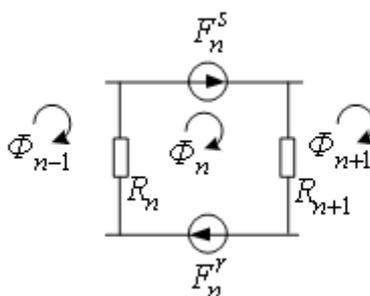


Рис. 1. Магнитная схема замещения « n »-ого участка

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

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

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

$F_n^r = \omega_n^r \cdot i_n^r + \omega_n^r \cdot I_n^f$ — М.Д. С. тока в обмотке ротора;

$F_n^s = 0$ — в шунтирующих зонах.

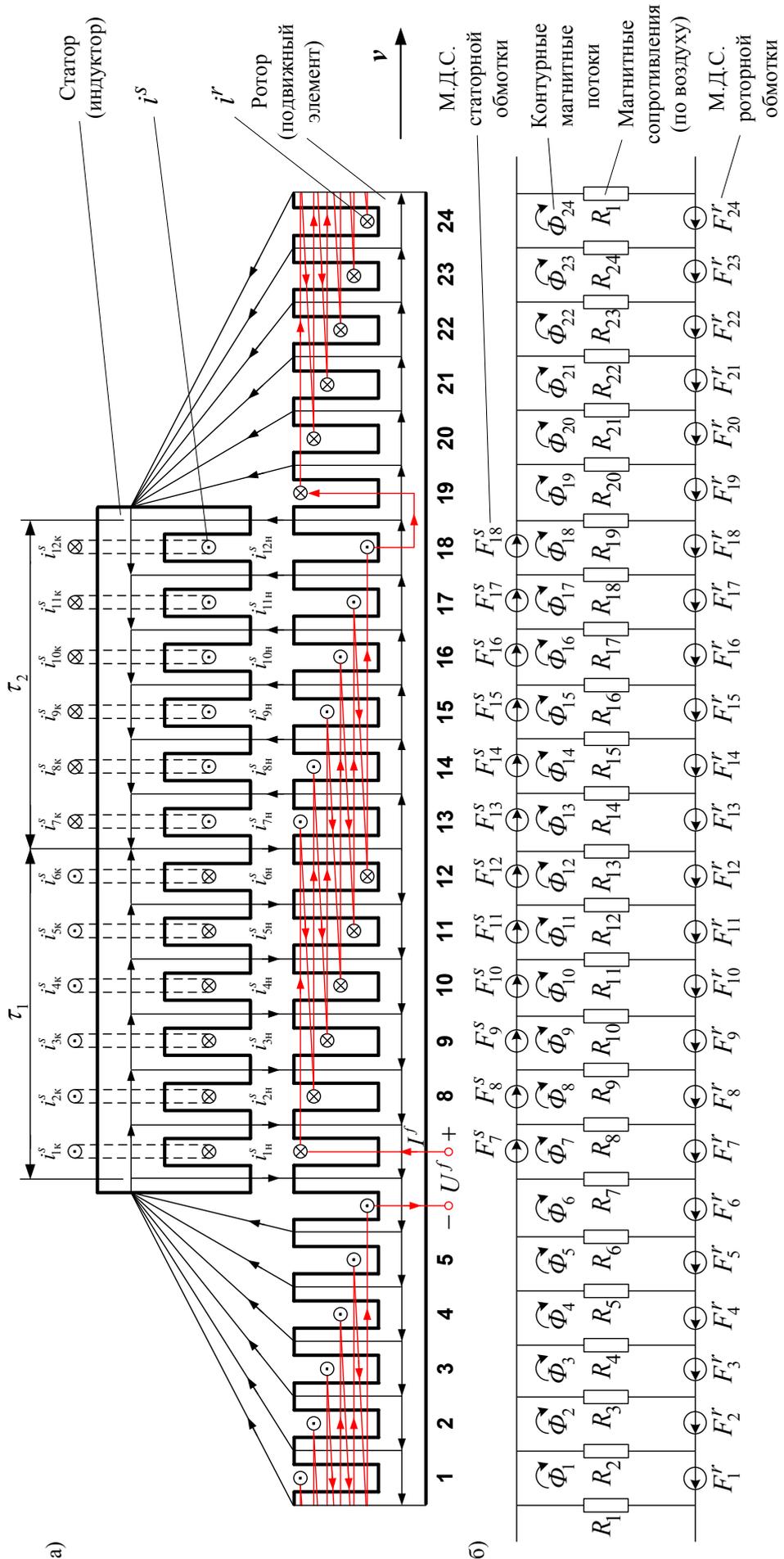


Рис. 2. а) Синхронный неявнополюсный дугоустаторный двигатель ($2p = 2, Z_1 = 12$); б) Магнитная схема замещения

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

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

где $F_n^r = F_n^{r \text{ асинхр.}} + F_n^{f \text{ синхр.}} = \underbrace{\omega_n^r \cdot i_n^r}_{\text{асинхр.}} + \underbrace{\omega_n^r \cdot I_n^f}_{\text{синхр.}}$.

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

Ток i_n^r условно назовем асинхронной составляющей полного тока в роторной обмотке. Этот ток создается от Э. Д. С. трансформации, Э. Д. С. движения, от изменяющегося потока во времени или от движущего потока в пространстве. При построении обобщенной математической модели двигателей, исключая вторую составляющую М. Д. С. ($F_n^{f \text{ синхр.}}$) с помощью соответствующих ключей, можно перейти к линейным (дугостаторным) асинхронным двигателям [4], [5], ..., [9].

Вторая составляющая М. Д. С. (условно назовем синхронная составляющая $F_n^{f \text{ синхр.}}$) представляет собой бегущую в пространстве ступенчатую фигуру в соответствии с дискретным расположением роторной обмотки.

В данной работе синхронную составляющую выразим 1-й гармоникой бегущей волны:

$$F_n^{f \text{ синхр.}} = \omega_n^r \cdot I_M^f \cdot \sin\left(\omega R \cdot k \cdot dt - \frac{\pi}{\tau} \cdot t_z \cdot (n - 0,5)\right),$$

где $\tau = 6 \cdot t_z$ - полюсное деление;

$$\omega R = \frac{\pi}{\tau} \cdot v_0;$$

v_0 — линейная скорость ($v_0 = v_{k-1}$).

Отсюда асинхронная составляющая тока в обмотке ротора определится по следующему выражению:

$$i_{n,k}^r = -\frac{\omega_n^s}{\omega_n^r} \cdot i_{n,k}^s - \frac{R_n}{\omega_n^r} \cdot \Phi_{n-1,k} + \frac{R_n + R_{n+1}}{\omega_n^r} \cdot \Phi_{n,k} - \frac{R_{n+1}}{\omega_n^r} \cdot \Phi_{n+1,k} - I_{n,k}^f \tag{1}$$

Уравнение баланса напряжений электрической цепи ротора для асинхронной составляющей тока ротора

$$r^r \cdot i_n^r + L^r \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial t} + L^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{\partial i_n^r}{\partial x} = -\omega_n^r \cdot \frac{\partial \Phi_n}{\partial t} - \omega_n^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{\partial \Phi_n}{\partial x}. \tag{2}$$

Выразим производные во времени через конечные разности:

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

где n — номер зубцового деления;

k — номер шага разбиения по времени.

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

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

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

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

$$\begin{aligned} r^r \cdot i_{n,k}^r + L^r \cdot \frac{i_{n,k}^r - i_{n,k-1}^r}{\Delta t} + L^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{i_{n+1,k}^r - i_{n-1,k}^r}{2 \cdot t_z} = \\ = -\omega_n^r \cdot \frac{\Phi_{n,k} - \Phi_{n,k-1}}{\Delta t} - \omega_n^r \cdot v_{k-1} \cdot \frac{\Phi_{n+1,k} - \Phi_{n-1,k}}{2 \cdot t_z}. \end{aligned} \tag{3}$$

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

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

Это уравнение может быть реализовано при произведении матрицы **A**, элементы которой записаны в квадратных скобках, на матрицу-столбец **X**, состоящей из потоков (Φ) и токов статорной обмотки. Правая часть уравнения (4) формирует первые двадцать четыре элемента матрицы-столбца свободных членов **S** в ($k-1$) момент времени. Элементы 25, 26, ..., 36 строк матрицы **A** и соответствующие элементы $s_{25}, s_{26}, \dots, s_{36}$ будут сформированы из баланса напряжений статорной обмотки.

Матрица-столбец **X** сформирована из первых двадцати четырех элементов, соответствующих потокам $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_{24}$, а остальные — токам статорной обмотки $i_1^s, i_2^s, \dots, i_{12}^s$.

Общий вид матриц при числе полюсов $2p = 2$ и общем числе пазов индуктора (статора) $Z_1 = 12$ приведен на рис. 3. Введем следующие обозначения:

$$N1 = \frac{L^r \cdot v_{k-1}}{\omega_n^r \cdot 2t_z}; \quad N2 = \frac{1}{\omega_n^r} \cdot \left(r^r + \frac{L^r}{\Delta t} \right); \quad N3 = \frac{\omega_n^r}{\Delta t}; \quad N4 = \frac{L^r}{\omega_n^r \cdot \Delta t}; \quad N5 = \frac{(\omega_n^r)^2}{L^r}.$$

– Магнитные сопротивления в шунтирующих зонах:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_{22} = R_{23} = R_{24} = 500 \cdot R_\delta;$$

$$R_5 = R_{21} = 50 \cdot R_\delta;$$

$$R_6 = R_{20} = 5 \cdot R_\delta.$$

– Магнитные сопротивления в индукторной зоне:

$$R_7 = R_8 = \dots = R_{19} = R_\delta.$$

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

$$B_n = (R_{n+1} + R_n) \cdot N2 + (R_n - R_{n+1}) \cdot N1 + N3;$$

$$C_n = (-R_{n+1}) \cdot N2 + (R_{n+2} + R_{n+1} + N5) \cdot N1;$$

$$D_n = R_{n-1} \cdot N1.$$

$$E_n = -R_n \cdot N2 - (R_n + R_{n-1} + N5) \cdot N1;$$

$$G_n = -R_{n+2} \cdot N1.$$

– Элементы матрицы **A**, перемножаемые на токи матрицы **X**:

$$T = -\omega_n^S \cdot N1;$$

$$Y = -\omega_n^S \cdot N2.$$

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

$$W1 = -\omega_n^S \cdot N4;$$

$$P_n = -R_n \cdot N4;$$

$$P1_n = -R_{n+1} \cdot N4;$$

$$Q_n = (R_{n+1} + R_n) \cdot N4 + N3.$$

$$I_{n,k}^f = I_{\max}^f \cdot \sin\left(\omega R \cdot (k \cdot dt) + \frac{\pi}{\tau} \cdot t_Z \cdot (n - 0,5) - w12 \cdot \frac{\pi}{12}\right);$$

$$I_{n,k-1}^f = I_{\max}^f \cdot \sin\left(\omega R \cdot ((k - 1) \cdot dt) + \frac{\pi}{\tau} \cdot t_Z \cdot (n - 0,5) - w12 \cdot \frac{\pi}{12}\right).$$

С учетом вышеприведенных обозначений ($N1, N2, \dots, N5, T, Y, W1, P, P1, Q$) уравнение 4 приобретет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\omega_n^S \cdot N1\right]}_{-T} \cdot i_{n-1,k}^S + \underbrace{\left[-\omega_n^S \cdot N2\right]}_Y \cdot i_{n,k}^S + \underbrace{\left[-\omega_n^S \cdot N1\right]}_T \cdot i_{n+1,k}^S + \underbrace{\left[R_{n-1} \cdot N1\right]}_{D_1, \dots, D_{24}} \cdot \Phi_{n-2,k} + \\ & + \underbrace{\left[-R_n \cdot N2 - ((R_n + R_{n-1}) + N5) \cdot N1\right]}_{E_1, \dots, E_{24}} \cdot \Phi_{n-1,k} + \\ & + \underbrace{\left[(R_{n+1} + R_n) \cdot N2 + (R_n - R_{n+1}) \cdot N1 + N3\right]}_{B_1, \dots, B_{24}} \cdot \Phi_{n,k} + \\ & + \underbrace{\left[-R_{n+1} \cdot N2 + ((R_{n+2} + R_{n+1}) + N5) \cdot N1\right]}_{C_1, \dots, C_{24}} \cdot \Phi_{n+1,k} + \underbrace{\left[-R_{n+2} \cdot N1\right]}_{G_1, \dots, G_{24}} \cdot \Phi_{n+2,k} = \\ & = \underbrace{\left(-\omega_n^S \cdot N4\right)}_{W1} \cdot i_{n,k-1}^S + \underbrace{\left(-R_n \cdot N4\right)}_{P_1, \dots, P_{24}} \cdot \Phi_{n-1,k-1} + \underbrace{\left((R_{n+1} + R_n) \cdot N4 + N3\right)}_{Q_1, \dots, Q_{24}} \cdot \Phi_{n,k-1} + \\ & + \underbrace{\left(-R_{n+1} \cdot N4\right)}_{P1_1, \dots, P1_{24}} \cdot \Phi_{n+1,k-1} - \left(\omega_n^r \cdot N1\right) \cdot I_{n-1,k}^f + \left(\omega_n^r \cdot N2\right) \cdot I_{n,k}^f + \\ & + \left(\omega_n^r \cdot N1\right) \cdot I_{n+1,k}^f + \left(-\omega_n^r \cdot N4\right) \cdot I_{n,k-1}^f. \end{aligned} \tag{4'}$$

После подстановки в (4') выражений ($T, Y, D_n, E_n, B_n, C_n, G_n$) получаем простое выражение удобное для программирования:

$$\begin{aligned} & \left[-T\right] \cdot i_{n-1,k}^S + \left[Y\right] \cdot i_{n,k}^S + \left[T\right] \cdot i_{n+1,k}^S + \left[D_n\right] \cdot \Phi_{n-2,k} + \left[E_n\right] \cdot \Phi_{n-1,k} + \left[B_n\right] \cdot \Phi_{n,k} + \left[C_n\right] \cdot \Phi_{n+1,k} + \\ & + \left[G_n\right] \cdot \Phi_{n+2,k} = W1 \cdot i_{n,k-1}^S + P_n \cdot \Phi_{n-1,k-1} + Q_n \cdot \Phi_{n,k-1} + P1_n \cdot \Phi_{n+1,k-1} - \\ & - \left(\omega_n^r \cdot N1\right) \cdot I_{n-1,k}^f + \left(\omega_n^r \cdot N2\right) \cdot I_{n,k}^f + \left(\omega_n^r \cdot N1\right) \cdot I_{n+1,k}^f + \left(-\omega_n^r \cdot N4\right) \cdot I_{n,k-1}^f. \end{aligned} \tag{4''}$$

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

$$n = 1.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[D_1\right]}_{a_{1,23}} \cdot \underbrace{\Phi_{23,k}}_{x_{23}} + \underbrace{\left[E_1\right]}_{a_{1,24}} \cdot \underbrace{\Phi_{24,k}}_{x_{24}} + \underbrace{\left[B_1\right]}_{a_{1,1}} \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \underbrace{\left[C_1\right]}_{a_{1,2}} \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \underbrace{\left[G_1\right]}_{a_{1,3}} \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} = \\ & = \underbrace{P_1 \cdot \Phi_{24,k-1} + Q_1 \cdot \Phi_{1,k-1} + P1_1 \cdot \Phi_{2,k-1}}_{S_1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{1,k}^f + N1 \cdot (I_{2,k}^f - I_{24,k}^f) - N4 \cdot I_{1,k-1}^f\right). \end{aligned}$$

Запишем элементы матрицы **A**:

$$a_{1,23} = D_1; a_{1,24} = E_1; a_{1,1} = B_1; a_{1,2} = C_1; a_{1,3} = G_1.$$

В правой части сформирован элемент s_1 матрицы-столбца S :

$$s_1 = P_1 \cdot x_{24,k-1} + Q_1 \cdot x_{1,k-1} + P1 \cdot x_{2,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{1,k}^f + N1 \cdot \left(I_{2,k}^f - I_{24,k}^f \right) - N4 \cdot I_{1,k-1}^f \right).$$

Примечание: вначале матрица A предстанет «пустой» и после каждой операции $n = \dots$ определяются постепенно элементы для каждой строки и только в конце всех операций матрица A предстанет перед читателем в том виде как она дана на рис. 3. Но эта «пустая» матрица A уже должна быть подготовлена. Эта «пустая» форма направляет, выступает «организующим началом» по поиску элементов в каждой строке.

При $n = 1$, как было показано выше, определились элементы первой строки. Найденные коэффициенты вписываем в матрицу A . В дальнейшем становится понятным алгоритм заполнения матрицы.

$n = 2.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\begin{matrix} D_2 \\ a_{2,24} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{24,k}}_{x_{24}} + \left[\begin{matrix} E_2 \\ a_{2,1} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \left[\begin{matrix} B_2 \\ a_{2,2} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \left[\begin{matrix} C_2 \\ a_{2,3} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \left[\begin{matrix} G_2 \\ a_{2,4} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4}}_{s_2} = \\ & = P_2 \cdot \Phi_{1,k-1} + Q_2 \cdot \Phi_{2,k-1} + P1_2 \cdot \Phi_{3,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{2,k}^f + N1 \cdot \left(I_{3,k}^f - I_{1,k}^f \right) - N4 \cdot I_{2,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

$$a_{2,24} = D_2; a_{2,1} = E_2; a_{2,2} = B_2; a_{2,3} = C_2; a_{2,4} = G_2.$$

$$s_2 = P_2 \cdot x_{1,k-1} + Q_2 \cdot x_{2,k-1} + P1_2 \cdot x_{3,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{2,k}^f + N1 \cdot \left(I_{3,k}^f - I_{1,k}^f \right) - N4 \cdot I_{2,k-1}^f \right).$$

$n = 3.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\begin{matrix} D_3 \\ a_{3,1} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{1,k}}_{x_1} + \left[\begin{matrix} E_3 \\ a_{3,2} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \left[\begin{matrix} B_3 \\ a_{3,3} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \left[\begin{matrix} C_3 \\ a_{3,4} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \left[\begin{matrix} G_3 \\ a_{3,5} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5}}_{s_3} = \\ & = P_3 \cdot \Phi_{2,k-1} + Q_3 \cdot \Phi_{3,k-1} + P1_3 \cdot \Phi_{4,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{3,k}^f + N1 \cdot \left(I_{4,k}^f - I_{2,k}^f \right) - N4 \cdot I_{3,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

$$a_{3,1} = D_3; a_{3,2} = E_3; a_{3,3} = B_3; a_{3,4} = C_3; a_{3,5} = G_3.$$

$$s_3 = P_3 \cdot x_{2,k-1} + Q_3 \cdot x_{3,k-1} + P1_3 \cdot x_{4,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{3,k}^f + N1 \cdot \left(I_{4,k}^f - I_{2,k}^f \right) - N4 \cdot I_{3,k-1}^f \right).$$

$n = 4.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\begin{matrix} D_4 \\ a_{4,2} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{2,k}}_{x_2} + \left[\begin{matrix} E_4 \\ a_{4,3} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \left[\begin{matrix} B_4 \\ a_{4,4} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \left[\begin{matrix} C_4 \\ a_{4,5} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \left[\begin{matrix} G_4 \\ a_{4,6} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6}}_{s_4} = \\ & = P_4 \cdot \Phi_{3,k-1} + Q_4 \cdot \Phi_{4,k-1} + P1_4 \cdot \Phi_{5,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{4,k}^f + N1 \cdot \left(I_{5,k}^f - I_{3,k}^f \right) - N4 \cdot I_{4,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

$$a_{4,2} = D_4; a_{4,3} = E_4; a_{4,4} = B_4; a_{4,5} = C_4; a_{4,6} = G_4.$$

$$s_4 = P_4 \cdot x_{3,k-1} + Q_4 \cdot x_{4,k-1} + P1_4 \cdot x_{5,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{4,k}^f + N1 \cdot \left(I_{5,k}^f - I_{3,k}^f \right) - N4 \cdot I_{4,k-1}^f \right).$$

$n = 5.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[\begin{matrix} D_5 \\ a_{5,3} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{3,k}}_{x_3} + \left[\begin{matrix} E_5 \\ a_{5,4} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \left[\begin{matrix} B_5 \\ a_{5,5} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \left[\begin{matrix} C_5 \\ a_{5,6} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \left[\begin{matrix} G_5 \\ a_{5,7} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7}}_{s_5} = \\ & = P_5 \cdot \Phi_{4,k-1} + Q_5 \cdot \Phi_{5,k-1} + P1_5 \cdot \Phi_{6,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{5,k}^f + N1 \cdot \left(I_{6,k}^f - I_{4,k}^f \right) - N4 \cdot I_{5,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

$$a_{5,3} = D_5; a_{5,4} = E_5; a_{5,5} = B_5; a_{5,6} = C_5; a_{5,7} = G_5.$$

$$s_5 = P_5 \cdot x_{4,k-1} + Q_5 \cdot x_{5,k-1} + P1_5 \cdot x_{6,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{5,k}^f + N1 \cdot \left(I_{6,k}^f - I_{4,k}^f \right) - N4 \cdot I_{5,k-1}^f \right).$$

$n = 6.$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} T \\ a_{6,25} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{25}} + \left[\begin{matrix} D_6 \\ a_{6,4} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{4,k}}_{x_4} + \left[\begin{matrix} E_6 \\ a_{6,5} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{5,k}}_{x_5} + \left[\begin{matrix} B_6 \\ a_{6,6} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{6,k}}_{x_6} + \left[\begin{matrix} C_6 \\ a_{6,7} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \left[\begin{matrix} G_6 \\ a_{6,8} \end{matrix} \right] \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8}}_{s_6} =$$

$$= \underbrace{P_6 \cdot \Phi_{5,k-1} + Q_6 \cdot \Phi_{6,k-1} + P1_6 \cdot \Phi_{7,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{6,k}^f + N1 \cdot (I_{7,k}^f - I_{5,k}^f) - N4 \cdot I_{6,k-1}^f)}_{S_6}$$

$$a_{6,4} = D_6; a_{6,5} = E_6; a_{6,6} = B_6; a_{6,7} = C_6; a_{6,8} = G_6; a_{6,25} = T.$$

$$s_6 = P_6 \cdot x_{5,k-1} + Q_6 \cdot x_{6,k-1} + P1_6 \cdot x_{7,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{6,k}^f + N1 \cdot (I_{7,k}^f - I_{5,k}^f) - N4 \cdot I_{6,k-1}^f).$$

$n = 7.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[Y] \cdot i_{1,k}^s + [T] \cdot i_{2,k}^s + [D_7] \cdot \Phi_{5,k} + [E_7] \cdot \Phi_{6,k} + [B_7] \cdot \Phi_{7,k} + [C_7] \cdot \Phi_{8,k} + [G_7] \cdot \Phi_{9,k}}_{a_{7,25} \ x_{25} \ a_{7,26} \ x_{26} \ a_{7,5} \ x_5 \ a_{7,6} \ x_6 \ a_{7,7} \ x_7 \ a_{7,8} \ x_8 \ a_{7,9} \ x_9} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{1,k-1}^s + P_7 \cdot \Phi_{6,k-1} + Q_7 \cdot \Phi_{7,k-1} + P1_7 \cdot \Phi_{8,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{7,k}^f + N1 \cdot (I_{8,k}^f - I_{6,k}^f) - N4 \cdot I_{7,k-1}^f)}_{S_7}. \end{aligned} \quad a_{7,5} = D_7;$$

$$a_{7,6} = E_7; a_{7,7} = B_7; a_{7,8} = C_7; a_{7,9} = G_7; a_{7,25} = Y; a_{7,26} = T.$$

$$s_7 = W1 \cdot x_{25,k-1} + P_7 \cdot x_{6,k-1} + Q_7 \cdot x_{7,k-1} + P1_7 \cdot x_{8,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{7,k}^f + N1 \cdot (I_{8,k}^f - I_{6,k}^f) - N4 \cdot I_{7,k-1}^f). \quad n = 8.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{1,k}^s + [Y] \cdot i_{2,k}^s + [T] \cdot i_{3,k}^s + [D_8] \cdot \Phi_{6,k} + [E_8] \cdot \Phi_{7,k} + [B_8] \cdot \Phi_{8,k} + [C_8] \cdot \Phi_{9,k} + [G_8] \cdot \Phi_{10,k}}_{a_{8,25} \ x_{25} \ a_{8,26} \ x_{26} \ a_{8,27} \ x_{27} \ a_{8,6} \ x_6 \ a_{8,7} \ x_7 \ a_{8,8} \ x_8 \ a_{8,9} \ x_9 \ a_{8,10} \ x_{10}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{2,k-1}^s + P_8 \cdot \Phi_{7,k-1} + Q_8 \cdot \Phi_{8,k-1} + P1_8 \cdot \Phi_{9,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{8,k}^f + N1 \cdot (I_{9,k}^f - I_{7,k}^f) - N4 \cdot I_{8,k-1}^f)}_{S_8}. \end{aligned} \quad a_{8,6} = D_8;$$

$$a_{8,7} = E_8; a_{8,8} = B_8; a_{8,9} = C_8; a_{8,10} = G_8;$$

$$a_{8,25} = -T; a_{8,26} = Y; a_{8,27} = T.$$

$$s_8 = W1 \cdot x_{26,k-1} + P_8 \cdot x_{7,k-1} + Q_8 \cdot x_{8,k-1} + P1_8 \cdot x_{9,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{8,k}^f + N1 \cdot (I_{9,k}^f - I_{7,k}^f) - N4 \cdot I_{8,k-1}^f). \quad n = 9.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{2,k}^s + [Y] \cdot i_{3,k}^s + [T] \cdot i_{4,k}^s + [D_9] \cdot \Phi_{7,k} + [E_9] \cdot \Phi_{8,k} + [B_9] \cdot \Phi_{9,k} + [C_9] \cdot \Phi_{10,k} + [G_9] \cdot \Phi_{11,k}}_{a_{9,26} \ x_{26} \ a_{9,27} \ x_{27} \ a_{9,28} \ x_{28} \ a_{9,7} \ x_7 \ a_{9,8} \ x_8 \ a_{9,9} \ x_9 \ a_{9,10} \ x_{10} \ a_{9,11} \ x_{11}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{3,k-1}^s + P_9 \cdot \Phi_{8,k-1} + Q_9 \cdot \Phi_{9,k-1} + P1_9 \cdot \Phi_{10,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{9,k}^f + N1 \cdot (I_{10,k}^f - I_{8,k}^f) - N4 \cdot I_{9,k-1}^f)}_{S_9}. \end{aligned}$$

$$a_{9,7} = D_9; a_{9,8} = E_9; a_{9,9} = B_9; a_{9,10} = C_9; a_{9,11} = G_9;$$

$$a_{9,26} = -T; a_{9,27} = Y; a_{9,28} = T.$$

$$s_9 = W1 \cdot x_{27,k-1} + P_9 \cdot x_{8,k-1} + Q_9 \cdot x_{9,k-1} + P1_9 \cdot x_{10,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{9,k}^f + N1 \cdot (I_{10,k}^f - I_{8,k}^f) - N4 \cdot I_{9,k-1}^f). \quad n = 10.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{3,k}^s + [Y] \cdot i_{4,k}^s + [T] \cdot i_{5,k}^s + [D_{10}] \cdot \Phi_{8,k} + [E_{10}] \cdot \Phi_{9,k} + [B_{10}] \cdot \Phi_{10,k} + [C_{10}] \cdot \Phi_{11,k} + [G_{10}] \cdot \Phi_{12,k}}_{a_{10,27} \ x_{27} \ a_{10,28} \ x_{28} \ a_{10,29} \ x_{29} \ a_{10,8} \ x_8 \ a_{10,9} \ x_9 \ a_{10,10} \ x_{10} \ a_{10,11} \ x_{11} \ a_{10,12} \ x_{12}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{4,k-1}^s + P_{10} \cdot \Phi_{9,k-1} + Q_{10} \cdot \Phi_{10,k-1} + P1_{10} \cdot \Phi_{11,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{10,k}^f + N1 \cdot (I_{11,k}^f - I_{9,k}^f) - N4 \cdot I_{10,k-1}^f)}_{S_{10}}. \end{aligned}$$

$$a_{10,8} = D_{10}; a_{10,9} = E_{10}; a_{10,10} = B_{10}; a_{10,11} = C_{10}; a_{10,12} = G_{10};$$

$$a_{10,27} = -T; a_{10,28} = Y; a_{10,29} = T.$$

$$s_{10} = W1 \cdot x_{28,k-1} + P_{10} \cdot x_{9,k-1} + Q_{10} \cdot x_{10,k-1} + P1_{10} \cdot x_{11,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{10,k}^f + N1 \cdot (I_{11,k}^f - I_{9,k}^f) - N4 \cdot I_{10,k-1}^f).$$

$n = 11.$

$$\begin{aligned} & \underbrace{[-T] \cdot i_{4,k}^s + [Y] \cdot i_{5,k}^s + [T] \cdot i_{6,k}^s + [D_{11}] \cdot \Phi_{9,k} + [E_{11}] \cdot \Phi_{10,k} + [B_{11}] \cdot \Phi_{11,k} + [C_{11}] \cdot \Phi_{12,k} + [G_{11}] \cdot \Phi_{13,k}}_{a_{11,28} \ x_{28} \ a_{11,29} \ x_{29} \ a_{11,30} \ x_{30} \ a_{11,9} \ x_9 \ a_{11,10} \ x_{10} \ a_{11,11} \ x_{11} \ a_{11,12} \ x_{12} \ a_{11,13} \ x_{13}} = \\ & = \underbrace{W1 \cdot i_{5,k-1}^s + P_{11} \cdot \Phi_{10,k-1} + Q_{11} \cdot \Phi_{11,k-1} + P1_{11} \cdot \Phi_{12,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{11,k}^f + N1 \cdot (I_{12,k}^f - I_{10,k}^f) - N4 \cdot I_{11,k-1}^f)}_{S_{11}}. \end{aligned}$$

$$a_{11,9} = D_{11}; a_{11,10} = E_{11}; a_{11,11} = B_{11}; a_{11,12} = C_{11}; a_{11,13} = G_{11};$$

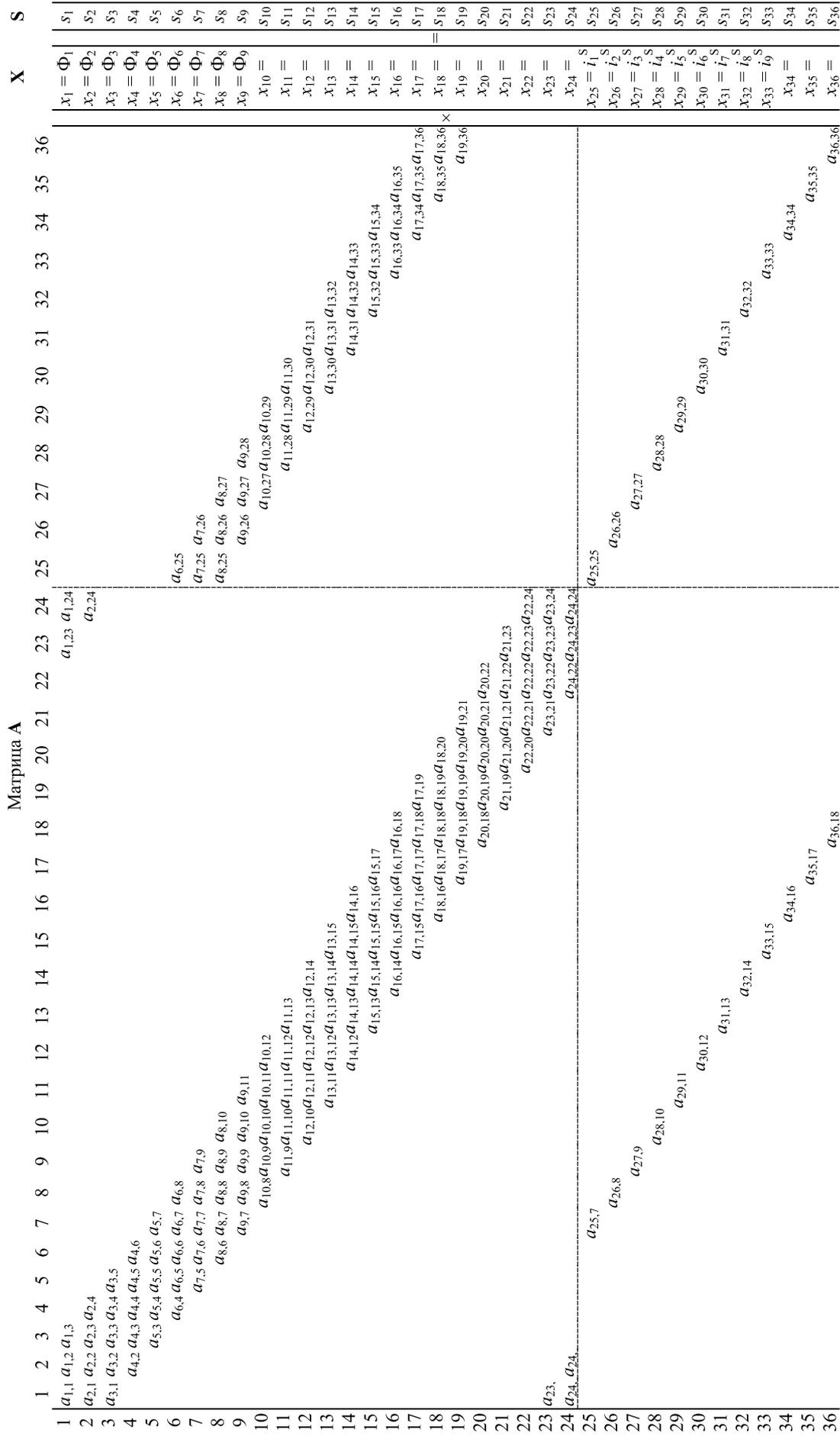


Рис. 3. Общий вид матриц A, X и S.

$$a_{11,28} = -T; a_{11,29} = Y; a_{11,30} = T.$$

$$s_{11} = W1 \cdot x_{29,k-1} + P_{11} \cdot x_{10,k-1} + Q_{11} \cdot x_{11,k-1} + P1_{11} \cdot x_{12,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{11,k}^f + N1 \cdot (I_{12,k}^f - I_{10,k}^f) - N4 \cdot I_{11,k-1}^f \right). n = 12.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[-T \right]}_{a_{12,29}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{29}} + \underbrace{\left[Y \right]}_{a_{12,30}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{30}} + \underbrace{\left[T \right]}_{a_{12,31}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{31}} + \underbrace{\left[D_{12} \right]}_{a_{12,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{\left[E_{12} \right]}_{a_{12,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{\left[B_{12} \right]}_{a_{12,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{\left[C_{12} \right]}_{a_{12,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{\left[G_{12} \right]}_{a_{12,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} = \\ & = W1 \cdot i_{6,k-1}^s + P_{12} \cdot \Phi_{11,k-1} + Q_{12} \cdot \Phi_{12,k-1} + P1_{12} \cdot \Phi_{13,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{12,k}^f + N1 \cdot (I_{13,k}^f - I_{11,k}^f) - N4 \cdot I_{12,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

S_{12}

$$a_{12,10} = D_{12}; a_{12,11} = E_{12}; a_{12,12} = B_{12}; a_{12,13} = C_{12}; a_{12,14} = G_{12};$$

$$a_{12,29} = -T; a_{12,30} = Y; a_{12,31} = T.$$

$$s_{12} = W1 \cdot x_{30,k-1} + P_{12} \cdot x_{11,k-1} + Q_{12} \cdot x_{12,k-1} + P1_{12} \cdot x_{13,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{12,k}^f + N1 \cdot (I_{13,k}^f - I_{11,k}^f) - N4 \cdot I_{12,k-1}^f \right). n = 13.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[-T \right]}_{a_{13,30}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{30}} + \underbrace{\left[Y \right]}_{a_{13,31}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{31}} + \underbrace{\left[T \right]}_{a_{13,32}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{32}} + \underbrace{\left[D_{13} \right]}_{a_{13,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{\left[E_{13} \right]}_{a_{13,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{\left[B_{13} \right]}_{a_{13,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{\left[C_{13} \right]}_{a_{13,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{\left[G_{13} \right]}_{a_{13,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} = \\ & = W1 \cdot i_{7,k-1}^s + P_{13} \cdot \Phi_{12,k-1} + Q_{13} \cdot \Phi_{13,k-1} + P1_{13} \cdot \Phi_{14,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{13,k}^f + N1 \cdot (I_{14,k}^f - I_{12,k}^f) - N4 \cdot I_{13,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

S_{13}

$$a_{13,11} = D_{13}; a_{13,12} = E_{13}; a_{13,13} = B_{13}; a_{13,14} = C_{13}; a_{13,15} = G_{13};$$

$$a_{13,30} = -T; a_{13,31} = Y; a_{13,32} = T.$$

$$s_{13} = W1 \cdot x_{31,k-1} + P_{13} \cdot x_{12,k-1} + Q_{13} \cdot x_{13,k-1} + P1_{13} \cdot x_{14,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{13,k}^f + N1 \cdot (I_{14,k}^f - I_{12,k}^f) - N4 \cdot I_{13,k-1}^f \right). n = 14.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[-T \right]}_{a_{14,31}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{31}} + \underbrace{\left[Y \right]}_{a_{14,32}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{32}} + \underbrace{\left[T \right]}_{a_{14,33}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{33}} + \underbrace{\left[D_{14} \right]}_{a_{14,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{\left[E_{14} \right]}_{a_{14,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{\left[B_{14} \right]}_{a_{14,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{\left[C_{14} \right]}_{a_{14,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \underbrace{\left[G_{14} \right]}_{a_{14,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} = \\ & = W1 \cdot i_{8,k-1}^s + P_{14} \cdot \Phi_{13,k-1} + Q_{14} \cdot \Phi_{14,k-1} + P1_{14} \cdot \Phi_{15,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{14,k}^f + N1 \cdot (I_{15,k}^f - I_{13,k}^f) - N4 \cdot I_{14,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

S_{14}

$$a_{14,12} = D_{14}; a_{14,13} = E_{14}; a_{14,14} = B_{14}; a_{14,15} = C_{14}; a_{14,16} = G_{14};$$

$$a_{14,31} = -T; a_{14,32} = Y; a_{14,33} = T.$$

$$s_{14} = W1 \cdot x_{32,k-1} + P_{14} \cdot x_{13,k-1} + Q_{14} \cdot x_{14,k-1} + P1_{14} \cdot x_{15,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{14,k}^f + N1 \cdot (I_{15,k}^f - I_{13,k}^f) - N4 \cdot I_{14,k-1}^f \right). n = 15.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[-T \right]}_{a_{15,32}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{32}} + \underbrace{\left[Y \right]}_{a_{15,33}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{33}} + \underbrace{\left[T \right]}_{a_{15,34}} \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{34}} + \underbrace{\left[D_{15} \right]}_{a_{15,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{\left[E_{15} \right]}_{a_{15,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{\left[B_{15} \right]}_{a_{15,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \underbrace{\left[C_{15} \right]}_{a_{15,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} + \underbrace{\left[G_{15} \right]}_{a_{15,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} = \\ & = W1 \cdot i_{9,k-1}^s + P_{15} \cdot \Phi_{14,k-1} + Q_{15} \cdot \Phi_{15,k-1} + P1_{15} \cdot \Phi_{16,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{15,k}^f + N1 \cdot (I_{16,k}^f - I_{14,k}^f) - N4 \cdot I_{15,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

S_{15}

$$a_{15,13} = D_{15}; a_{15,14} = E_{15}; a_{15,15} = B_{15}; a_{15,16} = C_{15}; a_{15,17} = G_{15};$$

$$a_{15,32} = -T; a_{15,33} = Y; a_{15,34} = T.$$

$$s_{15} = W1 \cdot x_{33,k-1} + P_{15} \cdot x_{14,k-1} + Q_{15} \cdot x_{15,k-1} + P1_{15} \cdot x_{16,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{15,k}^f + N1 \cdot (I_{16,k}^f - I_{14,k}^f) - N4 \cdot I_{15,k-1}^f \right). n = 16.$$

$$\begin{aligned} & \underbrace{\left[-T \right]}_{a_{16,33}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{33}} + \underbrace{\left[Y \right]}_{a_{16,34}} \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{34}} + \underbrace{\left[T \right]}_{a_{16,35}} \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{35}} + \underbrace{\left[D_{16} \right]}_{a_{16,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{\left[E_{16} \right]}_{a_{16,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \underbrace{\left[B_{16} \right]}_{a_{16,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} + \underbrace{\left[C_{16} \right]}_{a_{16,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} + \underbrace{\left[G_{16} \right]}_{a_{16,18}} \cdot \underbrace{\Phi_{18,k}}_{x_{18}} = \\ & = W1 \cdot i_{10,k-1}^s + P_{16} \cdot \Phi_{15,k-1} + Q_{16} \cdot \Phi_{16,k-1} + P1_{16} \cdot \Phi_{17,k-1} + \omega_n^r \cdot \left(N2 \cdot I_{16,k}^f + N1 \cdot (I_{17,k}^f - I_{15,k}^f) - N4 \cdot I_{16,k-1}^f \right). \end{aligned}$$

S_{16}

$$a_{16,14} = D_{16}; a_{16,15} = E_{16}; a_{16,16} = B_{16}; a_{16,17} = C_{16}; a_{16,18} = G_{16};$$

$$a_{16,33} = -T; a_{16,34} = Y; a_{16,35} = T.$$

$$S_{16} = W1 \cdot x_{34,k-1} + P_{16} \cdot x_{15,k-1} + Q_{16} \cdot x_{16,k-1} + P1_{16} \cdot x_{17,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{16,k}^f + N1 \cdot (I_{17,k}^f - I_{15,k}^f) - N4 \cdot I_{16,k-1}^f). n = 17.$$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} [-T] \cdot i_{10,k}^s & [Y] \cdot i_{11,k}^s & [T] \cdot i_{12,k}^s & [D_{17}] \cdot \Phi_{15,k} & [E_{17}] \cdot \Phi_{16,k} & [B_{17}] \cdot \Phi_{17,k} & [C_{17}] \cdot \Phi_{18,k} & [G_{17}] \cdot \Phi_{19,k} \\ a_{17,34} & x_{34} & a_{17,35} & x_{35} & a_{17,36} & x_{36} & a_{17,15} & x_{15} & a_{17,16} & x_{16} & a_{17,17} & x_{17} & a_{17,18} & x_{18} & a_{17,19} & x_{19} \end{matrix} \right]}_{S_{17}} =$$

$$= W1 \cdot i_{11,k-1}^s + P_{17} \cdot \Phi_{16,k-1} + Q_{17} \cdot \Phi_{17,k-1} + P1_{17} \cdot \Phi_{18,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{17,k}^f + N1 \cdot (I_{18,k}^f - I_{16,k}^f) - N4 \cdot I_{17,k-1}^f).$$

$a_{17,15} = D_{17}; a_{17,16} = E_{17}; a_{17,17} = B_{17}; a_{17,18} = C_{17}; a_{17,19} = G_{17};$
 $a_{17,34} = -T; a_{17,35} = Y; a_{17,36} = T.$

$$S_{17} = W1 \cdot x_{35,k-1} + P_{17} \cdot x_{16,k-1} + Q_{17} \cdot x_{17,k-1} + P1_{17} \cdot x_{18,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{17,k}^f + N1 \cdot (I_{18,k}^f - I_{16,k}^f) - N4 \cdot I_{17,k-1}^f). n = 18.$$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} [-T] \cdot i_{11,k}^s & [Y] \cdot i_{12,k}^s & [D_{18}] \cdot \Phi_{16,k} & [E_{18}] \cdot \Phi_{17,k} & [B_{18}] \cdot \Phi_{18,k} & [C_{18}] \cdot \Phi_{19,k} & [G_{18}] \cdot \Phi_{20,k} \\ a_{18,35} & x_{35} & a_{18,36} & x_{36} & a_{18,16} & x_{16} & a_{18,17} & x_{17} & a_{18,18} & x_{18} & a_{18,19} & x_{19} & a_{18,20} & x_{20} \end{matrix} \right]}_{S_{18}} =$$

$$= W1 \cdot i_{12,k-1}^s + P_{18} \cdot \Phi_{17,k-1} + Q_{18} \cdot \Phi_{18,k-1} + P1_{18} \cdot \Phi_{19,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{18,k}^f + N1 \cdot (I_{19,k}^f - I_{17,k}^f) - N4 \cdot I_{18,k-1}^f).$$

$a_{18,16} = D_{18}; a_{18,17} = E_{18}; a_{18,18} = B_{18}; a_{18,19} = C_{18}; a_{18,20} = G_{18}; a_{18,35} = -T; a_{18,36} = Y.$

$$S_{18} = W1 \cdot x_{36,k-1} + P_{18} \cdot x_{17,k-1} + Q_{18} \cdot x_{18,k-1} + P1_{18} \cdot x_{19,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{18,k}^f + N1 \cdot (I_{19,k}^f - I_{17,k}^f) - N4 \cdot I_{18,k-1}^f). n = 19.$$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} [-T] \cdot i_{12,k}^s & [D_{19}] \cdot \Phi_{17,k} & [E_{19}] \cdot \Phi_{18,k} & [B_{19}] \cdot \Phi_{19,k} & [C_{19}] \cdot \Phi_{20,k} & [G_{19}] \cdot \Phi_{21,k} \\ a_{19,36} & x_{36} & a_{19,17} & x_{17} & a_{19,18} & x_{18} & a_{19,19} & x_{19} & a_{19,20} & x_{20} & a_{19,21} & x_{21} \end{matrix} \right]}_{S_{19}} =$$

$$= P_{19} \cdot \Phi_{18,k-1} + Q_{19} \cdot \Phi_{19,k-1} + P1_{19} \cdot \Phi_{20,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{19,k}^f + N1 \cdot (I_{20,k}^f - I_{18,k}^f) - N4 \cdot I_{19,k-1}^f).$$

$a_{19,17} = D_{19}; a_{19,18} = E_{19}; a_{19,19} = B_{19}; a_{19,20} = C_{19}; a_{19,21} = G_{19}; a_{19,36} = -T.$

$$S_{19} = P_{19} \cdot x_{18,k-1} + Q_{19} \cdot x_{19,k-1} + P1_{19} \cdot x_{20,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{19,k}^f + N1 \cdot (I_{20,k}^f - I_{18,k}^f) - N4 \cdot I_{19,k-1}^f).$$

$n = 20.$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} [D_{20}] \cdot \Phi_{18,k} & [E_{20}] \cdot \Phi_{19,k} & [B_{20}] \cdot \Phi_{20,k} & [C_{20}] \cdot \Phi_{21,k} & [G_{20}] \cdot \Phi_{22,k} \\ a_{20,18} & x_{18} & a_{20,19} & x_{19} & a_{20,20} & x_{20} & a_{20,21} & x_{21} & a_{20,22} & x_{22} \end{matrix} \right]}_{S_{20}} =$$

$$= P_{20} \cdot \Phi_{19,k-1} + Q_{20} \cdot \Phi_{20,k-1} + P1_{20} \cdot \Phi_{21,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{20,k}^f + N1 \cdot (I_{21,k}^f - I_{19,k}^f) - N4 \cdot I_{20,k-1}^f).$$

$a_{20,18} = D_{20}; a_{20,19} = E_{20}; a_{20,20} = B_{20}; a_{20,21} = C_{20}; a_{20,22} = G_{20}.$

$$S_{20} = P_{20} \cdot x_{19,k-1} + Q_{20} \cdot x_{20,k-1} + P1_{20} \cdot x_{21,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{20,k}^f + N1 \cdot (I_{21,k}^f - I_{19,k}^f) - N4 \cdot I_{20,k-1}^f).$$

$n = 21.$

$$\underbrace{\left[\begin{matrix} [D_{21}] \cdot \Phi_{19,k} & [E_{21}] \cdot \Phi_{20,k} & [B_{21}] \cdot \Phi_{21,k} & [C_{21}] \cdot \Phi_{22,k} & [G_{21}] \cdot \Phi_{23,k} \\ a_{21,19} & x_{19} & a_{21,20} & x_{20} & a_{21,21} & x_{21} & a_{21,22} & x_{22} & a_{21,23} & x_{23} \end{matrix} \right]}_{S_{21}} =$$

$$= P_{21} \cdot \Phi_{20,k-1} + Q_{21} \cdot \Phi_{21,k-1} + P1_{21} \cdot \Phi_{22,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{21,k}^f + N1 \cdot (I_{22,k}^f - I_{20,k}^f) - N4 \cdot I_{21,k-1}^f).$$

$a_{21,19} = D_{21}; a_{21,20} = E_{21}; a_{21,21} = B_{21}; a_{21,22} = C_{21}; a_{21,23} = G_{21}.$

$$S_{21} = P_{21} \cdot x_{20,k-1} + Q_{21} \cdot x_{21,k-1} + P1_{21} \cdot x_{22,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{21,k}^f + N1 \cdot (I_{22,k}^f - I_{20,k}^f) - N4 \cdot I_{21,k-1}^f).$$

$n = 22.$

$$\left[\begin{matrix} [D_{22}] \cdot \Phi_{20,k} & [E_{22}] \cdot \Phi_{21,k} & [B_{22}] \cdot \Phi_{22,k} & [C_{22}] \cdot \Phi_{23,k} & [G_{22}] \cdot \Phi_{24,k} \\ a_{22,20} & x_{20} & a_{22,21} & x_{21} & a_{22,22} & x_{22} & a_{22,23} & x_{23} & a_{22,24} & x_{24} \end{matrix} \right] =$$

$$= \underbrace{P_{22} \cdot \Phi_{21,k-1} + Q_{22} \cdot \Phi_{22,k-1} + P1_{22} \cdot \Phi_{23,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{22,k}^f + N1 \cdot (I_{23,k}^f - I_{21,k}^f) - N4 \cdot I_{22,k-1}^f)}_{S_{22}}$$

$$a_{22,20} = D_{22}; a_{22,21} = E_{22}; a_{22,22} = B_{22}; a_{22,23} = C_{22}; a_{22,24} = G_{22}.$$

$$s_{22} = P_{22} \cdot x_{21,k-1} + Q_{22} \cdot x_{22,k-1} + P1_{22} \cdot x_{23,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{22,k}^f + N1 \cdot (I_{23,k}^f - I_{21,k}^f) - N4 \cdot I_{22,k-1}^f).$$

$n = 23$.

$$\underbrace{\left[\frac{D_{23}}{a_{23,21}} \cdot \Phi_{21,k} + \frac{E_{23}}{a_{23,22}} \cdot \Phi_{22,k} + \frac{B_{23}}{a_{23,23}} \cdot \Phi_{23,k} + \frac{C_{23}}{a_{23,24}} \cdot \Phi_{24,k} + \frac{G_{23}}{a_{23,1}} \cdot \Phi_{1,k} \right]}_{S_{23}} =$$

$$= \underbrace{P_{23} \cdot \Phi_{22,k-1} + Q_{23} \cdot \Phi_{23,k-1} + P1_{23} \cdot \Phi_{24,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{23,k}^f + N1 \cdot (I_{24,k}^f - I_{22,k}^f) - N4 \cdot I_{23,k-1}^f)}_{S_{23}}$$

$$a_{23,21} = D_{23}; a_{23,22} = E_{23}; a_{23,23} = B_{23}; a_{23,24} = C_{23}; a_{23,1} = G_{23}.$$

$$s_{23} = P_{23} \cdot x_{22,k-1} + Q_{23} \cdot x_{23,k-1} + P1_{23} \cdot x_{24,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{23,k}^f + N1 \cdot (I_{24,k}^f - I_{22,k}^f) - N4 \cdot I_{23,k-1}^f).$$

$n = 24$.

$$\underbrace{\left[\frac{D_{24}}{a_{24,22}} \cdot \Phi_{22,k} + \frac{E_{24}}{a_{24,23}} \cdot \Phi_{23,k} + \frac{B_{24}}{a_{24,24}} \cdot \Phi_{24,k} + \frac{C_{24}}{a_{24,1}} \cdot \Phi_{1,k} + \frac{G_{24}}{a_{24,2}} \cdot \Phi_{2,k} \right]}_{S_{24}} =$$

$$= \underbrace{P_{24} \cdot \Phi_{23,k-1} + Q_{24} \cdot \Phi_{24,k-1} + P1_{24} \cdot \Phi_{1,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{24,k}^f + N1 \cdot (I_{1,k}^f - I_{23,k}^f) - N4 \cdot I_{24,k-1}^f)}_{S_{24}}$$

$$a_{24,22} = D_{24}; a_{24,23} = E_{24}; a_{24,24} = B_{24}; a_{24,1} = C_{24}; a_{24,2} = G_{24}.$$

$$s_{24} = P_{24} \cdot x_{23,k-1} + Q_{24} \cdot x_{24,k-1} + P1_{24} \cdot x_{1,k-1} + \omega_n^r \cdot (N2 \cdot I_{24,k}^f + N1 \cdot (I_{1,k}^f - I_{23,k}^f) - N4 \cdot I_{24,k-1}^f).$$

Остальные элементы матрицы **A** (для строк $n = 25, \dots, 36$) и соответствующие элементы матрицы-столбца **S** определяются из **баланса электрических напряжений обмоток статора**.

В данной работе принято отдельное управление напряжением обмотки каждого паза ($Z_1 = 12$), следовательно, необходимо задать двенадцать напряжений. В качестве одного из вариантов примем косинусоидальные напряжения со сдвигом на $\pi/6$:

$$\begin{aligned} u_1 &= U_m \cdot \cos(\omega t); & u_2 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right); & u_3 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right); \\ u_4 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right); & u_5 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right); & u_6 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{5\pi}{6}\right); \\ u_7 &= U_m \cdot \cos(\omega t + \pi); & u_8 &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{7\pi}{6}\right); & u_9 &= U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{4\pi}{3}\right); \\ u_{10} &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right); & u_{11} &= U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{5\pi}{3}\right); & u_{12} &= -U_m \cdot \cos\left(\omega t + \frac{11\pi}{6}\right). \end{aligned}$$

Рассмотрим баланс напряжений для первой обмотки.

$$u_1 = \omega_n^s \cdot \frac{d\Phi_7}{dt} + r^s \cdot i_1^s + L^s \cdot \frac{di_1^s}{dt},$$

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

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

L^s — индуктивность обмотки первого паза.

Выразим производные через конечные разности:

$$\frac{di_1^s}{dt} = \frac{i_{1,k}^s - i_{1,k-1}^s}{\Delta t}; \quad \frac{d\Phi_7}{dt} = \frac{\Phi_{7,k} - \Phi_{7,k-1}}{\Delta t}.$$

Тогда после подстановки получим:

$$u_{1,k} = \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot \Phi_{7,k} - \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot \Phi_{7,k-1} + r^s \cdot i_{1,k}^s + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k}^s - \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s.$$

Преобразуем выражение к виду:

$$\left(\frac{\omega_n^s}{\Delta t} \right) \cdot \Phi_{7,k} + \left(r^s + \frac{L^s}{\Delta t} \right) \cdot i_{1,k}^s = \frac{\omega_n^s}{\Delta t} \cdot \Phi_{7,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s + u_{1,k}.$$

Обозначим:

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

Тогда для элементов двадцать пятой строки матрицы **A** и двадцать пятого элемента матрицы-столбца **S** ($n = 25$):

$$\underbrace{[UA]}_{a_{25,7}} \cdot \underbrace{\Phi_{7,k}}_{x_7} + \underbrace{[KS]}_{a_{25,25}} \cdot \underbrace{i_{1,k}^s}_{x_{25}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{7,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{1,k-1}^s}_{s_{25}} + u_{1,k}.$$

Отсюда элементы матрицы **A**: $a_{25,7} = UA$; $a_{25,25} = KS$.

Двадцать пятый элемент s_{25} матрицы-столбца **S**:

$$s_{25} = UA \cdot x_{7,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{25,k-1} + u_{1,k}.$$

Аналогично для $n = 26, \dots, 36$ запишем:

$n = 26$.

$$\underbrace{[UA]}_{a_{26,8}} \cdot \underbrace{\Phi_{8,k}}_{x_8} + \underbrace{[KS]}_{a_{26,26}} \cdot \underbrace{i_{2,k}^s}_{x_{26}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{8,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{2,k-1}^s}_{s_{26}} + u_{2,k}.$$

$$a_{26,8} = UA; \quad a_{26,26} = KS; \quad s_{26} = UA \cdot x_{8,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{26,k-1} + u_{2,k}.$$

$n = 27$.

$$\underbrace{[UA]}_{a_{27,9}} \cdot \underbrace{\Phi_{9,k}}_{x_9} + \underbrace{[KS]}_{a_{27,27}} \cdot \underbrace{i_{3,k}^s}_{x_{27}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{9,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{3,k-1}^s}_{s_{27}} + u_{3,k}.$$

$$a_{27,9} = UA; \quad a_{27,27} = KS; \quad s_{27} = UA \cdot x_{9,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{27,k-1} + u_{3,k}.$$

$n = 28$.

$$\underbrace{[UA]}_{a_{28,10}} \cdot \underbrace{\Phi_{10,k}}_{x_{10}} + \underbrace{[KS]}_{a_{28,28}} \cdot \underbrace{i_{4,k}^s}_{x_{28}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{10,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{4,k-1}^s}_{s_{28}} + u_{4,k}.$$

$$a_{28,10} = UA; \quad a_{28,28} = KS; \quad s_{28} = UA \cdot x_{10,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{28,k-1} + u_{4,k}.$$

$n = 29$.

$$\underbrace{[UA]}_{a_{29,11}} \cdot \underbrace{\Phi_{11,k}}_{x_{11}} + \underbrace{[KS]}_{a_{29,29}} \cdot \underbrace{i_{5,k}^s}_{x_{29}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{11,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{5,k-1}^s}_{s_{29}} + u_{5,k}.$$

$$a_{29,11} = UA; \quad a_{29,29} = KS; \quad s_{29} = UA \cdot x_{11,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{29,k-1} + u_{5,k}.$$

$n = 30$.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} UA \end{bmatrix}}_{a_{30,12}} \cdot \underbrace{\Phi_{12,k}}_{x_{12}} + \underbrace{\begin{bmatrix} KS \end{bmatrix}}_{a_{30,30}} \cdot \underbrace{i_{6,k}^s}_{x_{30}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{12,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{6,k-1}^s + u_{6,k}}_{s_{30}}$$

$$a_{30,12} = UA; a_{30,30} = KS; s_{30} = UA \cdot x_{12,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{30,k-1} + u_{6,k}$$

$n = 31.$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} UA \end{bmatrix}}_{a_{31,13}} \cdot \underbrace{\Phi_{13,k}}_{x_{13}} + \underbrace{\begin{bmatrix} KS \end{bmatrix}}_{a_{31,31}} \cdot \underbrace{i_{7,k}^s}_{x_{31}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{13,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{7,k-1}^s + u_{7,k}}_{s_{31}}$$

$$a_{31,13} = UA; a_{31,31} = KS; s_{31} = UA \cdot x_{13,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{31,k-1} + u_{7,k}$$

$n = 32.$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} UA \end{bmatrix}}_{a_{32,14}} \cdot \underbrace{\Phi_{14,k}}_{x_{14}} + \underbrace{\begin{bmatrix} KS \end{bmatrix}}_{a_{32,32}} \cdot \underbrace{i_{8,k}^s}_{x_{32}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{14,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{8,k-1}^s + u_{8,k}}_{s_{32}}$$

$$a_{32,14} = UA; a_{32,32} = KS; s_{32} = UA \cdot x_{14,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{32,k-1} + u_{8,k}$$

$n = 33.$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} UA \end{bmatrix}}_{a_{33,15}} \cdot \underbrace{\Phi_{15,k}}_{x_{15}} + \underbrace{\begin{bmatrix} KS \end{bmatrix}}_{a_{33,33}} \cdot \underbrace{i_{9,k}^s}_{x_{33}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{15,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{9,k-1}^s + u_{9,k}}_{s_{33}}$$

$$a_{33,15} = UA; a_{33,33} = KS; s_{33} = UA \cdot x_{15,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{33,k-1} + u_{9,k}$$

$n = 34.$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} UA \end{bmatrix}}_{a_{34,16}} \cdot \underbrace{\Phi_{16,k}}_{x_{16}} + \underbrace{\begin{bmatrix} KS \end{bmatrix}}_{a_{34,34}} \cdot \underbrace{i_{10,k}^s}_{x_{34}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{16,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{10,k-1}^s + u_{10,k}}_{s_{34}}$$

$$a_{34,16} = UA; a_{34,34} = KS; s_{34} = UA \cdot x_{16,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{34,k-1} + u_{10,k}$$

$n = 35.$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} UA \end{bmatrix}}_{a_{35,17}} \cdot \underbrace{\Phi_{17,k}}_{x_{17}} + \underbrace{\begin{bmatrix} KS \end{bmatrix}}_{a_{35,35}} \cdot \underbrace{i_{11,k}^s}_{x_{35}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{17,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{11,k-1}^s + u_{11,k}}_{s_{35}}$$

$$a_{35,17} = UA; a_{35,35} = KS; s_{35} = UA \cdot x_{17,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{35,k-1} + u_{11,k}$$

$n = 36.$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} UA \end{bmatrix}}_{a_{36,18}} \cdot \underbrace{\Phi_{18,k}}_{x_{18}} + \underbrace{\begin{bmatrix} KS \end{bmatrix}}_{a_{36,36}} \cdot \underbrace{i_{12,k}^s}_{x_{36}} = \underbrace{UA \cdot \Phi_{18,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot i_{12,k-1}^s + u_{12,k}}_{s_{36}}$$

$$a_{36,18} = UA; a_{36,36} = KS; s_{36} = UA \cdot x_{18,k-1} + \frac{L^s}{\Delta t} \cdot x_{36,k-1} + u_{12,k}$$

Окончательно, матрица **A** примет следующий вид, удобный для программирования в MATLAB (рис. 4).

Неизвестные переменные (потоки и токи в статорной обмотке) в k -й момент времени определяются в результате следующей операции с матрицами:

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{S}.$$

Далее, подставляя в уравнение (1) $n = 1...24$, определяем суммарные токи (М. Д. С.) в роторе:

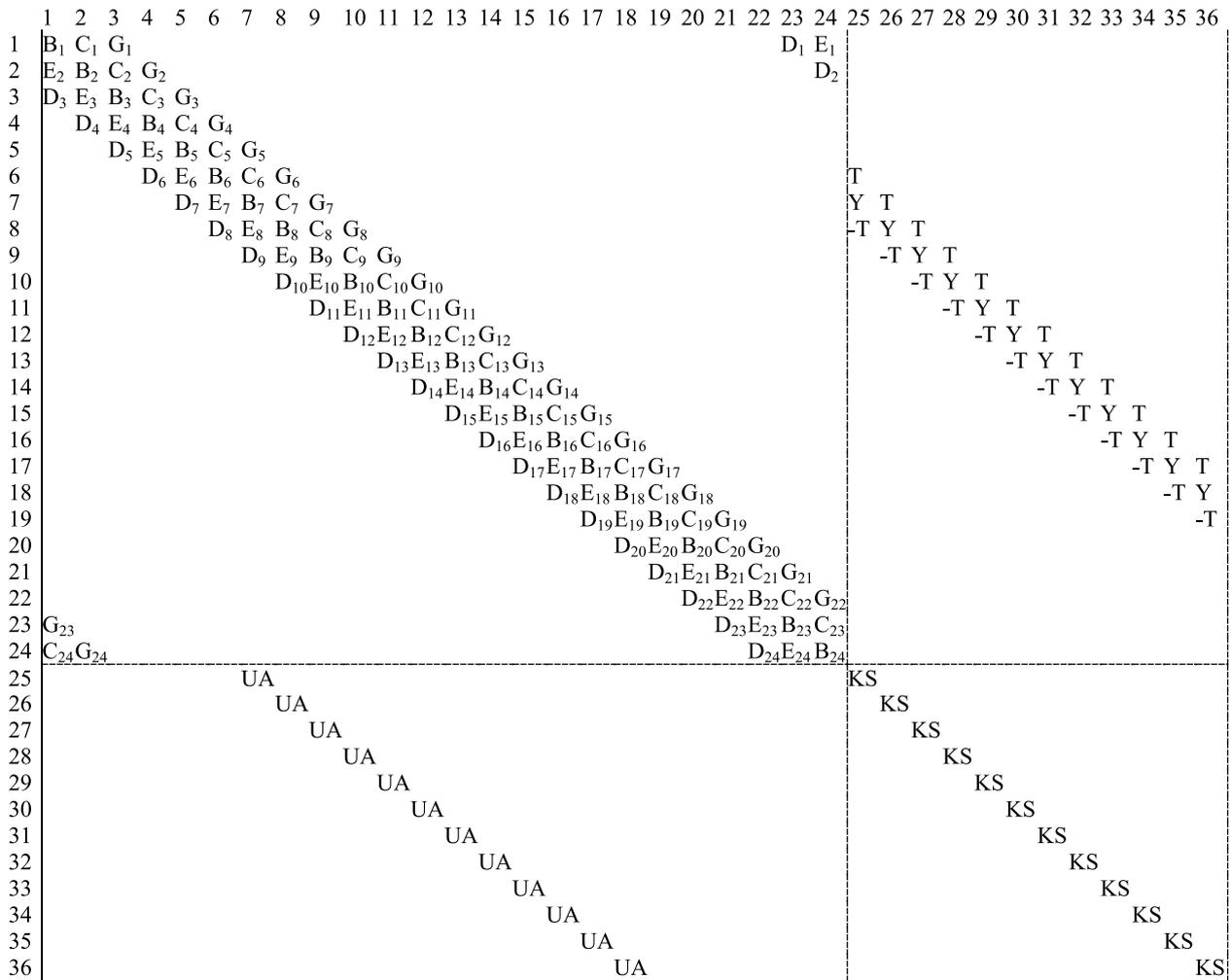


Рис. 4

$$\begin{aligned}
 IR_1 &= (i_1^r + I_{1,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\underbrace{\Phi_{24}}_{x_{24}} \cdot R_1 + \underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot (R_1 + R_2) - \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot R_2; \\
 IR_2 &= (i_2^r + I_{2,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\underbrace{\Phi_1}_{x_1} \cdot R_2 + \underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot (R_2 + R_3) - \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot R_3; \\
 IR_3 &= (i_3^r + I_{3,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\underbrace{\Phi_2}_{x_2} \cdot R_3 + \underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot (R_3 + R_4) - \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot R_4; \\
 IR_4 &= (i_4^r + I_{4,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\underbrace{\Phi_3}_{x_3} \cdot R_4 + \underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot (R_4 + R_5) - \underbrace{\Phi_5}_{x_5} \cdot R_5; \\
 IR_5 &= (i_5^r + I_{5,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\underbrace{\Phi_4}_{x_4} \cdot R_5 + \underbrace{\Phi_5}_{x_5} \cdot (R_5 + R_6) - \underbrace{\Phi_6}_{x_6} \cdot R_6; \\
 IR_6 &= (i_6^r + I_{6,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\underbrace{\Phi_5}_{x_5} \cdot R_6 + \underbrace{\Phi_6}_{x_6} \cdot (R_6 + R_7) - \underbrace{\Phi_7}_{x_7} \cdot R_7; \\
 IR_7 &= (i_7^r + I_{7,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot \underbrace{i_1^s}_{x_{25}} - \underbrace{\Phi_6}_{x_6} \cdot R_7 + \underbrace{\Phi_7}_{x_7} \cdot (R_7 + R_8) - \underbrace{\Phi_8}_{x_8} \cdot R_8; \\
 IR_8 &= (i_8^r + I_{8,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{26} - R_8 \cdot x_7 + (R_8 + R_9) \cdot x_8 - R_9 \cdot x_9; \\
 IR_9 &= (i_9^r + I_{9,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{27} - R_9 \cdot x_8 + (R_9 + R_{10}) \cdot x_9 - R_{10} \cdot x_{10};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IR_{10} &= (i_{10}^r + I_{10,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{28} - R_{10} \cdot x_9 + (R_{10} + R_{11}) \cdot x_{10} - R_{11} \cdot x_{11}; \\
 IR_{11} &= (i_{11}^r + I_{11,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{29} - R_{11} \cdot x_{10} + (R_{11} + R_{12}) \cdot x_{11} - R_{12} \cdot x_{12}; \\
 IR_{12} &= (i_{12}^r + I_{12,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{30} - R_{12} \cdot x_{11} + (R_{12} + R_{13}) \cdot x_{12} - R_{13} \cdot x_{13}; \\
 IR_{13} &= (i_{13}^r + I_{13,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{31} - R_{13} \cdot x_{12} + (R_{13} + R_{14}) \cdot x_{13} - R_{14} \cdot x_{14}; \\
 IR_{14} &= (i_{14}^r + I_{14,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{32} - R_{14} \cdot x_{13} + (R_{14} + R_{15}) \cdot x_{14} - R_{15} \cdot x_{15}; \\
 IR_{15} &= (i_{15}^r + I_{15,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{33} - R_{15} \cdot x_{14} + (R_{15} + R_{16}) \cdot x_{15} - R_{16} \cdot x_{16}; \\
 IR_{16} &= (i_{16}^r + I_{16,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{34} - R_{16} \cdot x_{15} + (R_{16} + R_{17}) \cdot x_{16} - R_{17} \cdot x_{17}; \\
 IR_{17} &= (i_{17}^r + I_{17,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{35} - R_{17} \cdot x_{16} + (R_{17} + R_{18}) \cdot x_{17} - R_{18} \cdot x_{18}; \\
 IR_{18} &= (i_{18}^r + I_{18,k}^f) \cdot \omega_n^r = -\omega_n^s \cdot x_{36} - R_{18} \cdot x_{17} + (R_{18} + R_{19}) \cdot x_{18} - R_{19} \cdot x_{19}; \\
 IR_{19} &= (i_{19}^r + I_{19,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{19} \cdot x_{18} + (R_{19} + R_{20}) \cdot x_{19} - R_{20} \cdot x_{20}; \\
 IR_{20} &= (i_{20}^r + I_{20,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{20} \cdot x_{19} + (R_{20} + R_{21}) \cdot x_{20} - R_{21} \cdot x_{21}; \\
 IR_{21} &= (i_{21}^r + I_{21,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{21} \cdot x_{20} + (R_{21} + R_{22}) \cdot x_{21} - R_{22} \cdot x_{22}; \\
 IR_{22} &= (i_{22}^r + I_{22,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{22} \cdot x_{21} + (R_{22} + R_{23}) \cdot x_{22} - R_{23} \cdot x_{23}; \\
 IR_{23} &= (i_{23}^r + I_{23,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{23} \cdot x_{22} + (R_{23} + R_{24}) \cdot x_{23} - R_{24} \cdot x_{24}; \\
 IR_{24} &= (i_{24}^r + I_{24,k}^f) \cdot \omega_n^r = -R_{24} \cdot x_{23} + (R_{24} + R_1) \cdot x_{24} - R_1 \cdot x_1;
 \end{aligned}$$

Электромагнитные усилия на зубцовом делении определяются по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{x_2 - x_{24}}{2t_z} \cdot (i_1^r + I_{1,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_2 &= \frac{x_3 - x_1}{2t_z} \cdot (i_2^r + I_{2,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_3 &= \frac{x_4 - x_2}{2t_z} \cdot (i_3^r + I_{3,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_4 &= \frac{x_5 - x_3}{2t_z} \cdot (i_4^r + I_{4,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_5 &= \frac{x_6 - x_4}{2t_z} \cdot (i_5^r + I_{5,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_6 &= \frac{x_7 - x_5}{2t_z} \cdot (i_6^r + I_{6,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_7 &= \frac{x_8 - x_6}{2t_z} \cdot (i_7^r + I_{7,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_8 &= \frac{x_9 - x_7}{2t_z} \cdot (i_8^r + I_{8,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_9 &= \frac{x_{10} - x_8}{2t_z} \cdot (i_9^r + I_{9,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_{10} &= \frac{x_{11} - x_9}{2t_z} \cdot (i_{10}^r + I_{10,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_{11} &= \frac{x_{12} - x_{10}}{2t_z} \cdot (i_{11}^r + I_{11,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_{12} &= \frac{x_{13} - x_{11}}{2t_z} \cdot (i_{12}^r + I_{12,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_{13} &= \frac{x_{14} - x_{12}}{2t_z} \cdot (i_{13}^r + I_{13,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_{14} &= \frac{x_{15} - x_{13}}{2t_z} \cdot (i_{14}^r + I_{14,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_{15} &= \frac{x_{16} - x_{14}}{2t_z} \cdot (i_{15}^r + I_{15,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_{16} &= \frac{x_{17} - x_{15}}{2t_z} \cdot (i_{16}^r + I_{16,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_{17} &= \frac{x_{18} - x_{16}}{2t_z} \cdot (i_{17}^r + I_{17,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_{18} &= \frac{x_{19} - x_{17}}{2t_z} \cdot (i_{18}^r + I_{18,k}^f) \cdot \omega_n^r; \\
 F_{19} &= \frac{x_{20} - x_{18}}{2t_z} \cdot (i_{19}^r + I_{19,k}^f) \cdot \omega_n^r; & F_{20} &= \frac{x_{21} - x_{19}}{2t_z} \cdot (i_{20}^r + I_{20,k}^f) \cdot \omega_n^r;
 \end{aligned}$$

$$F_{21} = \frac{x_{22} - x_{20}}{2t_z} \cdot (i_{21}^r + I_{21,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{22} = \frac{x_{23} - x_{21}}{2t_z} \cdot (i_{22}^r + I_{22,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{23} = \frac{x_{24} - x_{22}}{2t_z} \cdot (i_{23}^r + I_{23,k}^f) \cdot \omega_n^r;$$

$$F_{24} = \frac{x_1 - x_{23}}{2t_z} \cdot (i_{24}^r + I_{24,k}^f) \cdot \omega_n^r.$$

$$\text{Суммарное усилие: } F_{\Sigma} = \sum_{n=1}^{24} F_n.$$

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

Литература:

1. Веселовский, О. Н. и др. Линейные асинхронные двигатели / Веселовский О. Н., Коняев А. Ю., Сарапулов Ф. Н. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
2. Емельянов, А. А., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Фуртиков К. А., Реутов А. Я., Боброва С. Д., Андреева Е. Д. Программирование синхронного двигателя ($Z_1/Z_2 = 12/24$) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — № 18 (77, ноябрь). — с. 24–47.
3. Сарапулов, Ф. Н., Емельянов А. А., Иваницкий С. В., Резин М. Г. Исследование электромеханических переходных процессов линейного асинхронного короткозамкнутого двигателя // Электричество. — 1982. — № 10. — с. 54–57.
4. Емельянов, А. А., Богатов Е. А., Клишин А. В., Медведев А. В., Симонович В. Г. Математическая модель линейного асинхронного двигателя на основе магнитных схем замещения // Молодой ученый. — 2010. — № 5. — с. 14–22.
5. Емельянов, А. А., Медведев А. В., Богатов Е. А., Кобзев А. В., Бочкарев Ю. П. Программирование линейного асинхронного двигателя в MATLAB // Молодой ученый. — 2013. — № 3. — с. 129–143.
6. Емельянов, А. А., Медведев А. В., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Иванин А. Ю. Программирование линейного асинхронного двигателя с числом пазов в индукторе равно шесть // Молодой ученый. — 2013. — № 10. — с. 23–38.
7. Емельянов, А. А., Медведев А. В., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Иванин А. Ю. Моделирование линейного асинхронного двигателя с укладкой обмотки индуктора ($Z_1=6$) через спинку ярма // Молодой ученый. — 2013. — № 10 — с. 39–54.
8. Емельянов, А. А., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Бочкарев Ю. П., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф., Иванин А. Ю. Программирование линейного асинхронного двигателя ($Z_1 = 6$) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — № 2. — с. 36–51.
9. Емельянов, А. А., Кобзев А. В., Козлов А. М., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Киряков Г. А., Чернов М. В., Габзалилов Э. Ф. Математическая модель синхронного неявнополюсного дугостаторного двигателя ($Z_1/Z_2 = 6/12$) с трехфазной обмоткой индуктора с нулевым проводом // Молодой ученый. — 2014. — № 15 (74, сентябрь). — с. 9–30.

Деформационные характеристики геополимерного бетона и несущая способность железобетонной балки на его основе

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь;
 Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;
 Полубаров Евгений Николаевич, магистрант
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Приводятся результаты исследования деформативно-прочностных характеристик бетона, изготовленного с применением геополимерного вяжущего на основе измельченного гранита с добавкой шлака. Установлено, что исследованный бетон может быть использован для производства железобетонных конструкций.

Ключевые слова: геополимерный бетон, активатор твердения, прочность, модуль упругости, железобетонная конструкция.

Бетоны на основе геополимерных вяжущих относятся к числу наиболее перспективных строительных материалов [1–3]. Одним из важнейших этапов разработки новых видов бетона является определение его деформативных характеристик, от которых зависит поведение железобетонных конструкций под нагрузкой [4, 5].

Исследования деформативно-прочностных свойств бетона, изготовленного с применением геополимерного вяжущего на основе отсева дробления гранита и добавки доменного гранулированного шлака, измельченных до удельной поверхности 350 м²/кг, проводились на составах бетона с различными расходами вяжущего и дозировками активатора твердения. Для активации твердения геополимерного вяжущего использовался комплексный активатор, состоящий из натриевого жидкого стекла и NaOH. Для назначения указанных параметров состава бетона использовался центральный композиционный ортогональный двухфакторный план эксперимента. Составы исследованных бетонов приведены в таблице 1.

Из бетонных смесей формовались образцы с размерами 100×100×100 мм для определения прочности при сжатии и 100×100×400 мм для определения модуля упругости. Одна часть образцов твердела в течении 28 суток в нормальных условиях, а другая — при теплов-

лажностной обработке по режиму: предварительная выдержка — 12 часов, подъем температуры до 80°С — 3 часа, изотермическая выдержка — 8 часов, охлаждение в пропарочной камере — 12 часов.

Результаты определения прочности и модуля упругости приводятся в таблице 2.

Как видно из данных в таблицах 1 и 2 прочность и статический модуль деформаций возрастает с уменьшением количества щелочного активатора и с повышением доли заполнителя. У оптимальных составов бетона модуль упругости составляет от 18 до 24×10³ МПа при твердении в условиях тепловой обработки, а при твердении в нормальных условиях модуль упругости составляет 26...36 МПа×10³ (см. табл. 2), что приблизительно совпадает со значениями модуля упругости равнопрочных тяжелых бетонов на основе портландцемента. У неоптимальных составов бетона модуль упругости ниже, чем у цементных бетонов.

Для проверки возможности использования геополимерного бетона в конструкции и поведения конструкции была изготовлена железобетонная балка длиной 1000 мм, высотой 120 мм, шириной 60 мм. Армирование производилось плоским каркасом (рис. 1), в качестве рабочей арматуры использовался один стержень класса А400 диаметром 10 мм.

Таблица 1. Составы исследованных геополимерных бетонов, кг/м³

№ состава	Гранит измельченный	Шлак измельченный	Активатор		Вода	Щебень гранитный фр. 5–20	Песок
			Жидкое стекло	NaOH			
1	337	106	42	16,9	149	1124	648
2	288	91	36	14,4	127	1204	694
3	329	104	46	18,6	165	1100	634
4	283	89	40	16,0	142	1182	681
5	333	105	44	17,9	158	1111	641
6	286	90	38	15,3	135	1193	687
7	311	98	39	15,7	138	1166	672
8	304	96	43	17,3	153	1144	659
9	308	97	41	16,4	146	1155	666

Таблица 2. Прочность и модуль упругости исследованных бетонов

Номер состава	После ТВО при 80°C			28 сут в норм. условиях			Усадка, мм/м, через 150 сут.
	Прочность, МПа		Модуль упругости, $\times 10^3$ МПа	Прочность, МПа,		Модуль упругости, $\times 10^3$ МПа	
	При сжатии	На изгиб		При сжатии	На изгиб		
1	41,0	5,3	17,9	45,6	6,3	26,9	0,31
2	43,0	6,5	24,2	51,0	7,2	36,3	0,22
3	29,1	4,0	7,6	34,8	4,8	12,5	0,56
4	34,2	4,5	10,2	36,9	5,7	17,9	0,37
5	35,2	4,3	13,2	40,6	5,5	21,0	0,47
6	38,3	5,1	16,9	44,5	6,3	29,6	0,27
7	41,9	6,1	20,9	47,4	6,2	31,4	0,25
8	32,6	4,1	8,5	35,6	5,3	14,2	0,43
9	37,2	4,5	14,2	40,1	5,9	23,8	0,31

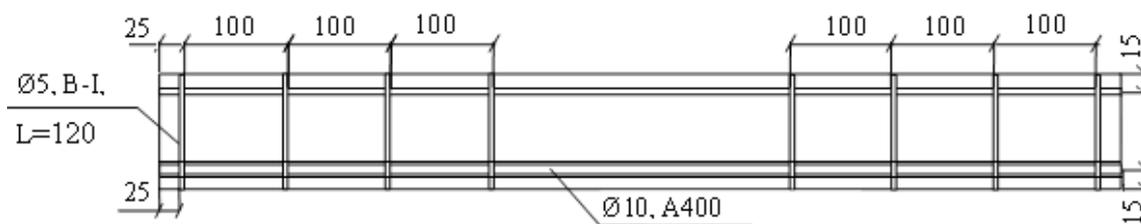


Рис. 1. Схема армирования балки



Рис. 2. Испытание балки на испытательной машине УММ-50

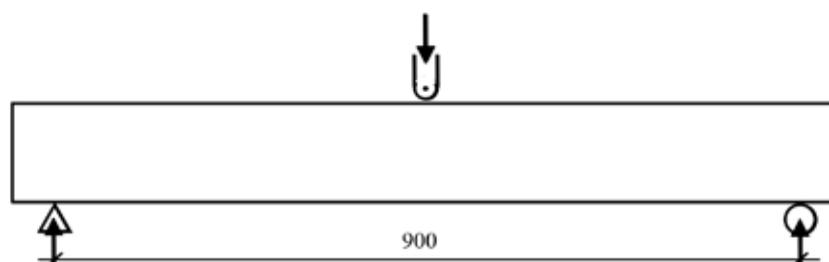


Рис. 3. Схема испытания балки

Таблица 3. Прогибы и образование трещин при нагружении балки

Номер этапа	Нагрузка, кН	Прогиб, мм		Ширина раскрытия трещин, мм
		В момент достижения нагрузки	После выдержки в течение 5 мин	
1	2	0,2	0,21	—
2	3	0,3	0,37	—
3	4	0,5	0,59	—
4	5	0,7	0,75	—
5	6	0,9	0,94	—
6	7	1	1,05	—
7	8	1,2	1,24	—
8	9	1,4	1,45	—
9	10	1,6	1,68	—
10	11	1,8	1,93	—
11	12	2	2,12	—
12	13	2,2	2,38	—
13	14	2,5	2,57	волосяные трещины
14	15	2,7	2,91	волосяные трещины
15	16	3,0	3,26	0,07...0,08
16	17	3,8	4,19	0,10...0,12
17	18	4,4	4,99	0,14...0,18
18	19	4,8	5,48	0,22...0,28
19	20	5,5	6,35	0,6...1,3

Для изготовления балки использовался бетон состава №7 по таблице 1 (модуль упругости — $31,4 \times 10^3$ МПа, призмная прочность — 35,5 МПа, кубиковая прочность — 47,4 МПа). До испытания балка твердела в течение 28 суток в нормально-влажностных условиях.

Исследование поведения балки под нагрузкой проводилось на испытательной машине УММ-50 (рис. 2) в соответствии со схемой (рис. 3). Нагрузка на балку подавалась ступенями по 2 кН с выдержкой на каждой ступени 5 минут.

Перед испытанием на боковые поверхности балки была нанесена с помощью карандаша сетка с шагом 20 мм.

В процессе испытания фиксировались: значения прогибов, момент образования трещин и ширина их раскрытия.

Трещинообразование фиксировалось визуально, для оценки ширины раскрытия трещин применялся микроскоп МПБ-2. Величина прогиба определялась с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Результаты определения прогиба и образования трещин в балке под нагрузкой приведены в табл. 3.

Анализ результатов испытания балки показал, что до уровня нагружения 12 кН зависимость прогиба

имеет линейный характер. Видимые волосяные трещины появились на балке при достижении нагрузки 14 кН. При нагрузке свыше 16 кН начинается более интенсивный рост деформаций в момент подачи нагрузки, так же, как и при выдерживании конструкции под нагрузкой в течение 5 мин. Разрушение балки произошло в результате проскальзывания стержня рабочей арматуры. Незначительное разрушение бетона отмечено в верхней зоне. Разрушение балки произошло при нагрузке 20 кН, что превосходит расчетную разрушающую нагрузку — 1,6 кН.

Нехарактерное для традиционных портландцементных бетонов разрушение балки в результате проскальзывания стержня можно объяснить более низким, в сравнении с цементным бетоном, сцеплением арматуры с геополимерным бетоном. При проектировании железобетонных конструкций из разработанных бетонов вопрос сцепления необходимо более детально исследовать.

Проведенный эксперимент показал, что геополимерные бетоны могут быть использованы в железобетонных конструкциях, работающих на изгиб.

Литература:

1. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and applications/J. Davidovits. 3rd eddition. — France, Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2011. — 614 p.
2. Ерошкина, Н.А. Научно-практические принципы производства и применения геополимерных вяжущих на основе магматических горных пород и строительных материалов на их базе/Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин // Научно-технический вестник Поволжья. — 2014. — №5. с. 182–186.

3. Ерошкина, Н.А. Геополимерные строительные материалы на основе промышленных отходов: монография/Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. — Пенза: ПГУАС, 2014. — 128 с.
4. Ерошкина, Н.А. Геополимерные вяжущие на базе магматических горных пород и бетоны на их основе/Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин // Бетон и железобетон — взгляд в будущее: научные труды III всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: Т. 6. — Москва: МГСУ, 2014. с. 294–304.
5. Ерошкина, Н.А. Исследование деформационно-прочностных свойств бетона на основе минерально-щелочного вяжущего/Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин // Вестник МГСУ. — 2011. — Т. 2, №2. — с. 314–319.

Создание пакета прикладных программ для оптимального управления процессом фильтрации для разработки газовых месторождений

Жакбаров Одилжон Отамирзаевич, кандидат технических наук, доцент;
Имамназаров Эркин Дехканалиевич, старший преподаватель;
Кодиров Зохид Зокирханович, старший преподаватель
Наманганский инженерно-педагогический институт (Узбекистан)

Проблемы теории управления в технических системах, в частности математические, программные, методологические основы и методы построения АСУ, рассмотрены в работах Бусленко Н.П., Растригина Л.А., Ивахненко А.Г., Абчука В.А., Васильева Ю.Н., Меерова М.В., Кабулова В.К., Камилова М.М., Набиева О.М., Алиева Э.М., Назирова Ш.А., Эгамбердиева Х.З., Ражабова Б., Бекмурадова Т.Ф., Фазылова Ш.Х. и других ученых.

Основные принципы автоматизированных систем управления разработкой крупных газовых месторождений рассмотрены в работах Маскета М., Чарного И.А., Лапука Б.Б., Закирова С.Н., Берщенского, Шмыгля П.Т., Коратаева Ю.П., Маргулова Р.Д., Щелкачева В.Н., Гусейн-заде М.А., Хантуша М.С., Требина Ф.А., в частности моделированию процесса фильтрации газа применительно к разработке нефтегазовых месторождений Республики Узбекистан, а также разработке к ним эффективных вычислительных алгоритмов и их реализации на больших электронных вычислительных машинах посвящены работы Кабулова В.К., Абуталиева Э.Б., Абуталиева Ф.Б., Мухитдинова Н., Садуллаева Р., Алимова И., Назарова Н.С., Назарова У.С., Арсланова А., Джанибекова Ч., Сиддикова А., Мукимова Н., Бегматова А., Валиева Т. и других ученых. [1,2]

Из приведенного анализа следует, что сделано очень много работы по направлению настоящей работы. Однако анализ показал, что в республике недостаточно пакетов прикладных программ, созданных на объектно-ориентированных языках для современных компьютеров на основе эффективных алгоритмов и методов.

Настоящее исследование посвящено изысканию возможностей применения совокупности моделей функционирования систем для оперативного анализа, прогнозирования и управления показателями эксплуатации газового месторождения как объекта управления. Таким образом, задача оптимального управления и прогнозирования изменений параметров разработки газовых месторождений весьма актуальна для народного хозяйства республики.

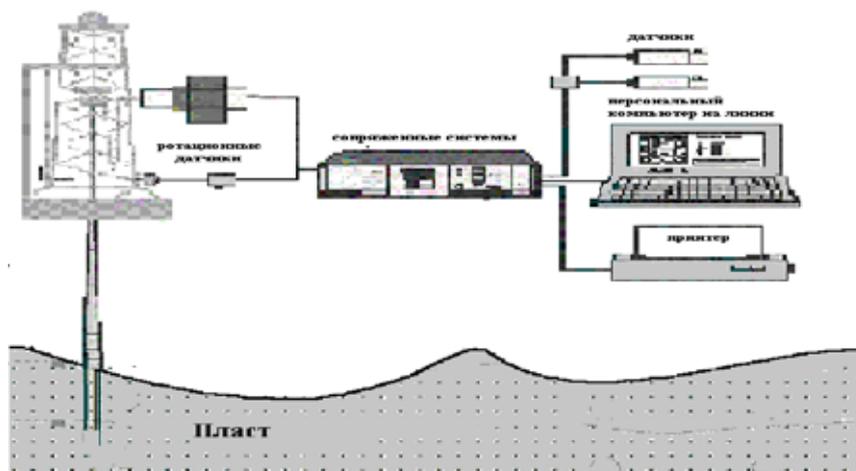


Рис. 1. Глобальная техническая схема управления процессом разработки газовых месторождений

Исследуемые объекты добычи газа по своей структуре и технико-технологическим свойствам относятся к классу сложных систем (рис.1). Основными факторами, характеризующими эти объекты, являются многомерность, много-связанность и многоплановость.

Также в этой статье рассматривается управление фильтрационными системами с использованием математических моделей. Задачи оптимального управления разработкой нефтегазовых месторождений ставятся на основании математических моделей управления процессом, описывающих гидродинамические процессы в пласте. В настоящее время разработано множество математических моделей управления процессом, методов, алгоритмов и программных средств, которые по мере их подготовленности вошли в различные математические и информационные обеспечения разработки нефтяных и газовых месторождений.

В работе исследуется минимизация функционала $J(u)$ при помощи выбора оптимального вычислительного алгоритма в смысле реального машинного времени и подбора дебитов скважин:

$$J(U) = \int_{\Omega_1} [P(U, s, t) - P_3(U, s, t)]^2 dsdt ,$$

$$J^* = \min_{U \in \Omega} J(U) , U = U(M, K, t) \tag{1}$$

при ограничениях

$$0 \leq Q_{ij}(t) \leq Q_{ij}^{max}, 0 < P_{ij}(t) \leq P_0, 0 < M_{ij} \leq 1,$$

где $P_3(U, s, t)$ — желаемое распределение давления в газоносной области в заданный момент времени; $P(U, s, t)$ — расчетное значение давления в тех же точках; Q -дебит скважины; M — коэффициент пористости.

Выбирается такое $P(U, s, t)$, которое дает минимум для J .

Решая данную задачу, т. е. задавая желаемое распределение значения давления в заданной области, мы можем оптимально управлять движением газа в пористой среде.

Дифференциальные уравнения неустановившейся фильтрации реального газа в реальной, неоднородной по коллекторским свойствам пористой среде (т. е. проницаемость и мощность пласта зависят от координат абсциссы и ординаты), имеют вид

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{K(x, y, t)h(x, y)}{\mu(p)Z(p)} \frac{\partial P^2(x, y, t)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{K(x, y, t)h(x, y)}{\mu(p)Z(p)} \frac{\partial P^2(x, y, t)}{\partial y} \right) =$$

$$= L(x, y) \cdot m(x, y) \cdot h(x, y) \cdot \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{P}{z(P)} \right) + f(x, y, t). \tag{2}$$

Здесь $K(x, y, t)$, $h(x, y)$, $m(x, y)$, $L(x, y)$ — соответственно проницаемость, мощность, пористость и газонасыщенность пласта, $P(x, y, t)$, $z(p)$, $\mu(p)$ — давление, сверхсжимаемость, вязкость газа.

Рассмотрим математическую формулировку возможных начальных и краевых условий, исходя из физического смысла задачи. При этом отметим, что кроме граничных условий, необходимо задать начальное условие, характеризующее распределение пластового давления до ввода в эксплуатацию системы скважин:

$$P(x, y, t)|_{t=0} = P_0(x, y); \quad [x, y] \in D_0 \cup G_0. \tag{3}$$

Рассмотрим частные случаи заданных краевых условий. Нам известно, что граничные условия можно задавать в общем виде:

$$\left[\lambda K(x, y, P) \frac{\partial P}{\partial n} + QP(x, y, t) \right]_{G_0} = \varphi(x, y, t). \tag{4}$$

Если $\lambda = 0, Q = 1$, тогда получаем первое граничное условие, в противном случае — второе граничное условие. Условия могут быть заданы в комбинированном виде.

Предположим, известны коллекторские свойства пласта, начальное пластовое давление, отборы газа из скважин по времени, состав газа, температура пласта, расположение скважин, геометрия пласта. Кроме этого, предположим, что пласт имеет непроницаемую границу. При этих условиях двухмерная нестационарная фильтрация газа в пористой среде описывается в виде (2) краевой задачи в заданных начальных (3) и граничных условиях (4). В правой части уравнения (2) вместо $\dot{i}(x, y, t)$ задается дебит:

$$f(x, y, t) = P_{at} \sum_{i=0}^N q_i(t) \delta(x - x_i, y - y_i), (x, y) \in D_0, t > t_0 \tag{5}$$

где $q_i(t)$, (x_i, y_i) , N — соответственно отборы, координаты и количество скважин; P_{am} — атмосферное давление, D_0 — область фильтрации; $P_0(x, y)$ — начальное распределение давления, $\delta(x, y)$ — двухмерная функция Дирака. [3,4]

Наряду с сформулированной задачей в практике и теории рассматривается и следующая задача.

Заданы все перечисленные данные и, кроме дебитов скважин, фактические давления на скважинах. Требуется определить поля давления $P(x,y,t)$. Решение этой задачи может быть использовано для построения карты изобар для уточнения параметров пласта. Задача формулируется следующим образом.

Требуется определить функцию давления $P(x,y,t)$ в области D из уравнения (2) при заданных начальных и граничных условиях. Вместо правой части уравнения задается давление в виде

$$f(x, y, t) = P_{at} \sum_{i=0}^N \frac{A_i + \sqrt{A_i^2 + 4B_i(P_i^2 - P_{3i}^2)}}{2B_i} \delta(x - x_i, y - y_i), (x,y) \in D_0, t > t_0. \tag{6}$$

Здесь P_i, P_{3i} — фактическое пластовое и забойное давления на скважинах, A_i, B_i — коэффициенты фильтрационных сопротивлений; i — номер скважины, G_0 -граница области фильтрации, $D = D_0 + G_0$.

Таким образом, решая уравнение (2) с различными граничными, а также внутренними условиями, получаем несколько математических моделей исследуемой задачи. Кроме того, в работе при различных физических предположениях приведены упрощенные математические модели этих задач. [5]

В этой работе приведена математическая модель, рассматривается выбор метода решения на основе вычислительного эксперимента, обоснованы устойчивость, погрешность, точность и достоверность методов на тестовых примерах. В основном определяются эффективные вычислительные алгоритмы для задачи (2)-(6).

Для построения вычислительного алгоритма по решению уравнений (2)-(6) и его разновидностей применены методы: переменных направлений, покомпонентного расщепления и локально-одномерный:

$$\frac{W_{x,i+1/2,j}^{n+1/2} - W_{x,i-1/2,j}^{n+1/2}}{\Delta x} + \frac{W_{y,i,j+1/2}^n - W_{y,i,j-1/2}^n}{\Delta y} = M(P_{i,j}^{n+1/2}) \cdot \frac{P_{i,j}^{n+1/2} - P_{i,j}^n}{0.5 \cdot \tau} + f_{i,j}^{n+1/2}, \tag{7}$$

$$\frac{W_{x,i+1/2,j}^{n+1/2} - W_{x,i-1/2,j}^{n+1/2}}{\Delta x} + \frac{W_{y,i,j+1/2}^{n+1} - W_{y,i,j-1/2}^{n+1}}{\Delta y} = M(P_{i,j}^{n+1}) \cdot \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1/2}}{0.5 \cdot \tau} + f_{i,j}^{n+1}, \tag{8}$$

$$\left(E + \frac{\tau}{2} \Lambda_1^j \right) \varphi^{j-2/3} = \left(E - \frac{\tau}{2} \Lambda_1^j \right) \varphi^{j-1}, \tag{9}$$

$$\left(E + \frac{\tau}{2} \Lambda_2^j \right) \varphi^{j-1/3} = \left(E - \frac{\tau}{2} \Lambda_2^j \right) \varphi^{j-2/3}, \tag{10}$$

$$\varphi^{j+1/3} = \varphi^{j-1/3} + 2\tau f^j \tag{11}$$

$$\left(E + \frac{\tau}{2} \Lambda_2^j \right) \varphi^{j+2/3} = \left(E - \frac{\tau}{2} \Lambda_2^j \right) \varphi^{j+1/3}, \tag{12}$$

$$\left(E + \frac{\tau}{2} \Lambda_1^j \right) \varphi^{j+1} = \left(E - \frac{\tau}{2} \Lambda_1^j \right) \varphi^{j+2/3}, \tag{13}$$

$$\frac{W_{x,i+1/2,j}^{n+1/2} - W_{x,i-1/2,j}^{n+1/2}}{\Delta x} = M(P_{i,j}^{n+1/2}) \cdot \frac{P_{i,j}^{n+1/2} - P_{i,j}^n}{0.5 \cdot \tau} + 0.5 \cdot f_{i,j}^{n+1/2}, \tag{14}$$

$$\frac{W_{y,i,j+1/2}^{n+1} - W_{y,i,j-1/2}^{n+1}}{\Delta y} = M(P_{i,j}^{n+1}) \cdot \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1/2}}{0.5 \cdot \tau} + 0.5 \cdot f_{i,j}^{n+1}, \tag{15}$$

где $\Delta x, \Delta y$ и τ — шаги по координатным осям и времени;

$$P(x, y, t)|_{t=0} = P_0(x, y), [x, y] \in D_0, \tag{16}$$

$$\left[\lambda K(x, y, P) \frac{\partial P}{\partial n} + QP(x, y, t) \right]_{\sigma_0} = \varphi(x, y, t); \tag{17}$$

здесь $\square = 0$ $Q = 1$.

В формулах (7)-(17) применены сеточные аналоги задачи (2)-(6), в частности схема переменных направлений (7)-(8), схема покомпонентного расщепления (9-13) и локально — одномерная схема (14)-(15). Начальное и граничное условия учитываются в виде (16)-(17).

Вычислительный алгоритм приведен в таком порядке:

1. Замена дифференциального оператора некоторым разностным оператором. Формулирование разностного аналога для краевых условий и начальных данных.
2. Построение фиктивной области.
3. Переход к конечно — разностным уравнениям.
4. Построение реализационного алгоритма.
5. Анализ полученных результатов.

Для проверки достоверности вычислительного алгоритма и разработанного программного комплекса применен метод пробной функции.

Пусть пробная функция имеет вид $U(x, y, t) = x^3 + y^3 + t^2$ с постоянными коэффициентами const , $M=1$; $K=1$.

Тогда, подставив функцию в уравнение, имеем $f=6x+6y+2t$ с начальным условием $U(x, y, 0) = x^3 + y^3$.

Для нашей задачи коэффициенты граничных условий следующие: $\lambda = 0$ и $\theta = 1$. Тогда первое граничное условие примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \varphi(0, y, t) &= y^3 + t^2 && \text{при } x=0, && \varphi(1, y, t) &= 1 + y^3 + t^2 && \text{при } x=1, \\ \varphi(y, 0, t) &= x^3 + t^2 && \text{при } y=0, && \varphi(x, 1, t) &= x^3 + 1 + t^2 && \text{при } y=1. \end{aligned}$$

При решении тестовой задачи для проверки результатов изменяем шаг по времени. На основе этих результатов составлен график, который показывает погрешность точного и приближенного решений (рис.2).

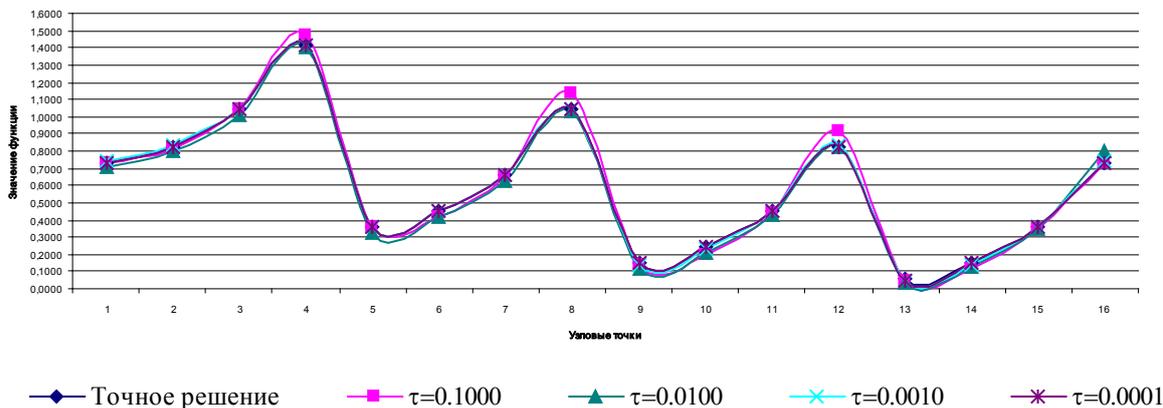


Рис. 2. Сравнительные результаты полученных результатов на основе метода переменных направлений

Из приведенных результатов видно, что если шаг по времени будет очень мал, тогда результат приближается к точному решению, а при больших временных шагах устойчивость нарушается.

Литература:

1. Абчук, В. А. и др. Автоматизация управления. — М.: Радио и связь, 1984. — 264 с.
2. Азиз, Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. — М.: Недра, 1982, — 400 с
3. Олимов, М. Алгоритм решения прикладных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка с методом дифференциальной прогонки [Текст]/М. Олимов, О. О. Жакбаров, Ф. С. Ирискулов // Молодой ученый. — 2015. — №6. — с. 193–196.

Анализ химического состава гидрофобизирующих материалов, используемых в производстве бумажной упаковки

Жерякова Ксения Владимировна, студент;

Корниенко Наталья Дмитриевна, студент

Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова (Челябинская обл.)

В статье представлены гидрофобизирующие компоненты различной природы, используемые в производстве бумажной упаковки. Рассмотрен химический состав гидрофобизирующих материалов, влияющий на эффективность проклейки бумаги. Представлены наиболее перспективные гидрофобизаторы, такие как модифицированные крахмалы. Проанализирован химический состав крахмалопродуктов и его влияние на сорбционные и прочностные характеристики бумажной упаковки.

Ключевые слова: бумага, гидрофобизирующие материалы, модифицированный крахмал, химический состав, свойства.

Современное бумажное производство немислимо без эффективного использования различных химических материалов. В способах производства влагопрочной бумажной упаковки возникает интерес к нахождению пути получения бумаги при минимальных затратах и повышенных физико-химических показателей. Для повышения механической прочности и снижения водопоглощения бумаги, используемой в производстве упаковки, на стадии ее изготовления в бумажную массу вводятся гидрофобизирующие материалы.

К числу проклеивающих веществ относят такие, которые сообщают бумаге водостойкость, а также и такие, которые связывают волокна между собой в бумажном листе и тем самым способствуют повышению сомкнутости и механической прочности бумаги, первые называют гидрофобизирующими, а вторые — связующими проклеивающими веществами. К гидрофобизирующим проклеивающим материалам относятся: обычная и модифицированная канифоль, парафин, горный воск, стеараты, силиконы, битум, латекс, синтетические клеи, квилон и некоторые другие. К связующим материалам относят: крахмал, его производные (модифицированный крахмал), животный клей, казеин, соевый протеин, производные целлюлозы (карбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза, диоксиэтилцеллюлоза), некоторые растительные камеди (манногалактаны), жидкое стекло, синтетические полимеры — поливиниловый спирт, поливинилацетат, полиакриламид, альгинаты и другие [1, 4].

Наиболее перспективными гидрофобизаторами являются модифицированные крахмалы. Это связано с на-

личием положительно и отрицательно заряженных групп в макромолекулах этих крахмалов, что позволяет обеспечить значительные экономические и экологические преимущества процессам бумажного производства, использующих эти крахмалы [2]. Крахмал является вспомогательным веществом в бумажной промышленности. Это связано с его уникальными функциональными свойствами, а также с низкой стоимостью, возобновляемостью сырьевых ресурсов и экологической чистотой.

Природный крахмал представляет собой смесь двух полисахаридов: линейного — амилозы и разветвленного — амилопектина, общая эмпирическая формула которых — $(C_6H_{10}O_5)_n$. В зависимости от исходного сырья содержание амилозы составляет от 10 до 30% [3, 7].

Химический состав крахмала показан на рисунках 1–2. Крахмал $[C_6H_{10}O_5]_n$ состоит из: амилозы — 25% ММ $(32–160) \cdot 10^3$ и амилопектина — 75% ММ $(100–1000) \cdot 10^3$ [3].

Амилоза имеет линейное строение, D — глюкопиранозные остатки связаны гликозидными связями [4].

Молекула амилопектина построена подобным образом, однако имеет в цепи разветвления, что создает пространственную структуру. В точках разветвления остатки моносахаридов связаны гликозидными связями. Между точками разветвления располагаются обычно 20–25 глюкозных остатков [9]. Амилозная фракция обладает большой силой связи при добавках в массу, но оказывает более слабое диспергирующее действие на пигменты.

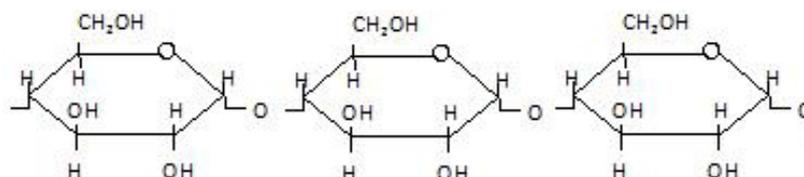


Рис. 1. Амилоза [3]

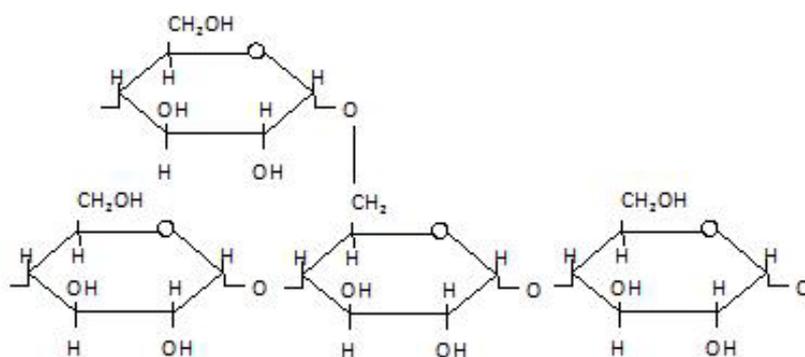


Рис. 2. Амилопектин [3]

Производство многих видов упаковочных бумаг предусматривает использование вторичного сырья — макулатуры. Макулатурную массу для изготовления целлюлозно-бумажных изделий необходимо подвергать облагораживанию. Материалы, получаемые из такого сырья, не обеспечивают достаточный уровень прочности, жесткости. Для устранения этих проблем использовались натуральные крахмалы, главный недостаток которых — большой расход на тонну продукции и замедление обезвоживания. Катионные крахмалы позволяют устранять эти недостатки, потому что имеют прочную адсорбцию к волокну и хорошо удерживаются в массе, благодаря чему покрывают большую поверхность волокон и дают хорошее внутреннее сцепление при низком расходе. Катионные крахмалы являются эффективным средством удержания мелочи, наполнителей и вредной смолы, повышают заряд бумаги, придают необходимую степень гидрофобности.

Молекулы катионного крахмала, добавленные в суспензии целлюлозной массы, могут сцепляться с анионными от природы волокнами целлюлозной массы силами электростатического притяжения и, таким образом, удерживаться во влажном волокнистом материале и оставаться в конечной бумаге или картоне [4, 5]. Крахмальная проклейка значительно снижает впитываемость бумаги.

Катионный крахмал — замещенный крахмал, содержащий группы, способные придавать ему положительный заряд в водной среде при соответствующем значении pH. Чаще всего в целлюлозно-бумажной промышленности в качестве положительно заряженных групп катионных крахмалов используются четвертичные аммониевые группы (NH^{4+}). Положительно заряженная функциональная группа может дать слабую ионную связь с отрицательно заряженной целлюлозой. Катионизации достигают, например, присоединением хлорида 3-хлор-2-гидроксипропилтриметил-аммония для получения катионных крахмалов с различными степенями замещения азотом. Степень катионного замещения крахмалов (мас. %азот/крахмал) может находиться в пределах от около 0,01 до около 0,2, предпочтительно между 0,02 и 0,15 [3, 9].

Так как гидрофобные группы катионного крахмала имеют низкое сродство с водной средой, то при добавлении

их к воде, они показывают сильно выраженную тенденцию к «избеганию» контакта с молекулами воды. В присутствии твердых частиц, таких как целлюлозные волокна и наполнители, используемые в производстве бумаги, гидрофобный крахмал, адсорбируется на этих частицах.

Анионный крахмал — замещенный крахмал, содержащий группы, способные придавать ему отрицательный заряд в водной среде при заданном значении pH. Удержание анионного крахмала на волокнах — за счет комплексообразования с алюминием обычно в слабокислой среде [3, 8].

Вероятно, что взаимодействие крахмала с целлюлозными волокнами протекает по механизму мозаичного сцепления: полимерные цепи положительно заряженного крахмала подобно элементам мозаики оседают на волокнах и частицах наполнителя, тем самым перезаряжая лишь отдельные области. Взаимодействие участков с противоположным зарядом приводит к мозаичному сцеплению частиц с образованием макрофлокул.

В последнее время появляется информация об использовании комбинаций катионных и анионных крахмалов, что позволяет дополнительно увеличить механическую прочность бумаги, экономить химикаты, повысить удержание волокна на формирующей части бумагоделательной машины.

Предпочтительным является использовать катионный крахмал в сочетании с карбоксиметилцеллюлозой, поскольку два данных полимера, как было обнаружено, хорошо взаимодействуют друг с другом, давая бумагу с хорошей прочностью при низкой стоимости [5, 6]. Карбоксиметилцеллюлоза применяется обычно в виде натриевой соли. Она получается действием монохлоруксусной кислоты на алкилцеллюлозу.

Возникает целое направление промышленности — создание и производство высокоэффективных, отвечающих экологическим требованиям модифицированных крахмалопродуктов, предназначенных для целлюлозно-бумажного производства.

В России появились фирмы, такие как ОАО «Ибреть-крахмалпатока» и ОАО «Крахмалопаточный завод «Новолянский», выпускающие низkozамещенные катионные крахмалы.

В настоящее время многие фирмы предлагают специализированные виды крахмала и гидрофобные добавки на его основе, обеспечивающие значительный рост адгезионной прочности, а также снижение впитываемости при использовании макулатурного сырья в производ-

стве бумажной упаковки, однако при рассмотрении эффективности их применения необходимо проанализировать химический состав, применяемых гидрофобизаторов и их механизм взаимодействия с целлюлозой и другими связующими материалами.

Литература:

1. Гурьев, А. В. [Электронный источник]: Практикум по технологии бумаги: Учебное пособие. — Режим доступа: http://wood.nglib.ru/book_view.jsp?idn=006673&page=4&format=free
2. Все о модифицированных крахмалах [Электронный источник]: — Режим доступа: [http://kmv.com.ua/vse %20o %20mod1. html](http://kmv.com.ua/vse%20o%20mod1.html)
3. Биоорганическая химия [Электронный источник]: Полисахариды. Крахмал, Целлюлоза. — [http://xp — 7sbb4aandjwsmn3a8g6b. xp — p1ai/theory/chemistry/biochemistry/polysaccharides. html](http://xp-7sbb4aandjwsmn3a8g6b.xp-p1ai/theory/chemistry/biochemistry/polysaccharides.html)
4. Муллина, Э. Р., Мишурина О. А., Чупрова Л. В., Ершова О. В. Влияние химической природы проклеивающих компонентов на гидрофильные и гидрофобные свойства целлюлозных материалов // Современные проблемы науки и образования. 2014. №6. с. 250; URL: www.science-education.ru/120-16572 (дата обращения: 20.04.2015).
5. Мишурина, О. А., Тагаева К. А. Исследование влияния композиционного состава по волокну на влагонепроницаемые свойства исходного сырья при производстве картонных втулок // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. — 2013. — Т. 1. №71. — с. 286–289.
6. Мишурина, О. А., Чупрова Л. В., Муллина Э. Р., Ершова О. В. Исследования качества исходного сырья на прочностные свойства картонных втулок // Современные проблемы науки и образования. 2014. №1. с. 254; URL: www.science-education.ru/115-12226 (дата обращения: 21.04.2015).
7. Мишурина, О. А., Чупрова Л. В., Муллина Э. Р. Исследование влияние химического состава углеводородной части различных видов целлюлозных волокон на физико-механические свойства бумаг для гофрирования // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. №8. с. 52–55.
8. Патент РФ №2007145719/12, 11.05.2006. Легнерфельт Бьерн, Дольфф Элизабет, Олауссон Ян. Способ получения бумаги и бумага, полученная данным способом // Патент России №.23888632006.
9. Хованский, В. В., Дубовый В. К., Кейзер П. М., Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона. Учебное пособие, Санкт-Петербург 2013 г. с. 7–8.

Современное состояние развития тренажерных систем и систем поддержки принятия решений при управлении технологическим процессом компримирования газа

Замиховский Леонид Михайлович, доктор технических наук, профессор;
Матвиенко Роман Михайлович, аспирант
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа (Украина)

Рассмотрено современное состояние развития компьютерных тренажерных систем и систем поддержки принятия решений (ИСППР) при управлении технологическим процессом компримирования газа. Проведен анализ разработок, научных трудов и публикаций касающихся проблемной области.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, компьютерная тренажерная система, оперативно-диспетчерский персонал, процесс компримирования газа.

С развитием компьютерно-информационных технологий области применения компьютерных тренажерных систем (КТС) и систем поддержки принятия решений (СППР) при управлении технологическими процессами постоянно расширяются. Причина их растущей популярности заключается в возможности реализовать

с их помощью принципиально новые и эффективные способы обмена информацией, перевести управление сложными системами и комплексами на качественно новый уровень.

При этом возможности исследования, анализа и запоминания информации в несколько раз превышают

традиционные способы обучения. Это достигается благодаря использованию при разработке КТС и СППР современных SCADA-систем (WinCC, Simplicity, Genesis и др.), пакетов моделирования систем (MATLAB, Maple, Modelica и др.), а также профессиональных проблемно-ориентированных пакетов Exsys Corvid, NeuroPro.

Применение КТС имеет большое значение при подготовке и проведению повышения квалификации оперативно-диспетчерского персонала (ОДП), работающего на опасных участках производства и там, где цена ошибки значительно превышает затраты на обучение. Применение СППР при управлении технологическими процессами позволяет ОДП получать дополнительную информацию о технологических ситуациях, возникающих на технических объектах управления и помогает, тем самым, принимать правильные и адекватные решения в конкретный момент времени.

В настоящее время нефтяная и газовая промышленность является крупнейшей отраслью, динамично развивающейся во всем мире. Разрабатываются новые месторождения нефти и газа, строятся новые и реконструируются существующие трубопроводные системы, внедряется новое оборудование.

Несмотря на то, что работа в нефтегазовой промышленности в настоящее время является достаточно высокооплачиваемой, в тоже время она является достаточно сложной и опасной для здоровья обслуживающего персонала. Кроме того, стоимость современного оборудования применяемое в этой отрасли довольно значительная и предполагает наличие высоко квалифицированного обслуживающего персонала. При этом большое значение имеет так называемый «человеческий фактор» и, соответственно, качество профессиональной подготовки оперативно-диспетчерского персонала, поскольку его ошибки могут привести не только к аварийным ситуациям и авариям, ликвидация которых требует значительных материальных затрат, но зачастую и к человеческим жертвам. Для предотвращения возникновения опасных ситуаций на производстве и для обучения ОДП целесообразно использование специальных тренажерных комплексов, а также системы поддержки принятия решений при управлении технологическими процессами.

В данной статье анализируются особенности функционирования известных тренажерных комплексов и систем поддержки принятия решений при управлении технологическим процессом компримирования газа.

Среди рассмотренных ниже систем особого внимания заслуживает разработка ЗАО «АтлантикТрансгазСистема», которая представляет комплексное решение: систему поддержки принятия решений и тренажер диспетчера для повышения надежности АСУТП газодобывающих и газотранспортных предприятий [1,2] в которой диспетчер непосредственно включается в контур управления, а СППР помогает ему принимать решения при оперативном управлении предприятием в штатных и нештатных режимах. Также анализируется режим ра-

боты компрессорной станции (КС) на основе информации, поступающей от датчиков, систем автоматики и сравнивается с результатами компьютерного моделирования.

В [2] рассматривается тренажер диспетчера, в основу функционирования которого заложена нестационарная математическая модель трубопроводной системы «Веста-М», включающей КС. Интерфейс диспетчера на тренажере полностью аналогичен реальному интерфейсу АСУТП. При выполнении прогнозного расчета задается так называемый временной масштаб, или коэффициент ускорения, который может варьироваться в диапазоне от 1:1 до 10:1. Анализ решений, предлагаемых обучающимся сотрудникам, проводит экспертная система.

В [3] разрабатываются методы и алгоритмы информационной поддержки диспетчера при штатных и нештатных ситуациях, а также решается задача практической реализации системы ППР диспетчера линейного производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУ МГ) на примере моделирования реальной аварийной ситуации с частичным разрывом газопровода.

В работе [4] разрабатывается система ППР при автоматизированном оперативно-диспетчерском управлении объектами добычи и транспорта газа. Разработка такой системы обеспечивает повышение оперативности диагностики состояния производственных объектов, выявление аварийных и нештатных ситуаций, а посредством этого — повышение степени аварийной защиты оборудования, повышение качества управления технологическим процессом и сокращение ошибок диспетчерского персонала при действиях в различных ситуациях за счет информационно-аналитической поддержки и предоставления персоналу подробной информации о состоянии оборудования. При этом рассматриваются вопросы взаимодействия диспетчера газотранспортной системы с АСУТП, и конкретные задачи, которые он решает, контролируя работу газотранспортной системы (ГТС), а также вопросы обоснованности принятия диспетчером управляющих решений при возникновении нештатных ситуаций, определения последовательности управляющих воздействий, максимально нивелирующих неблагоприятное развитие процесса и возвращающих его на стабильный уровень, возможно не оптимальный, но лучший в данной конкретной ситуации, и оценки результата.

В [5] разработано алгоритмическое и программное обеспечение для автоматизированной системы ППР диспетчерами ГТС по решению задачи оперативного планирования режима работы ГТС, которое одновременно является средством исследования качественных и количественных характеристик работы ГТС при различных условиях функционирования. В данном случае ГТС рассматривается как многомерная нелинейная стохастическая система с распределенными параметрами, для которой характерны сетевая многоуровневая структура, наличие непрерывных и дискретных управляющих воздействий, высокий уровень неопределенности структуры, параметров, состояния, а также воздействий со стороны окружающей среды.

Известны также работы, посвященные разработке СППР при управлении КС с использованием средств искусственного интеллекта [6, 7].

В [6] рассматривается методика построения отказоустойчивой системы автоматического управления газотурбинными двигателями с использованием нейронных сетей на основе метода FDI. Для обучения нейросети используются данные, полученные с помощью известных математических моделей ГТД и исполнительных механизмов, с последующей адаптацией полученных нейросетевых моделей к конкретным объектам идентификации. Обученная нейронная сеть помогает принимать решения при управлении ГТД.

В [7] разработана интеллектуальную компьютерную программу диагностирования производительности газовой турбины с использованием искусственной нейронной сети, а также разработана методология, на основе которой можно оценивать техническое состояние не только отдельных узлов ГПА, но и его техническое состояние в целом.

Отдельно рассмотрим функционал специализированных компьютерных учебно-тренажерных комплексов без привязки к системам поддержки принятия решений, а именно: тренажер САУ ГПА «Квант-6» [8], информационно-поисковую программу «КС-39А «У-П-У» [9] и комплексную обучающую систему ГПУ-16 [10].

Тренажер САУ ГПА «Квант-6» [8] создан на базе одной из современных микропроцессорных систем автоматического управления ГПА «Квант-6» и представляет собой операторную компрессорного цеха с агрегатами ГТК-10И (ИР), которая в учебных целях дополнительно оборудована мультимедийным проектором с экраном и рабочей станцией инструктора, что позволяет демонстрировать всей учебной группе действия оператора, который управляет работой ГПА, и неисправности, вводимые инструктором.

В состав тренажера входят:

- станция инструктора, позволяющая осуществлять контроль за действиями оператора и создавать сценарии нештатных ситуаций;
- станция оператора для мониторинга и управления агрегатом;
- станция для отработки навыков системных программистов по работе с программным обеспечением, настройке и конфигурации устройств управления.

Информационно-поисковая программа «КС-39А «У-П-У» (ВРРРР «Plenty») разработана специально для Богородчанского ЛПУМГ КС-39 газопровода» Уренгой-Помары-Ужгород « [9].

Данная версия информационно-поисковой системы включает:

- детализированную технологическую схему блока подготовки топливно-пускового газа;
- отдельные технологические схемы КС с различной степенью детализации;
- описание элементов запорной арматуры;
- описание предохранительных клапанов;

- описание соединений и конечных выключателей;
- описание оборудования КИПиА;
- описание фильтров.

Кроме того, в данной программе реализовано улучшенную навигацию по технологической схеме, быстрое отображение информации по всем типам оборудования, фильтрацию отдельных слоев технологического оборудования [9].

Комплексная учебная система ГПУ-16 используется как для обучения студентов, так и для повышения квалификации, переподготовки и проверки компетентности и аттестации специалистов. Она в полной мере воспроизводит все функции и замеры контролируемых параметров, имитацию типичных отказов и аварийной работы [10].

Учебная система имеет возможность настройки для использования как в групповых, так и в индивидуальных занятиях и состоит из мультимедийного учебного комплекса, модуля проверки знаний и навыков операторов, а также имитатора пульта управления оператора. Отдельные блоки тренажера отражают различные режимы работы и системы ГПА: режимы запуска и остановки агрегата, топливную, пусковую, технологическую и другие системы ГПА.

Среди других КТС, разработанных для ОДП КС можно выделить работу [11].

В ней рассматривается компьютерный учебный тренажер без поддержки интеллектуальных функций, в который закладываются различные математические модели в зависимости от технологического режима: для пуска и остановки используются сети Петри, для аварийных ситуаций — ситуационная модель и для нормального режима — имитационная модель, построенная по блочно-модульному принципу. Особенностью этой работы является то, что помимо разработки математического обеспечения компьютерного тренажера строится также прогнозно-оптимизационная модель оператора.

Выводы

Из незначительного количества рассмотренных существующих и находящихся на стадии разработки СППР и КТС выделяется разработка ЗАО «АтлантикТрансгаз-Система» для предприятий группы «Газпром», которая фактически является флагманским продуктом в отрасли построения тренажеров, обучающих систем и систем поддержки принятия решений.

Другие рассмотренные разработки решают более узкие задачи: в одних разработках акцент делается на обучение ОДП, в других — на создание оперативного «помощника» при принятии решений на производстве, в третьих — на осуществлении сбора, хранения и обработки информации для построения математических и эмпирических моделей функционирования КС, в остальных — большее внимание уделяют состоянию готовности человека-оператора.

Таким образом, актуальной остается задача построения интеллектуальной СППР для управления технологическим процессом компримирования газа с включением в ее структуру блока обучения диспетчера.

Литература:

1. ЗАО «АтлантикТрансгазСистема». Система поддержки принятия решений и тренажер диспетчера как средство повышения надежности АСУТП газодобывающих и газотранспортных предприятий [Электронный ресурс]. — Томск: Газпром трансгаз, 2010.
2. Бернер, Л. И. Интегрированные системы поддержки принятия решений в многоуровневых АСУ непрерывными технологическими процессами: автореф. дисс. ... докт. техн. наук: 05.13.06/Л. И. Бернер. — Москва, 2010. — 46 с.: ил.
3. Бухвалов, И. Р. Методы и алгоритмы информационной поддержки управления газотранспортной системой: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.06/И. Р. Бухвалов. — Владимир, 2007—133 с.
4. Балабанов, А. А. Система поддержки принятия решений при автоматизированном оперативно-диспетчерском управлении объектами добычи и транспорта газа: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.06/А. А. Балабанов. — Москва, 2008. — 190 с.: ил.
5. Тевяшева, О. А. Оперативне планування режимів роботи автоматизованої газотранспортної системи в умовах невизначеності газоспоживання: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.07/О. А. Тевяшева. — Харків, 2004. — 21 с.
6. Идрисов, И. И. Алгоритмы адаптации и обеспечения отказоустойчивости систем управления газотурбинными двигателями на основе нейросетевых технологий: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01/И. И. Идрисов. — Уфа, 2009. — 19 с.: ил.
7. Горбійчук, М. І. Метод інтегральної оцінки технічного стану газоперекачувальних агрегатів [Текст]/М. І. Горбійчук, І. В. Щупак, В. Л. Кімак // Нафтогаз. енергетика. — 2010. — №2. — с. 38–43.
8. ОАО «Газпром трансгаз Ухта». Отделение повышения квалификации специалистов и персонала опасных технологий [Электронный ресурс]/Доступ до ресурсу: <http://www.ukhta-tr.gazprom.ru/products/cok/otdel1.php>.
9. КС-39А «У-П-У». Інформаційно-пошукова програма КС-39А «У-П-У» [Электронный ресурс].
10. Комплексна навчальна система ГПУ-16 [Электронный ресурс].
11. Тулупов, В. В. Автоматизированная обучающая система для подготовки оперативно-диспетчерского персонала газотранспортных систем: дисс. канд. техн. наук: 05.13.06/В. В. Тулупов. — Х., 2003. — 175 с.

Угрозы и методы обеспечения информационной безопасности виртуальных сред

Зверев Георгий Игоревич, студент

Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации

Введение

Технология виртуализации имеет большое число преимуществ перед использованием реальных ЭВМ: удобство управления виртуальной средой, высокая скорость создания новых серверов, оперативность резервного копирования, отсутствие привязки к определенной реальной машине, возможность тестирования обновлений и нового функционала на актуальных копиях продуктивных систем, защита реальной машины от атак, которым подвергается виртуальная среда.

Согласно статистике «Лаборатории Касперского» [1] 59% опрошенных российских компаний, которые имеют в своем распоряжении в локальной сети более 100 компьютеров уже внедрили или планируют внедрить виртуализацию серверов.

По данным исследований Cisco Systems, Inc [2] в качестве основных препятствий для использования технологий виртуализации в своих информационных системах крупные компании очень часто затрагивают вопросы, ка-

сающиеся обеспечения информационной безопасности. (23% случаев).

Стоит отметить, что виртуальные среды действительно становятся объектом повышенного интереса со стороны злоумышленников и, несомненно, будут выявляться все новые уязвимости и эксплуатирующий их разрушительный код.

Таким образом, можно сделать вывод, что вопросы виртуализации и обеспечения ее информационной безопасности на сегодняшний день довольно актуальны как в России, так и за ее рубежом.

Особенности обеспечения безопасности в виртуальной среде

Вопрос обеспечения информационной безопасности виртуальной среды предусматривает решение комплексных задач: обеспечение состояния конфиденциальности, целостности и доступности информации и обеспечение соответствия требованиям законодатель-

ства в отношении защиты определенных категорий информации (персональные данные, конфиденциальная информация и другие).

Вместе с тем при обработке информации в виртуальной среде имеются свои специфические особенности, отсутствующие в физической среде, которые злоумышленники и используют в качестве точек для совершения атаки [3]:

— средства управления виртуальной инфраструктурой представляют собой самостоятельный объект атаки, проникновение в который дает возможность нарушителю получить доступ к гипервизорам серверов виртуализации, а затем к конфиденциальным данным, обрабатываемым на гостевых машинах;

— средства защиты информации, разработанные для защиты физической инфраструктуры, могут не учитывать существование гипервизора;

— диски гостевых машин обычно размещаются в сетевых хранилищах, которые должны физически защищаться как самостоятельные устройства;

— традиционные сетевые экраны могут не контролировать трафик внутри сервера виртуализации, где находятся гостевые машины, взаимодействующие между собой по сети;

— каналы передачи служебных данных серверов виртуализации обычно не защищены, хотя по этим каналам среди прочих данных передаются фрагменты оперативной памяти гостевых машин, которые могут содержать конфиденциальные данные.

Виртуальная среда позволяет повысить степень рационализации использования вычислительных средств реальной машины, вследствие чего появляется возможность уменьшить количество физического оборудования при таком же количестве сетевых приложений и сервисов, что означает усложнение взаимодействия субъектов. Поэтому повышать уровень защищенности виртуальной среды необходимо комплексно, комбинируя сетевые и локальные средства защиты с одновременным использованием большого набора защитных средств: сетевой аутентификации и авторизации пользователей, межсетевого экранирования как внутри сервера виртуализации, так и по периметру виртуальной инфраструктуры, систем регистрации, сбора и анализа событий безопасности, средств разграничения доступа к виртуальным машинам и к самому серверу виртуализации (и его гипервизору), систем контроля целостности конфигураций распределенных компонентов виртуальной среды, средств антивирусной защиты и управления доступом к элементам виртуальной инфраструктуры.

Угрозы системному программному обеспечению виртуализации

1. Некорректная настройка параметров гипервизора и виртуальных машин.

При создании данной угрозы происходит несанкционированный доступ к ресурсам виртуальных сред вследствие некорректных настроек гипервизора [4].

Предложены несколько технических и организационных мер обеспечения информационной безопасности к устранению данной угрозы. Так к техническим мерам можно отнести такие, как использование средств анализа защищенности и соответствия настроек виртуальной среды, контроль целостности настроек гипервизора и использование специализированных систем защиты от несанкционированного доступа к виртуальной среде. К организационным мерам относится разделение и регламентирование прав администраторов виртуальной среды и регламентирование процедур расследования инцидентов в области обеспечения информационной безопасности в виртуальной среде.

2. Ошибки в работе программного обеспечения гипервизора.

В данном случае можно наблюдать несанкционированный доступ к ресурсам виртуальных машин вследствие программных закладок (или ошибок) в программном обеспечении гипервизора.

При обнаружении данной угрозы информационной безопасности при работе в виртуальной среде также можно дать несколько рекомендаций по осуществлению технических и организационных мер осуществления информационной безопасности. К техническим мерам можно отнести подтверждение правильности работы программного обеспечения гипервизора и отсутствия в нем недокументированных возможностей. По поводу организационных мер можно сказать, что необходимо производить регламентирование процедур сопровождения программного обеспечения гипервизора в соответствии с техническими условиями, в рамках которых было сертифицировано программное обеспечение гипервизора.

3. Подмена исполняемых модулей программного обеспечения гипервизора.

В данном случае может произойти несанкционированный доступ к ресурсам виртуальных машин вследствие искажения работы программного обеспечения гипервизора.

Предложены такие технические меры к устранению данной угрозы, как использование средств контроля целостности программного обеспечения и настроек гипервизора и регистрации действий администраторов виртуальной среды.

4. Истощение вычислительных ресурсов сервера с гипервизором

Данная угроза очень ярко выражена в выполнении атак типа «отказ в обслуживании».

Технические меры обеспечения информационной безопасности могут быть выражены в задании параметров гипервизора по ограничению в предоставлении реальных ресурсов для виртуальных машин и мониторингу загрузки мощностей сервера с гипервизором. А с помощью организационных мер необходимо производить регламентирование процедур по созданию, настройке и сопровождению виртуальных машин и регламентирование процедур мониторинга сервера с гипервизором.

5. Случайное или умышленное искажение или уничтожение образов виртуальных машин

Вследствие данной угрозы происходит стирание или искажение образов виртуальной машины.

Предложенная техническая мера обеспечения информационной безопасности подразумевает использование средств резервного копирования и восстановления образов виртуальных машин. Организационная мера, в свою очередь, включает в себя проведение регламентирования процедуры резервного копирования и восстановления образов виртуальных машин.

Литература:

1. Ледовской, В.П. Виртуальным инфраструктурам — прогрессивная защита [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.anti-malware.ru/analytics/Progressive_Defense_for_Virtual_Infrastructures
2. Securing Virtual Applications and Servers [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/unified-network-services-uns/white_paper_c11-652663.html
3. Вячеслав Петрухин, Безопасность виртуальных сред [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2011/04/13008785>
4. VMware vSphere 4.1 Security Hardening Guide [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://communities.vmware.com/docs/DOC-15413>

Заключение

В данной работе описаны особенности обеспечения информационной безопасности в виртуальной среде и специфические особенности обработки и хранения информации, отсутствующие в физической среде. Также рассмотрена классификация угроз системному программному обеспечению виртуализации, описан характер их действия на виртуальную среду и представлены рекомендации к обеспечению технических и организационных мер обеспечения информационной безопасности.

К вопросу о мазутном хозяйстве

Зиятдинов Рустем Минсагитович, магистрант
Казанский государственный энергетический университет

С открытием крупных месторождений газа во второй половине 60-х годов, началось массовое строительство котельных и тепловых электростанций, работающих на «голубом топливе». Многочисленные запасы и низкая себестоимость газа, стали основополагающей причиной реконструкции котельных и ТЭЦ в связи с переводом их на газообразное топливо.

В качестве резервного (аварийного) топлива использовался мазут, однако в те годы ставка на энергосбережение не делалась, так как топливно-энергетические ресурсы страны казались безграничными. Поэтому исследованиям в области проведения расчетов и проектирования мазутного хозяйства не придавалось особого значения.

Доминирующими энергоносителями в России являются нефть и газ. Несмотря на изменение структуры топливно-энергетического баланса с замещением нефти и газа, углем и ядерным топливом еще не один десяток лет электростанциями будет использовать мазут.

Следует отметить, что в настоящее время значительная часть электростанций использует мазут, как основное топливо, а ТЭС и котельные, работающие на газе, имеют резервное мазутное хозяйство. В котельных, работающих

на твердом топливе, мазут применяют для подсвечивания факела и растопки.

Основное требование, предъявляемое к электростанциям это надежность, то есть бесперебойная работа оборудования, не допускающая кратковременного останова. Как следствие, высокие требования к топливоподаче и обязательное наличие резервного (аварийного) мазутного хозяйства.

Главная задача мазутного хозяйства — это обеспечение непрерывной подачи к котлам, предварительно отфильтрованного и подогретого мазута в требуемом объеме, с соответствующими теплофизическими характеристиками.

Мазутное хозяйство ТЭС — это комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов, для строительства которого требуются значительные капиталовложения. Немалая часть тепловой энергии на собственные нужды станции потребляется мазутным хозяйством. Несмотря на то, что мазутное хозяйство относится к вспомогательному оборудованию ТЭС, с учетом вышеизложенного, мазутное хозяйство должно рассматриваться наравне с основными системами и оборудованием.

Мазутные хозяйства подразделяются:

- по способу доставки (авто, железнодорожный или водный транспорт, трубопроводы);
- по назначению (растопочное, резервное, основное или аварийное);
- по схеме подключения к котельным агрегатам (тупиковая, циркуляционная, смешанная).

Размеры мазутного хозяйства и объем мазутохранилища котельной или ТЭС напрямую зависит от вышперечисленных факторов, от этого же в свою очередь зависит количество тепловой энергии, необходимое для работы мазутного хозяйства.

Резервуары для хранения мазута производятся различной емкости. Основные виды: цилиндрические железобетонные и металлические, а также прямоугольные железобетонные резервуары.

Главным предметом внимания при эксплуатации мазутных хозяйств являются немалые затраты энергии на подогрев при хранении мазута и подготовке его к сжиганию. Эксплуатационные затраты на содержание мазутного хозяйства составляют около 10% от нагрузки котла. Поэтому следует, более развернуто проанализировать возможности энергосбережения мазутных хозяйств на крупных ТЭС и котельных малой энергетике.

Согласно Энергетической стратегии РФ до 2030 года нереализованный потенциал организационного и технологического энергосбережения на момент ее разработки составил 40% общего объема внутреннего энергопотребления, удельный вес электроэнергетики оценивается как 13–15%. Доля этого резерва может быть восполнена за счет эксплуатации мазутных хозяйств.

Вопросу мазутного хозяйства посвящены труды следующих ученых Геллер З.И., Кривоногов Б.М., Назмеев Ю.Г., Ляндю И.М., Адамов В.А. Причиной послужило отсутствие единой методики расчетов подогрева мазута в резервуарах мазутного хозяйства. По данной тематике в работе использовались научные труды ряда российских ученых и специалистов, таких как Геллер З.И., Назмеев Ю.Г., Казайкин К.Ф., Даминов А.З., Шинкевич Т.О., Лопухов В.В., Иванов Н.В., Осипов Г.Т., Такташев Р.Н., Шагеев М.Ф..

Повышение эффективности теплотехнологической схемы мазутного хозяйства тепловых электростанций является важной задачей. В настоящий момент в мазутных хозяйствах ТЭС России применяется циркуляционная схема подогрева топлива в резервуарах.

Однако существующие математические модели и методы расчета циркуляционного подогрева мазута в резервуарных парках мазутных хозяйств ТЭС не учитывают возможные компоновочные решения по обвязке резервуарного парка, схемы движения потоков рабочих сред, номенклатуру резервуаров и подогревателей мазута [1].

Создана [2] математическая модель теплогидравлических процессов циркуляционного подогрева мазута, на примере отдельных одноступенчатых схем для четырех резервуаров. Рассмотрены вопросы циркуляционного подогрева одного резервуара, а также параллельной работы, с учетом поддержания заданной температуры топлива в каждом резервуаре при требуемом расходе топлива.

Проведенные исследования [2] показывают, что при использовании отдельного циркуляционного контура имеется заметный ресурс. В случае перевода мазутного хозяйства Нижнекамской ТЭЦ-1 на данную схему получается экономия энергоресурсов (табл. 1).

Вопрос о принятии методики расчета [2], как обобщенной методики для мазутных хозяйств и ТЭС, остается открытым.

Рассмотрим принципиальную одноступенчатую схему мазутонасосной котельной, работающей на газе, резервным топливом является мазут (рис. 1).

В данной схеме предусмотрена линия рециркуляции, во-первых, для поддержания температуры мазута на заданном уровне, во-вторых, это позволяет избежать влаготстоя мазута.

На рассматриваемой котельной установлено 4 котла марки КВГМ-180, теплопроизводительностью 180 (209) Гкал/ч (МВт), каждый котел оборудован шестью вихревыми газомазутными горелками с паромеханическими форсунками, которые расположены встречно треугольником с вершиной на боковых стенках вверху.

Котлы рассчитаны на сжигание природного газа и мазута. Схема подачи мазута — одноступенчатая циркуляционная (рис. 1). Мазут поставляется железнодорожным транспортом в цистернах. Разогрев мазута осуществляется паром с параметрами $t = 200–250^{\circ}\text{C}$ и $p = 0,8–1,2$ МПа открытым способом.

Топливо самотеком сливается в сливной желоб, откуда посредством насоса марки МВН-6 ($Q = 21,6\text{ м}^3/\text{ч}$, $n = 24\text{ с}^{-1}$, $N = 21$ кВт) перекачивается в емкость для хранения мазута №1. За счет рециркуляции мазут в резервуаре имеет температуру около 70°C .

Таблица 1. Экономия энергоресурсов мазутного хозяйства

Наименование	Сумма, тыс. руб./год	Условное топливо, т. у. т./год
Электроэнергия	5698,2	688,58
Теплота на подготовку очередного резервуара	33,4	16,7
Теплота для работы двух подогревателей (взамен четырех), зима/лето	5851,68/3901,12	2925,84/1950,56
Суммарный экономический эффект	9752,8	4876,4

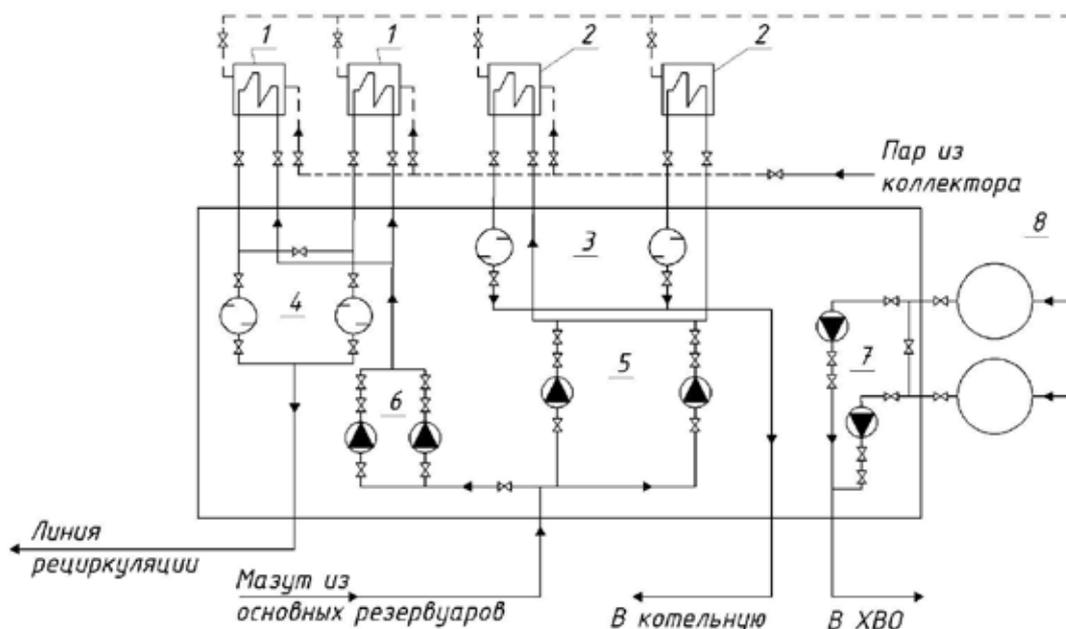


Рис. 1. Принципиальная схема одноступенчатой мазутонасосной: 1 — мазутные рециркуляционные подогреватели; 2 — основные мазутоподогреватели; 3 — фильтры тонкой очистки; 4 — фильтры грубой очистки; 5 — основные мазутные насосы; 6 — рециркуляционные насосы; 7 — конденсатные насосы; 8 — баки для конденсата

На котельной установлен стальной цилиндрический резервуар №1, вместимостью 1000 м³. Оборудование мазутного хозяйства, которое располагается в мазутонасосной и около нее:

- два фильтра грубой очистки 4 (5 отверстий на 1 см²) марка ФМ-40–30–5, расположенные после рециркуляционных подогревателей;

- два фильтра тонкой очистки 5 (40 отверстий на 1 см²) марка ФМ-10–120–40, расположенные после основных подогревателей;

- два мазутных насоса марки 6НК9х1 ($Q=110\text{ м}^3/\text{ч}$, $H=55\text{ м}$, $n=2950\text{ об/мин}$, $N=37\text{ кВт}$, $D_{p.k.}=235\text{ мм}$), установленные на основной линии, осуществляющие перекачку мазута через подогреватели, фильтры тонкой очистки. Создающие, требуемое давление топлива перед форсунками котлов, и циркуляцию от мазутонасосной в котельную и обратно;

- два мазутных насоса марки 4НК5х1 ($Q=45\text{ м}^3/\text{ч}$, $H=38\text{ м}$, $n=2950\text{ об/мин}$, $N=15\text{ кВт}$, $D_{p.k.}=180\text{ мм}$), установленные на рециркуляционной линии;

- два основных подогревателя мазута 2, марки ПМ-10–120, подача 120 т/ч (один из которых резервный);

- два рециркуляционных подогревателя 1, марки ПМ-40–15, подача 15 т/ч (один из которых резервный);

- система трубопроводов с арматурой, для перекачки мазута из мазутонасосной в котельный цех;

- паропроводы с арматурой.

Схема внутренней рециркуляции закрытая. Из резервуара с помощью насоса рециркуляции 6 (марка 4НК5х1), мазут, пройдя фильтры грубой очистки (марка ФМ-40–30–5) поступает в рециркуляционный подогре-

ватель мазута ПМ-40–15, после чего направляется обратно в резервуар.

Для подачи к котлам мазут проходит по другому контуру, в котором установлен основной подогреватель мазута 2 (ПМ-10–120, подача 120 т/ч). За мазутоподогревателем установлен фильтр тонкой очистки ФМ-10–120–40. Данный подогреватель расположен вне здания мазутонасосной на открытой площадке.

Схема подачи топлива (рис. 1) рассчитана на непрерывную циркуляцию по замкнутому циклу резервуар — мазутонасосная — котельный цех — резервуар.

Одноступенчатая схема мазутонасосной с линией рециркуляции позволяет поддерживать температуру мазута в резервуаре на уровне 70°С, с последующим нагревом его в основных подогревателях. Рециркуляция позволяет избежать влаготстоя мазута, а также сократить расход пара и электроэнергии на мазутное хозяйство.

Несмотря на множество разработок в данной области, которые дали положительные результаты (экономии) после внедрения, единой методики расчета теплотехнологической схемы мазутного хозяйства пока нет.

В технической литературе и существующих методиках расчета стационарных мазутоподогревателей марки ПМ И ПМР не рассматривается вопрос определения гидравлических характеристик, зависящих от режима работы подогревателя. Не в полной мере освещены вопросы расчета процессов, возникающих при циркуляционном подогреве мазута. Не полностью учтены тепловые и гидравлические режимы подготовки мазута и его хранения, а так же варианты компоновки теплообменных аппаратов.

Литература:

1. Иванов, Н. В., Моделирование и исследование циркуляционного подогрева мазута в одноступенчатых совмещенных теплотехнологических схемах растопочных мазутных хозяйств ТЭС. Автореферат канд. диссертации. Казань, 2003. с. — 16.
2. Шагеев, М. Ф., Моделирование и исследование циркуляционного подогрева мазута в отдельных 4-х резервуарных схемах мазутных хозяйств ТЭС. Автореферат канд. диссертации. Казань, 2002. с. — 16.

Purpose of superconductors in daily life

Иванов Денис Владимирович, студент;

Фомичев Егор Игоревич, студент

Научный руководитель: Мезина Елена Владимировна, старший преподаватель

Астраханский государственный технический университет

Superconductors is technology of future. It has application in all branch of science that works with energy transfer. One of the main applications of superconductors is obtaining superstrong magnetic fields. It can really change the world but not now because we have some of problem. First — what is a superconductor?

Superconductor is an element, inter-metallic alloy, or compound that will conduct electricity without resistance below a certain temperature. Resistance is undesirable because it produces losses in the energy flowing through the material.

Once set in motion, electrical current will flow forever in a closed loop of superconducting material — making it the closest thing to perpetual motion in nature. Scientists refer to superconductivity as a 'macroscopic quantum phenomenon'.

Superconductors, materials that have no resistance to the flow of electricity, are one of the last great frontiers of scientific discovery. Not only have the limits of superconductivity not yet been reached, but the theories that explain superconductor behavior seem to be constantly under review. In 1911 superconductivity was first observed in mercury by Dutch physicist Heike Kamerlingh Onnes of Leiden University (shown above). When he cooled it to the temperature of liquid helium, 4 degrees Kelvin (-452F, — 269C), its resistance suddenly disappeared. The Kelvin scale represents an «absolute» scale of temperature. Thus, it was necessary for Onnes to come within 4 degrees of the coldest temperature that is theoretically attainable to witness the phenomenon of superconductivity. Later, in 1913, he won a Nobel Prize in physics for his research in this area.

So, why we can't use the superconductors right now? An element becomes superconductor in extremely low temperatures. Fine, if the scientists can fix it, how it can help normal people? Except economical a power supply,

Superconductors have one more interesting property, that people can use in future.

The next great milestone in understanding how matter behaves at extreme cold temperatures occurred in 1933.

German researchers Walther Meissner and Robert Ochsenfeld discovered that a superconducting material will repel a magnetic field. A magnet moving by a conductor induces currents in the conductor. This is the principle on which the electric generator operates. But, in a superconductor the induced currents exactly mirror the field that would have otherwise penetrated the superconducting material — causing the magnet to be repulsed. This phenomenon is known as strong diamagnetism and is today often referred to as the «Meissner effect» (an eponym). The Meissner effect is so strong that a magnet can actually be levitated over a superconductive material.

Many of people are looked 'back to the future' or 'THE FIFTH ELEMENT'. One think- flying car. Though some of people who watch 'back to the future' more like the flying skateboard, that Marty McFly has. Both of this dream can become usually thing if we will learn create superconductivity in normal temperature. Theoretically it's a very simple. For this we have to buld up the road consist of superconductors and cars or skateboard's bottom consist of very powerful magnet. And they will be levitate.

In subsequent decades other superconducting metals, alloys and compounds were discovered. In 1941 niobium-nitride was found to superconduct at 16 K. In 1953 vanadium-silicon displayed superconductive properties at 17.5 K. And, in 1962 scientists at Westinghouse developed the first commercial superconducting wire, an alloy of niobium and titanium (NbTi). High-energy, particle-accelerator electromagnets made of copper-clad niobium-titanium were then developed in the 1960s at the Rutherford-Appleton Laboratory in the UK, and were first employed in a superconducting accelerator at the Fermilab Tevatron in the US in 1987.

The first widely-accepted theoretical understanding of superconductivity was advanced in 1957 by American physicists John Bardeen, Leon Cooper, and John Schrieffer (above). Their *Theories of Superconductivity* became know as theBCS theory — derived from the first letter of each man's last name — and won them a Nobel prize in 1972.

The mathematically-complex BCS theory explained superconductivity at temperatures close to absolute zero for elements and simple alloys. However, at higher temperatures and with different superconductor systems, the BCS theory has subsequently become inadequate to fully explain how superconductivity is occurring.

Another significant theoretical advancement came in 1962 when Brian D. Josephson (above), a graduate student at Cambridge University, predicted that electrical current would flow between 2 superconducting materials — even when they are separated by a non-superconductor or insulator. His prediction was later confirmed and won him a share of the 1973 Nobel Prize in Physics. This tunneling phenomenon is today known as the «Josephson effect» and has been applied to electronic devices such as the SQUID, an instrument capable of detecting even the weakest magnetic fields. (Below SQUID graphic courtesy Quantum Design.)

The 1980's were a decade of unrivaled discovery in the field of superconductivity. In 1964 Bill Little of Stanford University had suggested the possibility of organic (carbon-based) superconductors. The first of these theoretical superconductors was successfully synthesized in 1980 by Danish researcher Klaus Bechgaard of the University of Copenhagen and 3 French team members. $(\text{TMTSF})_2\text{PF}_6$ had to be cooled to an incredibly cold 1.2K transition temperature (known as T_c) and subjected to high pressure to superconduct. But, its mere existence proved the possibility of «designer» molecules — molecules fashioned to perform in a predictable way.

Then, in 1986, a truly breakthrough discovery was made in the field of superconductivity. Alex Müller and Georg Bednorz (above), researchers at the IBM Research Laboratory in Rüschlikon, Switzerland, created a brittle ceramic compound that superconducted at the highest temperature then known: 30 K. What made this discovery so remarkable was that ceramics are normally insulators. They don't conduct electricity well at all. So, researchers had not considered them as possible high-temperature superconductor candidates. The Lanthanum, Barium, Copper and Oxygen compound that Müller and Bednorz synthesized, behaved in a not-as-yet-understood way. The discovery of this first of the superconducting copper-oxides (cuprates) won the 2 men a Nobel Prize the following year. It was later found that tiny amounts of this material were actually superconducting at 58 K, due to a small amount of lead having been added as a calibration standard — making the discovery even more noteworthy.

The first company to capitalize on high-temperature superconductors was Illinois Superconductor (today known as ISCO International), formed in 1989. This amalgam of government, private-industry and academic interests introduced a depth sensor for medical equipment that was able to operate at liquid nitrogen temperatures ($\sim 77\text{K}$).

Also in 2001 a material that had been sitting on laboratory shelves for decades was found to be an extraordinary new superconductor. Japanese researchers measured the transi-

tion temperature of magnesium diboride at 39 Kelvin — far above the highest T_c of any of the elemental or binary alloy superconductors. While 39 K is still well below the T_c 's of the «warm» ceramic superconductors, subsequent refinements in the way MgB_2 is fabricated have paved the way for its use in industrial applications. Laboratory testing has found MgB_2 will outperform NbTi and Nb_3Sn wires in high magnetic field applications like MRI.

The most recent «family» of superconductors to be discovered is the «pnictides». These iron-based superconductors were first observed by a group of Japanese researchers in 2006. Like the high- T_c copper-oxides, the exact mechanism that facilitates superconductivity in them is a mystery. However, with T_c 's over 50K, a great deal of excitement has resulted from their discovery.

There are a lot of types of superconductors and their application long more wider than super battery and child's dream.

Magnetic-levitation is an application where superconductors perform extremely well. Transport vehicles such as trains can be made to «float» on strong superconducting magnets, virtually eliminating friction between the train and its tracks. Not only would conventional electromagnets waste much of the electrical energy as heat, they would have to be physically much larger than superconducting magnets. A landmark for the commercial use of MAGLEV technology occurred in 1990 when it gained the status of a nationally-funded project in Japan. The Minister of Transport authorized construction of the Yamanashi Maglev Test Line which opened on April 3, 1997. In December 2003, the MLX01 test vehicle (shown above) attained an incredible speed of 361 mph (581 kph).

An area where superconductors can perform a life-saving function is in the field of biomagnetism. Doctors need a non-invasive means of determining what's going on inside the human body. By impinging a strong superconductor-derived magnetic field into the body, hydrogen atoms that exist in the body's water and fat molecules are forced to accept energy from the magnetic field. They then release this energy at a frequency that can be detected and displayed graphically by a computer.

Probably the one event, more than any other, that has been responsible for putting «superconductors» into the American lexicon was the Superconducting Super-Collider project planned for construction in Ellis county, Texas. Though Congress cancelled the multi-billion dollar effort in 1993, the concept of such a large, high-energy collider would never have been viable without superconductors.

Among emerging technologies are a stabilizing momentum wheel (gyroscope) for earth-orbiting satellites that employs the «flux-pinning» properties of imperfect superconductors to reduce friction to near zero. Superconducting x-ray detectors and ultra-fast, superconducting light detectors are being developed due to their inherent ability to detect extremely weak amounts of energy. Already Scientists at the European Space Agency (ESA) have developed what's being called the S-Cam, an optical camera of phenomenal sensitivity. And, superconductors may even play a role in Internet

communications soon. In late February, 2000, Irvine Sensors Corporation received a \$1 million contract to research and develop a superconducting digital router for high-speed data communications up to 160 Ghz. Since Internet traffic is increasing exponentially, superconductor technology may be

called upon to meet this super need. Irvine Sensors speculates this router may see use in facilitating Internet2.

And that is a little part of possible applications.

So, superconductors is a promising sector, that can give people much of that they want. Superconductors is a future.

Разработка и исследовательские испытания механических свойств экспериментальных образцов двухкомпонентного композиционного материала

Калиева Айнур Бауржановна, магистрант

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Донцов Юрий Владимирович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Данная статья посвящена исследованию влияния наноразмерных наполнителей на физико-механические свойства АБС-пластика. В статье описан метод изготовления образцов для проведения испытаний, в основе которого лежит 3D-прототипирование. Результаты испытаний показаны в виде диаграмм нагружения.

В полимерматричных композитах (Polymer-matrix nanocomposites, Nanofilled polymer composites) переход от микроразмерных наполнителей к наноразмерным существенно изменяет целый ряд эксплуатационных и технологических свойств, связанных с локальными химическими взаимодействиями, включая: скорость отверждения, мобильность полимерных цепей, деформируемость полимерных цепей, упорядоченность структуры (степень кристаллизации полимерной матрицы).

Обычно, наночастицы диспергируются в материал-матрице непосредственно в процессе производства нанокompозита. Содержание нанонаполнителя может быть относительно низким (0,5 до 5 масс. %). Улучшение свойств материала становится возможным за счет высокой степени влияния развитой поверхности наполнителя на упорядоченные расположения элементов в системах со случайно формируемой структурой (percolation threshold). Особенно велик этот эффект при введении в состав матрицы наночастиц имеющих чешуйчатую или трубчатую форму. С другой стороны, наноразмерный характер частиц наполнителя может приводить к получению композиционных материалов, обладающих необычными структурой и свойствами, например, введение в полимерную матрицу некоторых наноразмерных наполнителей придает ей негорючесть и огнезащитные свойства, а также способность к биоразложению (biodegradability). В ряде случаев введение в состав композита всего 5 масс. % наноразмерных наполнителей позволяет в 5–15 раз снизить газопроницаемость материала и существенно улучшить его трещиностойкость и износостойкость, как по сравнению с исходным полимером, так и в сравнении с полимерным композитом, содержащим 20–30 масс. % традиционного микроразмерного наполнителя [6].

Большое внимание уделяется синтезу композитных полимерных мембран с внедренными в их структуру углеродными нанотрубками.

Плотность нанотрубок в пять раз меньше, чем у стали, а прочность в десятки раз больше. Поэтому, чтобы сделать полимерные материалы более прочными, не увеличивая их веса, химики решили включать в их состав углеродные нанотрубки. Если между соседними волокнами полимерного материала поместить нанотрубку, связав её с ними углеводородными цепочками, то прочность данного участка материала приблизится к прочности нанотрубки. Таким образом, добавка нанотрубок в 0,6% даёт 4-х кратное увеличение прочности полимера. Учёные считают, что, если нанотрубки будут занимать 10% объёма полимера, то смогут увеличить его прочность в 20 раз [1].

Положительные результаты при введении наночастиц достигаются не всегда и характерны для узкого круга полимеров, что связано с недостатком знаний и их систематизации о морфологии и свойствах углеродных нанобъектов, трудностями выделения отдельных наночастиц из их агломератов, а также особенностями взаимодействия наночастиц между собой и с полимерной матрицей. Созданию композитов на основе АБС-пластика посвящено крайне малое число работ, несмотря на его высокие эксплуатационные свойства. В этой связи актуальностью обладает исследование механических свойств композиционного материала на основе АБС-пластика и углеродных наночастиц.

Проведено исследование механических свойств образцов 3-х типов:

1) полимерная матрица из АБС-2030, наполненная углеродными нанотрубками (весовое содержание 0,05 мас. %);

2) полимерная матрица из АБС-2030 без наполнения;

3) полимерная матрица из АБС-1106 без наполнения.

В качестве основы композиционного материала (матрицы) выбран гранулированный пластик АБС (сополимер акрилонитрила бутадиена и стирола). Образцы для испытаний распечатывали на 3D-принтере. Нить для 3D печати образцов композиционного материала получали путем экструдирования в лабораторных условиях расплава АБС полимера (для образца №2) или расплава АБС полимера с наполнителем (для образца №1).

Для изготовления экспериментальных образцов материала, армированного нанотрубками, получали композиционную стренгу следующим способом. При термическом (160° С) перемешивании в пластик АБС добавляли 1 % нанотрубок (Bayer AG nanotube C150). Полученную смесь охлаждали и вновь разогревали, после чего прессовали в заготовки в форме диска. Заготовки разрезали на мелкие пластинки и перемешивали с гранулами АБС с таким расчетом, чтобы количество нанотрубок составило 0,05 масс. %. Далее материал перерабатывали в экструдере до равномерной консистенции и размельчали. Из материала получали стренгу с диаметром 1,75 мм, которую далее использовали для печати образцов, армированных нанотрубками.

Испытания образцов на одноосное статическое растяжение проводили на электромеханической испытательной машине Instron 5582 при скорости нагружения 0,5 мм/мин [2].

Результаты испытаний показаны в виде диаграмм нагружения на рис. 1. Образец с наполнением углеродными нанотрубками (график 1, кривая 1), имеет предел прочности на уровне 23 МПа, что, ожидаемо, связано с отсутствием в нем армирующих волокон. В то же время он имеет большую величину удлинения до разрушения ~3,7%. При этом после достижения предела прочности, причем при той же величине удлинения, что и продольно армированные волокнами образцы: ~2,8%, образец удлиняется

еще на 0,9% без разрушения и практически без снижения деформирующего напряжения. Данный факт может быть обусловлен наличием в полимерной матрице углеродных нанотрубок. Таким образом, модификация структуры полимерного образца на микромасштабном уровне путем введения углеродных нанотрубок позволяет повысить как прочность, так и величину удлинения до разрушения нанокомпозита.

Образец из АБС-1106 без нанонаполнения обладает наименьшим пределом прочности (20 МПа) и величиной удлинения до разрушения (~2,8%) по сравнению с композитом с нанонаполнителем (ср. кривая 1 и 2 на рис. 1).

Максимальное разрушающее напряжение для образцов составило:

№1—24,5 МПа, №2—20,7 МПа, №3—17,1 МПа

Наполнение полимера углеродными нанотрубками (модификация структуры на нижнем — (микро) масштабном уровне) также привело к повышению механических свойств композиционного материала: предел прочности и величину удлинения до разрушения.

Для выявления влияния наполнения материала углеродными нанотрубками были проанализированы фрактogramмы образцов без продольного армирования в случае без (рис. 5 (а) и (б)) и после наполнения углеродными нанотрубками (рис. 5, в). Видно, что ненаполненный образец разрушается перпендикулярно направлению печати, таким образом, что магистральная трещина оказывается ориентирована не по нормали к оси приложения растягивающей нагрузки (рис. 5 (а)).

В случае нанонаполнения направление укладки полимера при печати также оказывает влияние, но магистральная трещина в целом ориентирована перпендикулярно оси нагружения.

Полученные результаты армирования экспериментальных образцов двухкомпонентного композиционного материала показали, что армирование АБС матрицы углеродными нанотрубками позволяет существенно повысить

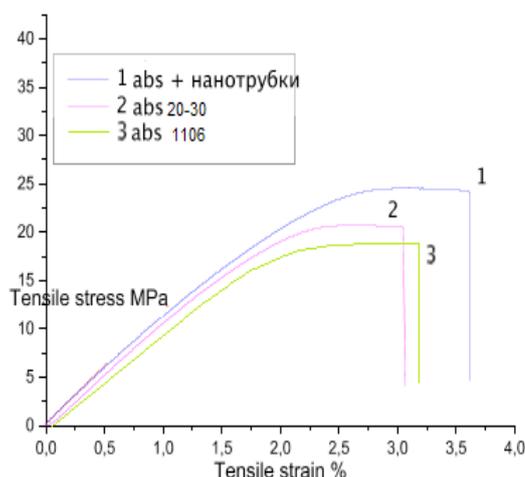


Рис. 1. Кривые нагружения образцов при статическом растяжении

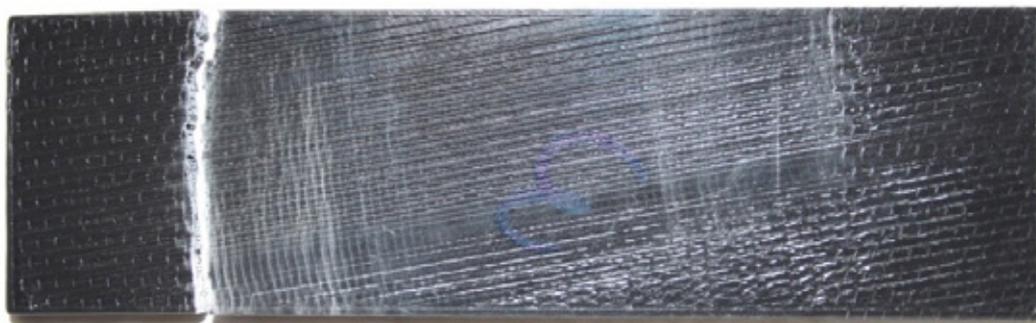


Рис. 2. Внешний вид образца №1 после испытания

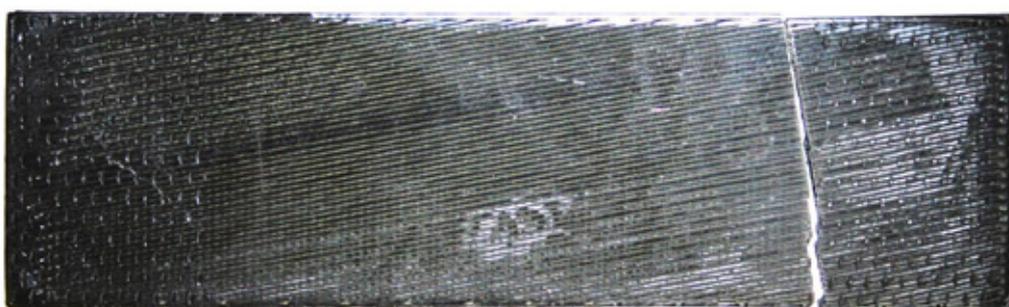


Рис. 3. Внешний вид образца №2 после испытания



Рис. 4. Внешний вид образца №3 после испытания

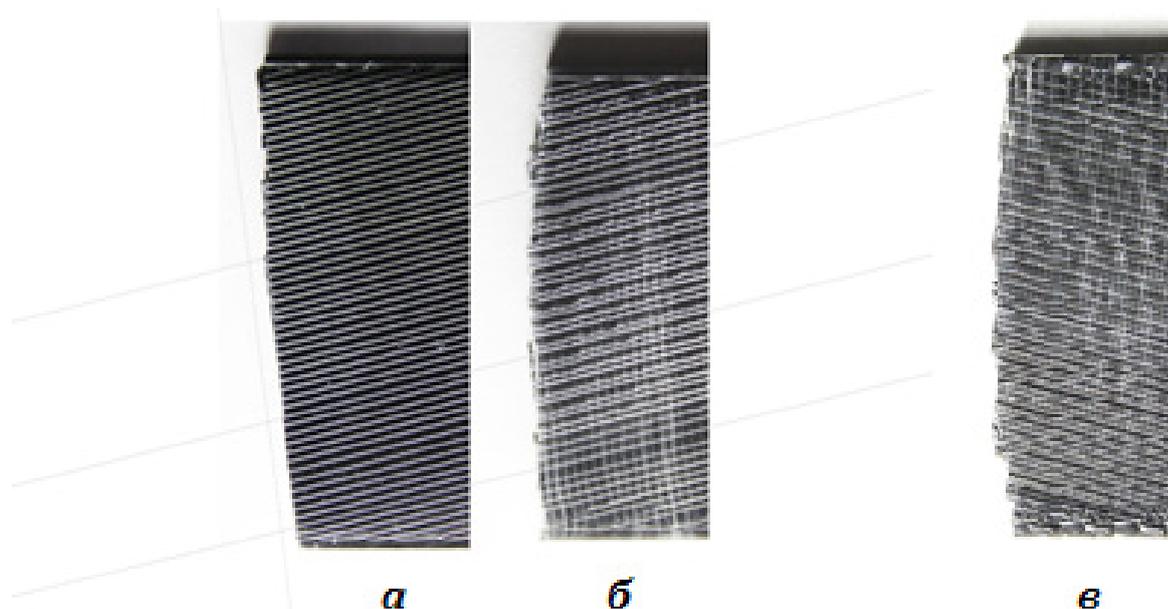


Рис. 5. Структурные различия области разрушения образцов композиционного материала без наполнителя (а, б) и с наполнителем из углеродных нанотрубок (в)

относительное удлинение при разрыве и изменить характер разрушения образца на мезоуровне.

Таким образом, разработка армирования наноматериалами дает основания для достижения в процессе дальнейших исследований требуемых механических характеристик композиционных материалов и конструкций.

Литература:

1. Композитные наноматериалы/А.В. Гороховский — Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2008 г.
2. ГОСТ 4648—71 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб».

В связи с вышесказанным, рекомендуется на следующем этапе исследований: изучить зависимость механических свойств образцов из ABS, армированных различного масштаба наполнителями (нанотрубки, нанопорошки, нановолокна, микроволокна и др.) разного типа и содержания.

Improving road safety by means of innovative methods of symbolic communication vehicles

Калмыков Борис Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;
 Дмитриенко Надежда Алексеевна, кандидат педагогических наук, доцент;
 Скудина Александра Александровна, старший преподаватель
 Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

Kalmykov Boris Yurevich, Candidate of technical Sciences, Associate Professor;
 Dmitrienko Nadezda Alekseevna, candidate of pedagogic Sciences Associate Professor;
 Skudina Alexandra Alexandrovna, master student
 Don state technical University

In the article the features of application of the theory of traffic flows in intelligent transportation systems, and methods of information transmission cars are stated.

Keywords: *characteristics of traffic flow, information transfer cars, incident, level of convenience.*

The modern development of navigation systems in road transport is aimed at creating an ideal system providing the driver with information about the location coordinates and the final destination point, automatically making the shortest route of destination or providing the driver with analysis of alternative routes in dialog mode. Wherein the output control information may take various forms: verbal, visual, and continuously or the driver's requests

In General, a car navigation system serves to reduce the psychological and physical tension of the driver, creating a comfortable environment in the vehicle. At the same time, such systems having a number of advantages, are not used widely due to their relatively high cost. [1]

In practice, in most cases, systems face, the input variables which are often random elements of nature. For example, the speed of the vehicle in a transport stream, the time intervals between vehicles, time of receipt or maintenance of vehicles at filling stations, in loading and unloading points etc. For modeling such variables we need to evaluate their numerical characteristics, to establish the probability distribution laws to allow us to use the methods of mathematical statistics. Procedure of simulation of random vari-

ables is rather simple way of accounting stochastic uncertainty in the simulation of systems. [2]

To formalize it such variables are used to use among other discrete and continuous random variables. The formation of realizing random variables is reduced to the generation and transformation of random number sequences. Random numbers r_i , as the possible values of a continuous random variable ξ , is uniformly distributed in the interval $(0, 1)$, and can be converted to a possible values x_i random variable η , the law of distribution which is specified.

To obtain a random variable η with a given distribution law the method of inverse functions can be used, the essence of which is the following

$$\eta = F_{\eta}^{-1}(\xi), \quad (1)$$

where F_{η}^{-1} — the inverse function of F_{η} .

Describing the nature or structure of the relationships (dependencies) between the studied phenomena or indicators, if these dependencies are identified on the basis of statistical observations for the analyzed events or variables based on the sample of interest to us General population, we

realize the framework of the problem concerning statistical study of dependencies.

We introduce:

$x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)}$ — the so-called «input» variables that describes the functioning conditions; in the corresponding mathematical models can be referred to as independent factors, to the arguments of exogenous explaining;

$y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(m)}$ — output variables characterizing the behavior or outcome (effectiveness) of operation, mathematical models are called dependent, endogenous, resulting or explanation;

$\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \dots, \varepsilon^{(m)}$ — latent random of residual component reflecting the influence (respectively $y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(m)}$) is not taken into account input factors as well as random measurement errors in the analyzed indicators.

Then the overall statistical research task dependencies can be formulated as follows:

according to the results of n measurements

$$\left\{ \left(x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(p)}; y_i^{(1)}, y_i^{(2)}, \dots, y_i^{(m)} \right) \right\}_{i=1, \dots, n} \quad (2)$$

the studied variables on objects (systems, processes) are to be analyzed together to have such a function

$$f(x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)}) = \begin{pmatrix} f^{(1)}(x^{(1)}, \dots, x^{(p)}) \\ f^{(2)}(x^{(1)}, \dots, x^{(p)}) \\ \dots\dots\dots \\ f^{(m)}(x^{(1)}, \dots, x^{(p)}) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

which would be best (in a sense), to recover the value of the resulting (predicted) variables $Y = (y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(m)})^T$ by given values of the explanatory variables $X = (x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)})^T$. [1]

Scientific research and practical engineering activity in the field of traffic management has accumulated a wide range of requirements for road use and specific engineering solutions

Cars and appliances communicate with each other (figure 1). One of the promising directions of improving traffic safety is the development and integration of communication system between cars. The system is a type of wireless network (WLAN, Wireless Local Area Network) in which there are two types of modes — vehicle (car, motorcycle) and infrastructure (traffic lights, traffic control center). A communication system between cars is part of the intelligent transportation system.

To implement the wireless connection in the car a set a number of constructive elements of the antenna, receiver, transmitter, control unit can be combined into a single WLAN module. As a module can be used by any smartphone with appropriate software and synced with the car.

The antenna module provides a wireless connection. The transmitter and receiver respectively receive and transmit information. Main work is done with the help of the control unit. It handles input internal (from the car) and external (from the network) signals and converts them into control output sig-

nals, which, in turn, are transmitted in the car radio and information display. In case of an emergency communication system can affect the car controls, preventing an accident. [4]

Wireless access to vehicles (WAVE, Wireless Access in Vehicular Environments) is organized in accordance with the IEEE 802.11 p. System short-range communication (DSRC, Dedicated Short Range Communications) has being implemented since 2002. Main features of the system: frequency is 5.9 GHz, range up to 1000 m, the vehicle speed is up to 100 km/h. At its core is a familiar Wi-Fi for cars/

A communication system between cars has several established names in Europe, that Car-to-Car (Car2Car, C2C), USA — Vehicle-to-Vehicle (V2V). The connection of the vehicle with the infrastructure referred to as Car-to-Infrastructure (C2I), Vehicle-to-Roadside (V2R). But all these names do not reveal the essence of communication, so recently another name — Car-to-X (C2X). «X» refers to vehicles and infrastructure.

In the C2C system are several ways to alert the driver: the audio signal and color bar on the dashboard of changing color depending on the degree of risk (Ford, Mercedes-Benz), audible alarm and a warning sign on the center console (General Motors, Toyota), dashboard (Honda, Hyundai, Nissan, Volkswagen). Some manufacturers in addition to visual and audible alarms include the vibration of the seat back of the driver (vibrates the side, which is threatened). [5]

Communication system between cars will be used in various fields as security, traffic management, implementation of electronic payments, access to global information resources, the implementation of motion control, automation of vehicle movement.

All the above mentioned systems to inform drivers have a number of disadvantages:

- inaccurate information;
- dependence on satellite or cellular systems;
- information display in the vehicle distracts the driver's attention;
- etc.

Currently there is communication between vehicles, such as «blink alarm — thank you», «distant light blinking — miss» etc., although the use of such signals is not prohibited by appointment of the SDA. Drivers violate traffic rules and at the same time, create potentially dangerous situations on the road.

So we need a system of vehicles communication in which the driver could receive and transmit accurate information in real time (location, optimal routes, possible dangerous situation in the route), there is minimal distraction from driving, car, receive information that could promptly to avoid potentially hazardous situations.

Thus for the implementation of this system like brain neurons is used (information transfer from vehicle to vehicle) requires the following conditions:

- Information about the level of ease movement, about the incidents on the route;
- The driver receives information in the form of audio signals, takes the optimal route;



Figure 1. A communication System between cars

— A car must be equipped with sensors and information processing system;

The car need not depend on the control center.

In complexity of road networks and networks system organization of the movement the driver necessary needs the

possibility of obtaining information in a strategic nature, which can be estimated and predicted in journey. Also in this context it becomes the purpose of developing the principles of the system of route guidance and driver information that helps them in selecting the most optimal route.

References:

1. Silyanov V.V. Theory of traffic flows in road design and traffic management. M., Transport, 2007. 303 p.
2. Wetlina V.N., Osipov A. V. Automatic control system of traffic. — M.: Mechanical Engineering. 1986. — 216 p.
3. Kapitanov V.T., Gilazev B. V. Management of traffic flows in cities. — M.: Transport, 1985. — 94 p.
4. Konoplyanka V.I., Mel'nikov, A.F. Kosolapov And.In. Information systems in road traffic. — Moscow: MADI, 1991. — 59 p.
5. <http://systemsauto.ru>

Автоматизированная установка для микродугового оксидирования

Карпанин Олег Валентинович, кандидат технических наук;
Сафонов Антон Владимирович, магистрант;
Ометова Светлана Юрьевна, магистрант
Пензенский государственный университет

Микродуговое оксидирование (МДО) один из наиболее перспективных видов поверхностной обработки металлов, используемых для создания многофункциональных покрытий. МДО представляет собой электрохимический процесс модификации поверхности вентильных металлов

и их сплавов в электролитной плазме. Отличительной особенностью данного процесса является использование энергии электрических микро-разрядов на поверхности обрабатываемых изделий помещенных в электролит для получения покрытий с уникальными характеристиками [1, 2].

Исследование закономерностей протекания МДО, разработку и отладку новых технологических режимов можно осуществить путем регистрации формовочных кривых напряжения; измерения динамических вольтамперных характеристик; измерения импеданса структуры электрод-покрытие-электролит; контроля выработки и температуры электролита; контроля характеристик электрических разрядов.

Целью данной проекта является разработка установки, позволяющей проводить комплексные автоматизированные исследования процесса МДО путем контроля параметров технологического режима оксидирования (рисунок 1).

На кафедре нано- и микроэлектроники ПГУ имеется большой опыт создания автоматизированных установок [3–7], используемых для получения и исследования свойств материалов и структур электроники, включая газовые сенсоры [8–12], датчики вакуума [13–14], полупроводниковые фотокатализаторы [15–16] и т.д. На данный момент изготовлен макет установки, включающий источник технологического тока (ИТТ), плату измерительных преобразователей и управления (рисунок 2).

Планируется в составе установки использовать модули контроля качества электролита, регистрации характеристик электрических разрядов и измерения импеданса

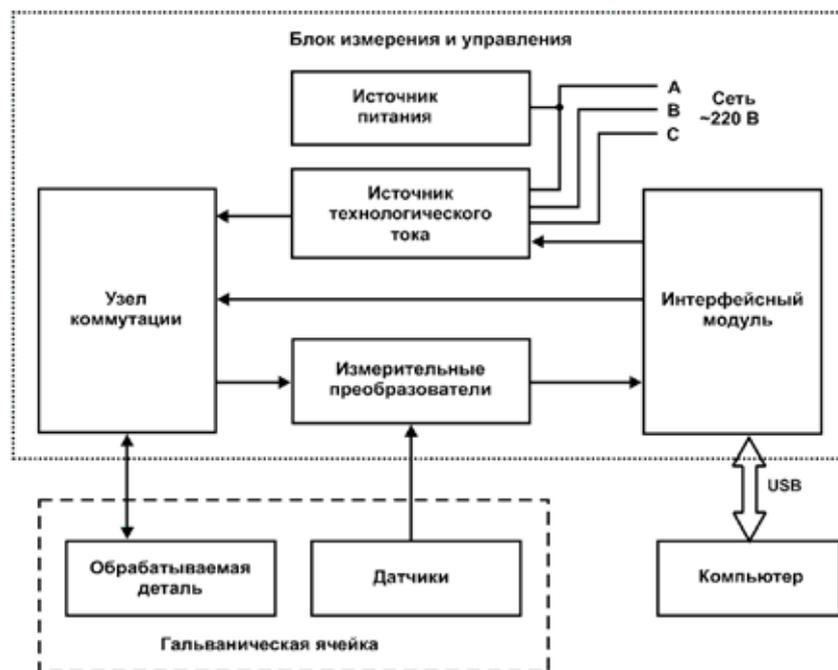


Рис. 1. Структурная схема установки МДО

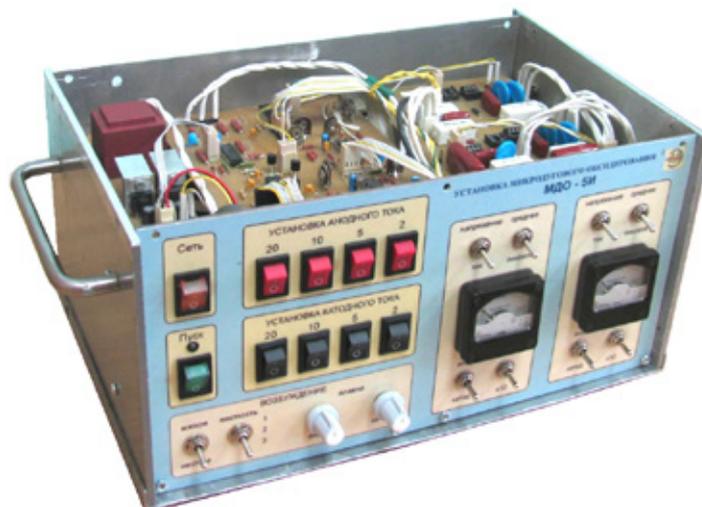


Рис. 2. Макет установки со снятой верхней крышкой

Таблица 1. Основные технические характеристики узлов установки

Источник технологического тока:	
Питание от трехфазной сети переменного тока	220 В
Диапазон напряжений на образце	— 200.. +600 В
Максимальный средний ток через образец	3 А
Максимальный импульсный ток через образец	30 А
Диапазон частот следования импульсов тока	0.. 1 кГц
Форма сигнала тока	программируется
Измеритель импеданса:	
Диапазон частот переменного сигнала	10 Гц.. 10 кГц
Диапазон амплитуды переменного сигнала	0,01.. 1 В
Пределы измерения емкости	1 и 10 мкФ
Основная погрешность измерения емкости	не более 0,5%
Измеритель ВАХ:	
Пределы измерения тока	3 и 30 А
Предел измерения напряжения	600 В
Количество точек ВАХ	до 64
Суммарное время одного измерения	не более 1 сек
Основная погрешность измерения напряжения и тока	не более 0,5%

структуры электрод-покрытие-электролит. Технические характеристики узлов установки представлены в таблице 1.

При исследовании параметров МДО используется гальваническая ячейка, состоящая из анода и катода, погруженных в раствор электролита. Электроды подключаются к управляемому ИТТ. Все режимы работы ИТТ (соотношение анодно-катодных составляющих тока; форма, частота, длительность импульсов тока; временные зависимости плотности тока) задаются в разрабатываемой установке от ПК. Также регистрируются зависимости мгновенных значений тока, и напряжения от времени в течение анодно-катодного цикла (динамическая ВАХ), зависимости анодного и катодного напряжения от времени МДО процесса (формовочные кривые).

Мониторинг качества электролита в установке планируется осуществляться с помощью измерения его температуры и выработки (путем учета удельного количества электричества, прошедшего через него; измерения импеданса; измерения мутности оптическим способом).

Измерение составляющих комплексной проводимости системы электрод-электролит будет производиться на переменном сигнале малой амплитуды в диапазоне частот непосредственно в процессе получения покрытия. По экс-

периментальным данным рассчитывается средняя толщина и пористость покрытия, а также удельная проводимость электролита. Для подтверждения достоверности проведенных расчетов предполагаются комплексные исследования получаемых материалов различными методами, включая атомно-силовую микроскопию [17–18], инфракрасную спектроскопию [19–21], тепловую десорбцию азота [22–23] и т. д.

При контроле электрических разрядов предполагается регистрация интегральной яркости свечения поверхности образца, динамических характеристик отдельных разрядов и спектральной характеристики излучения. Также планируется регистрация звукового сигнала, возникающего при пробое, с последующим его спектральным анализом.

Условия проведения исследований, экспериментальные данные, параметры исходных материалов и электролитов, режимы получения покрытий будут сохраняться в базе данных с целью последующей обработки и анализа.

Таким образом, разработка автоматизированной установки для МДО позволит обрабатывать новые технологические процессы получения покрытий с заданными свойствами при производстве изделий с целью улучшения их характеристик и расширения областей их применения.

Литература:

1. Суминов, И. В., Эпельфельд А. В., Людин В. Б. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) — М: Национальный институт Нефти и Газа, 2005 г. — 352 с.
2. Легостаева, Е. В., Шаркеев Ю. П., Комарова Е. Г., Гнеденков С. В., Егоркин В. С., Синебрюхов С. Л., Лямина Г. В., Хлусов И. А. Микродуговые кальцийфосфатные покрытия на поверхности наноструктурированного титана: морфология, физико-механические и электрохимические свойства // Материаловедение. 2013. №4. с. 48–56.
3. Волчихин, В. И., Аверин И. А., Карманов А. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Инновационные направления развития нано- и микроэлектроники в ПГУ // В сборнике: Университетское образование (МКУО-2013) сборник статей XVII Междунар. науч.-метод. конф., посвящ. 70-летию образования университета. под ред. В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. г. Пенза, 2013. с. 7.

4. Печерская, Е. А., Карпанин О. В., Метальников А. М., Рябов Д. В. Методы метрологических испытаний автоматизированной системы для измерения параметров активных диэлектриков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2013. Т. 1. с. 250–252.
5. Вареник, Ю. А., Карпанин О. В. Аппаратные и программные средства измерения параметров МДП-структур // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2007. Т. 7. №2. с. 106–110.
6. Печерская, Е. А., Метальников А. М., Карпанин О. В., Гладков И. М. Автоматизированные измерения параметров активных диэлектриков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. с. 95–97.
7. Вареник, Ю. А., Карпанин О. В., Метальников А. М., Соловьев В. А. Автоматизация исследования температурных характеристик твердотельных структур // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 2. с. 111–112.
8. Пронин, И. А., Аверин И. А., Мошников В. А., Якушова Н. Д., Кузнецова М. В., Карманов А. А. Перколяционная модель газового сенсора на основе полупроводниковых оксидных наноматериалов с иерархической структурой пор // Нано- и микросистемная техника. 2014. №9. с. 15–19.
9. Gracheva, I. E., Spivak Y. M., Moshnikov V. A. AFM techniques for nanostructured materials used in optoelectronic and gas sensors // В сборнике: IEEE EUROCON 2009, EUROCON 2009 St. Petersburg, 2009. с. 1246–1249.
10. Соловьев, В. А., Кондрашин В. И. Влияние температурного отжига на морфологию и газочувствительные свойства тонких пленок диоксида олова // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. с. 217–218.
11. Игошина, С. Е., Аверин И. А., Карманов А. А. Моделирование газочувствительности пористых пленок на основе полупроводниковых оксидов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. №48. с. 115–119.
12. Игошина, С. Е., Аверин И. А., Карманов А. А. Оценка преобладающего типа диффузии газов в пористых нанокompозитных слоях на основе смешанных оксидов // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2014. Т. 11. №42. с. 567–571.
13. Игошина, С. Е., Карманов А. А., Сигаев А. П. Вакуумметры с чувствительными элементами на основе пористых наноструктурированных материалов состава SiO₂-SnO₂ // Молодой ученый. 2014. №11. с. 52–55.
14. Аверин, И. А., Игошина С. Е., Мошников В. А., Карманов А. А., Пронин И. А., Теруков Е. И. Чувствительные элементы датчиков вакуума на основе пористых наноструктурированных пленок SiO₂-SnO₂, полученных золь-гель методом // Журнал технической физики. — 2015. — Т. 85. — №6. — с. 143–147.
15. Божинова, А. С., Канева Н. В., Кононова И. Е., Налимова С. С., Сюлейман Ш. А., Папазова К. И., Дмитриев Д. Ц., Мошников В. А., Теруков Е. И. Изучение фотокаталитических и сенсорных свойств нанокompозитных слоев ZnO/SiO₂ // Физика и техника полупроводников. 2013. Т. 47. №12. с. 1662–1666.
16. Аверин, И. А., Кудашов А. А., Пронин И. А., Игошина С. Е., Карманов А. А. Исследование фотокаталитической активности наноструктурированных порошков ZnO // В сборнике: Университетское образование XVIII Международная научно-методическая конференция, посвященная 200-летию со дня рождения М. Ю. Лермонтова, под ред. А. Д. Гулякова, Р. М. Печерской. Пенза, 2014. с. 523–525.
17. Форостяная, Н. А., Пермяков Н. В., Полепишина А. О., Максимов И. А., Маскаева Л. Н., Марков В. Ф. АСМ-исследование модифицированных методом ионного обмена пленок сульфида кадмия // Химическая физика и мезоскопия. 2014. Т. 16. №2. с. 274–283.
18. Аверин, И. А., Игошина С. Е., Карманов А. А., Пронин И. А. Моделирование образования золь-гель нанокompозитных пленок // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. с. 201–205.
19. Аверин, И. А., Карманов А. А., Пронин И. А., Печерская Р. М. Использование ИК-спектроскопии для анализа тонких стекловидных пленок, полученных золь-гель методом // В сборнике: Университетское образование Сборник статей XV Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию полета первого космонавта Ю. А. Гагарина. Под редакцией: В. И. Волчихина, Р. М. Печерской. 2011. с. 227–228.
20. Аверин, И. А., Сигаев А. П., Карманов А. А., Пронин И. А., Игошина С. Е., Кудашов А. А. Влияние отжига на качественный состав наноструктурированных материалов на основе SiO₂, SiO₂-SnO₂, SiO-SnO₂-In₂O₃ // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2014. Т. 2. с. 133–136.
21. Игошина, С. Е., Карманов А. А., Сигаев А. П. Особенности ИК-спектров пропускания пленкообразующих зольей на основе тетраэтоксисилана, содержащих модифицирующие соединения // Молодой ученый. 2014. №9 (68). с. 158–161.
22. Альмяшев, В. И., Гареев К. Г., Ионин С. А., Левицкий В. С., Мошников В. А., Теруков Е. И. Исследование структуры, элементного и фазового состава композитных слоев Fe₃O₄-SiO₂ методами растровой электронной микроскопии, рамановской спектроскопии и тепловой десорбции азота // Физика твердого тела. 2014. Т. 56. №11. с. 2086–2090.
23. Афанасьев, А. В., Ильин В. А., Мошников В. А., Соколова Е. Н., Спивак Ю. М. Синтез нано- и микропористых структур электрохимическими методами // Биотехносфера. 2011. №1–2 (13–14). с. 39–45.

Свойства и области применения модифицированных видов крахмала при производстве меловальных суспензий

Корниенко Наталья Дмитриевна, студент;

Жерякова Ксения Владимировна, студент

Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова (Челябинская обл.)

В статье рассматривается применение модифицированных видов крахмала при формировании кроющих суспензий для мелованных видов бумаг и картонов. Рассматриваются основные факторы, влияющие на качество мелованного покрытия и прочностные характеристики готовой продукции. Представлены основные области применения мелованных видов бумаг и картонов.

Ключевые слова: бумага, картон, крахмал, пигменты, связующие, свойства, покрытие.

Мелованная бумага — это высококачественная основа с покровным слоем из наполнителя и связующих. Цель мелования — создание на поверхности листа ровного, гладкого и одновременно эластичного слоя с равномерным просветом, который способствует быстрому закреплению краски и лаков, а также улучшает визуальное качество оттиска [2, 8].

Мелованный гофрокартон применяют как на крупных промышленных предприятиях, в торговых организациях, на заводах и фабриках, так и в менее масштабных размерах, например, частные лица применяют гофроупаковку при ремонте квартиры или дачи [10].

Мелованный картон выгодно отличается от обычного, прежде всего, внешним видом. Литое мелование придаёт ему почти зеркальный глянец, снижает пористость лицевого слоя, что гарантирует лучший результат при нанесении печати: на поверхности картона остается качественное яркое изображение.

Благодаря своим свойствам, мелованный картон широко используется для изготовления самых различных изделий: наборов для детского развития и творчества, настольных игр, полиграфической продукции. И, конечно, одним из направлений использования мелованного картона является производство тары и упаковки.

Существует несколько способов мелования: машинное, немашинное и литое. Из них лишь первый осуществляется непосредственно на бумагоделательной машине, для двух других необходимо отдельное оборудование.

В зависимости от назначения, картон может проходить мелование в один или несколько слоёв. Многослойность покрытия обеспечивает привлекательный внешний вид, белизну и глянец поверхности.

Чаще всего при меловании используется карбонат кальция и каолин; другой весьма ценный пигмент — белый сатинит; его получают путем реакции известкового молока с раствором сульфата алюминия [1, 8]. Кроме упомянутых пигментов, используются также и другие неорганические пигменты: титановые белила, сульфат бария и т. д., почти всегда в смеси с карбонатом кальция.

В течение долгих лет карбонат кальция утвердился, как самый важный для мелования пигмент, так как он от-

личается высокой белизной, недорог и позволяет получить матовую мелованную бумагу с высокой степенью гладкости.

Клеящие вещества состоят из водорастворимых коллоидов. Традиционным клеящим веществом для мелования является казеин в щелочном растворе. Впрочем, самые широко применяющиеся в настоящее время коллоиды — это модифицированные крахмалы, то есть крахмалы, которые после определенной обработки (окисления, гидролиза, ферментной обработки и т. д.) стали водорастворимыми [7, 9].

В последние годы казеин постепенно заменился синтетическими клеящими веществами, в особенности поливиниловым спиртом (полимером, растворимым в воде).

Рецептуру меловальной суспензии устанавливают в зависимости от способа печати, для которого предназначена бумага, то есть для высокой, офсетной или глубокой печати, поскольку для каждого из этих способов требуется бумага с особыми поверхностными свойствами [7, 8].

Несмотря на то, что общие принципы изготовления мелованной бумаги одинаковы, каждая марка обладает своим уникальным набором характеристик.

Прежде всего бумага отличается по толщине (мм) и массе квадратного метра ($\text{г}/\text{м}^2$). В обиходе вместо последнего термина очень часто используется «плотность», хотя фактически это совсем другая характеристика — плотность измеряется в $\text{г}/\text{см}^2$ и рассчитывается на основе толщины и массы 1 м^2 . Обратной величиной к плотности является пухлость ($\text{см}^2/\text{г}$).

Для получения высоконцентрированных 70% меловальных суспензий в качестве адгезива при получении гумированных и декоративных бумаг используют декстрин белый палевый. Его получают в результате обработки крахмала при температуре 125–155°C в присутствии минеральных кислот. Главным преимуществом декстрина является его низкая вязкость.

Как добавку для снижения вязкости меловальных паст, а также повышения удержания наполнителя и прочности бумаги, используют камеди. Он имеет чрезвычайно низкую вязкость и является хорошим диспергатором. Такие характеристики необходимы для производства мелованных бумаг, которые используются в ликероводочной, табачной

и кондитерской промышленности. А именно для создания прочных, красочных коробок для бутылок, под сигареты и для конфет. Получают камеди в результате выдерживания крахмала в течении 5–6 ч. при температуре 180–190°C.

Оксисленный крахмал получают при обработке 1–2% NaClO при 35°C или 1,5–2% BaO [6]. Такой вид крахмала повышает прочность и степень проклейки канифольным клеем при вдвое меньшем расходе, чем обычный клейстер. Оксисленный крахмал дает эластичную пленку, имеет более низкую температуру желатизации, менее склонен к загустению, диспергирует меловальные пигменты.

Для мелования бумаги, предназначенной для высокой печати и поверхностной проклейки применяют энзиматический ферментативный крахмал. Получают его путем обработки 0,001–0,01% L-амилазой в течении 40 минут при температуре 60–70°C. Вязкость такого крахмала ниже окисленного, а адгезивные свойства выше.

Цианэтилированный крахмал используют в виде добавки как связующего при меловании бумаги. Он имеет небольшую вязкость, высокую адгезию, пленки прозрачны. Непрозрачность особенно важна при двусторонней печати. Поэтому мелованную бумагу с хорошей прозрачностью не используют для печати важных банковских отчетов и других документов. Также цианэтилированный крахмал биологически более устойчив, но снижает белизну покрытия и суспензия меловальной пасты сильно пенится. Получают цианэтилированный крахмал при 25°C в присутствии щелочи акрилонитрилом 4–17%.

При обработке крахмала уксусом получают ацетилованный крахмал. Он дает покрытие с высоким сопротивлением разрыву, биологически-, жиро-, масло- устойчивые и темнеет при повышенных температурах. При легком меловании на клеильном прессе на машине при высоких скоростях применяют этилированный крахмал. Его получают при обработке крахмала хлористым этилом. Этилированный крахмал является превосходным связующим для суспензий низкой концентрации.

Крахмал, обработанный аминами называется катионным. Главными плюсами катионного крахмала являются сильные адгезионные свойства, повышающие сопротивлению выщипыванию. Но при этом опасны анионные вещества, коагулирующие катионный клей. Катионный крахмал применяются как основная флокулирующая и упрочняющая добавка в массе при отливе бумаги в нейтральной и слабощелочной среде, а также при меловании и поверхностной проклейке.

Диальдегидный крахмал получают путем окисления крахмала солями и самой периодатной кислотой. Он повышает влагопрочность бумаги, влагостойкость покрытия и его сопротивление трению во влажном состоянии. Применяют диальдегидный крахмал при производстве мелованной бумаги для офсетной печати. Такая мелованная бумага используется для полиграфии, создания брошюр, календарей, визиток и т. д [3].

Мелованный картон также очень часто применяется в полиграфии. Картон отличается от бумаги своей высокой плотностью, жесткостью и прочностью, что достигается благодаря его многослойной структуре: между верхним и нижним слоем из белой целлюлозы и находится толстый слой наполнителя из относительно дешевого материала типа макулатуры, древесной массы, небеленой целлюлозы, гофры [3, 4]. Мелованный картон, как и бумага, характеризуется лучшими печатными свойствами, поэтому его применяют для производства высококачественной полиграфической упаковки, рекламных презентационных материалов, папок, обложек брошюр и буклетов, жестких книг. Такой картон может иметь одно- или двустороннее мелование. Односторонний мелованный картон чаще всего применяется для производства упаковки конфет, алкоголя и медицинских препаратов. Двусторонний мелованный картон применяется в случаях, когда важна не только лицевая, но и обратная сторона изделия, например при производстве обложек для брошюр.

Литература:

1. Бондарев, А. И. Производство бумаги и картона с покрытием/А. И. Бондарев. — М.: Лесная промышленность, 1985. — 192 с.
2. Мелованная бумага [Электронный источник]: Компания «Центр Полиграфия»/2014. — Режим доступа: <http://poligraforg.ru/bumaga/melovonnaia-bumaga.php>
3. Мишурина, О. А., Тагаева К. А. Исследование влияния композиционного состава по волокну на влагопрочностные свойства исходного сырья при производстве картонных втулок // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. — 2013. — Т. 1. № 71. — с. 286–289.
4. Мишурина, О. А., Чупрова Л. В., Муллина Э. Р., Ершова О. В. Исследования качества исходного сырья на прочностные свойства картонных втулок // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. с. 254; URL: www.science-education.ru/115-12226 (дата обращения: 26.04.2015).
5. Мишурина, О. А., Чупрова Л. В., Муллина Э. Р. Исследование влияние химического состава углеводородной части различных видов целлюлозных волокон на физико-механические свойства бумаг для гофрирования // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 8. с. 52–55.
6. Мишурина, О. А., Чупрова Л. В., Муллина Э. Р. Химические превращения кислородсодержащих ионов хлора растворов при разных значениях диапазона pH // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 2–2. с. 43–46.

7. Муллина, Э.Р., Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Ершова О.В. Влияние химической природы проклеивающих компонентов на гидрофильные и гидрофобные свойства целлюлозных материалов // Современные проблемы науки и образования. 2014. №6. 250; URL: www.science-education.ru/120-16572 (дата обращения: 25.04.2015).
8. Производство и продажа мелованной бумаги [Электронный источник]: ООО «Леоновская Картонажная Фабрика» 2014 — Режим доступа: <http://snabupak.ru/pages/?id=44>.
9. Состав суспензии для мелования [Электронный источник]: Научно — популярный портал «История книги»/2013. — Режим доступа: <http://maxbooks.ru/paper/papir14.htm>.
10. Российский рынок упаковки — 2004. Справочник/Сост. Рычило Б.П., Кулинченко С.В., Бойко А.Г. — М.: НП «Упаковочные инициативы», ООО «Инфопак плюс», 2004. — 320 с.

Эффективность использования диатомита в качестве компонента минерально-химической добавки

Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;
 Саженко Денис Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;
 Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассмотрена эффективность применения диатомита совместно с высокоэффективным суперпластификатором Mellix 5581 в качестве минерально-химической добавки для производства бетона. Показано, что с учетом высокой загущающей способности измельченного диатомита, а также высокой стоимости суперпластификатора, оптимальный расход минеральной добавки — 5–7%.

Ключевые слова: диатомит, пуццолановая добавка, суперпластификатор, минерально-химическая добавка.

Основным трендом современного этапа развития портландцементных бетонов является совместное применение в их рецептуре химических и минеральных добавок. Целесообразность использования для таких комплексных модификаторов бетона термина минерально-химические добавки оправдана синергетическими эффектами, возникающими при использовании добавок различной природы. Применение одной из разновидностей таких комплексных добавок на основе микрокремнезема (МК) и суперпластификатора (СП) обеспечило за несколько последних десятилетий значительный рост прочности, долговечности, удобоукладываемости бетона. Благодаря совместному использованию СП и МК или других минеральных добавок были созданы новые высокотехнологические разновидности бетонов — высококачественные, ультравысококачественные, реакционно-порошковые и самоуплотняющиеся бетоны [1, 2].

Поиск новых и совершенствование существующих комплексных минерально-химических добавок — наиболее перспективное направление развития технологии бетона. Одной из важнейших задач этой работы является замещение в комплексных модификаторах бетона микрокремнезема на другие эффективные минеральные добавки. Важность этой работы связана с высокой рыночной стоимостью микрокремнезема и невозможностью увеличения объемов его производства. К числу наиболее

эффективных минеральных добавок, способных заменить микрокремнезем, можно отнести золу-унос, метакаолин, доменный шлак и некоторые другие природные и искусственные алюмосиликатные материалы.

Традиционные пуццолановые добавки, такие как вулканические туф и пепел, а также кремнистые осадочные породы — опока, трепел и диатомит значительно уступают по эффективности микрокремнезему.

Низкая эффективность минеральных добавок на основе осадочных пород связана с их умеренной пуццолановой активностью и способностью значительно повышать водопотребность цемента, что приводит к загущению цементных систем, снижению прочности и долговечности бетонов и строительных растворов с такими добавками.

Наименее исследовано применение в качестве активной минеральной добавки диатомита, что связано со сложившимся мнением о его низкой реакционной способности по отношению к гидролизной извести [3], а также высокой водопотребностью, которая обусловлена микропористой структурой этой органогенной породы, представляющей остатки микрораковин с развитой внутренней поверхностью (рис. 1).

В отличие от микрокремнезема, который является отходом производства на 5 металлургических предприятиях России и может поставляться в ограниченных объемах, запасы диатомита достаточно велики. Основные место-

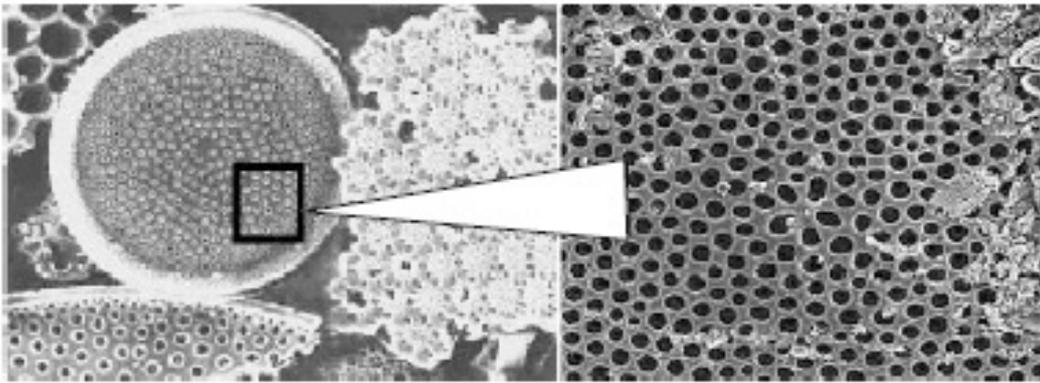


Рис. 1. Микроструктура диатомита [3]

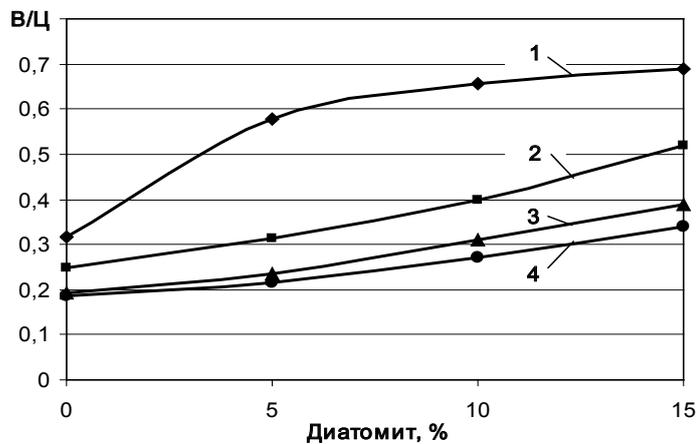


Рис. 2. Влияние доли замещения цемента диатомитом на водопотребность цементной суспензии при различной дозировке СП Melflux 5581: 1 — без добавки; 2–0,25%; 3 –0,5%; 3 –0,75%

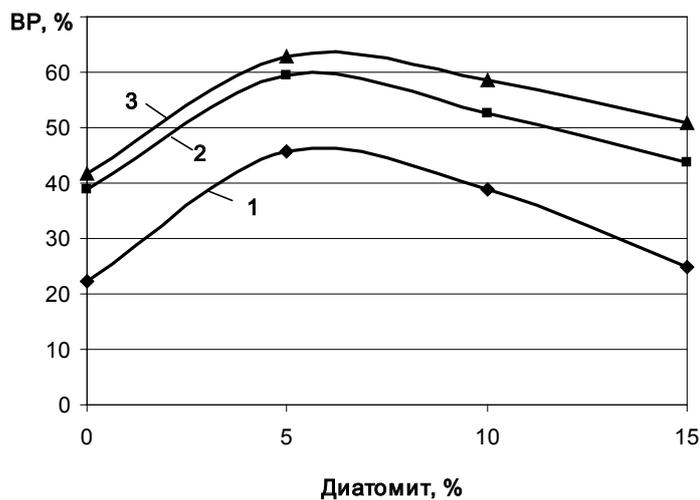


Рис. 3. Зависимость водоредуцирующего эффекта СП Melflux 5581 от степени замещения цемента диатомитом для различных дозировок СП: 1–0,25%; 2–0,5%; 3–0,75%

рождения диатомитов в России находятся в Поволжском регионе (Инзенское, Сенгилевское, Атемарское, и др. месторождения), а также на Урале и в Сибири. Имеются месторождения диатомитов в Зауралье. Толщина слоя диатомита в песчаных и песчано-опочных породах может достигать 80...100м и более.

Для производства строительных материалов могут использоваться отработанные фильтровальные порошки на основе диатомита, которые широко используются в пищевой промышленности.

Исследования влияния доли диатомита, измельченного до удельной поверхности 2000 м²/кг, в цементе на водо-

потребность равноподвижных цементных суспензий показали, что минеральная добавка повышает В/Ц приблизительно в 2 раза в непластифицированных смесях (рис. 2.). Введение в состав смеси суперпластификатора Mellflux 5581 устраняет этот негативный эффект. В соответствии с графиками на рис. 2 для получения равной с бездобавочным составом консистенции в смесь с 5% диатомита достаточно ввести 0,25% СП, а при содержании в смеси 10 и 15% этой минеральной добавки необходимо повысить дозировку СП до 0,5% и 0,75%, соответственно.

Анализ зависимости водоредуцирующего эффекта СП от степени замещения цемента диатомитом для различных дозировок Mellflux 5581 показывает, что максимальный водоредуцирующий эффект достигается при расходе диатомита около 5...6% (рис. 3.).

Литература:

1. Баженов, Ю. М. Модифицированные высококачественные бетоны: монография/Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. — М.: АСВ, 2006. — 368 с.
2. Баженов, Ю. М. Технология бетона: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным специальностям/Ю. М. Баженов. — Москва: АСВ, 2007. — 524 с.
3. Дистанов, У. Г. Кремнистые породы СССР/У. Г. Дистанов, В. А. Копейкин, Т. А. Кузнецова [и др.]. — Казань, Татарское кн. изд-во, 1976. — 412 с.

Развитие трещин в бетоне ростверков под колонны при изменении основных факторов

Кочеткова Майя Владимировна, кандидат технических наук, доцент;
Гончаренко Ольга Андреевна, студент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.

Выявлена закономерность характера образования и развития трещин в ростверках под колонны путём физических экспериментов.

Ключевые слова: ростверки под колонну при многорядном расположении свай, напряжённо-деформированное состояние, физический эксперимент, трещинообразование.

При моделировании работы каких-либо конструкций необходимо опираться на экспериментальные исследования. Наши исследования ростверков под колонны с помощью физических экспериментов позволили проследить развитие трещин в бетоне ростверков при изменении основных факторов, выявить закономерность характера образования и развития трещин. Количество испытанных образцов — 8.

На образование и развитие трещин в ростверках влияют многие факторы. Среди них: изменение процента армирования растянутой зоны, концентрация арматуры над сваями, изменение схемы приложения нагрузки, работа всех свай или частичное выключение свай из работы, неравномерная осадка свай.

Результаты исследований показали, что введение в цемент диатомита, измельченного до высокой удельной поверхности, повышает водопотребность цементной суспензии приблизительно в 2 раза. Использование совместно с диатомитом добавки суперпластификатора позволяет получить равноподвижные с контрольным бездобавочным цементом смеси при расходе диатомита до 15%. С учетом высокой загущающей способности измельченного диатомита, а также высокой стоимости суперпластификатора, оптимальным расходом минеральной добавки можно считать 5–7%.

Загущение цементного теста при введении диатомита считается в традиционной технологии бетона негативным дополнительным эффектом. Однако при производстве самоуплотняющихся бетонов это свойство диатомита может быть использовано для снижения склонности бетонной смеси к расслоению и водоотделению.

Изменение схемы приложения нагрузки. Испытаны образцы РК-1, РК-1в (рис. 1,2). Они имеют одинаковые опалубочные размеры 1100×600 мм, количество опор (8 шт.), схему и процент армирования. В образце РК-1в нагрузка передавалась с запланированным эксцентриситетом 50 мм. Первая трещина появилась при нагрузке, которая в 1,4 раза меньше усилия образования подобной трещины в образце РК-1. В целом, характер образования и развития трещин не изменился. Разрушение произошло по сжатой зоне бетона.

Изменение процента армирования. Испытаны две пары образцов (рис. 1,3,4,5): РК-1, РК-2 — у них одинаковые опалубочные размеры 1100×600 мм, количество свай равно восьми; РК-3, РК-6 — с одинаковыми опа-

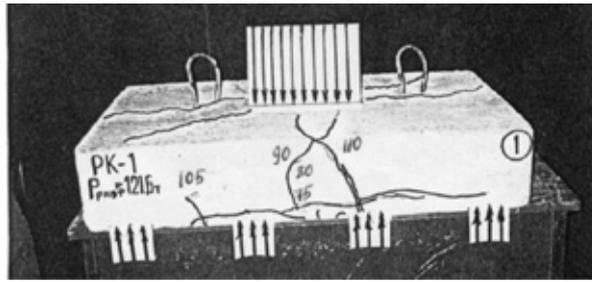


Рис. 1. Характер трещинообразования и вид разрушения образца РК-1 (разрушение по сжатой зоне бетона)

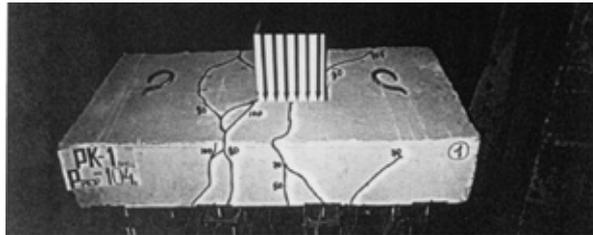


Рис. 2. Характер трещинообразования и вид разрушения образца РК-1в (разрушение по сжатой зоне бетона)

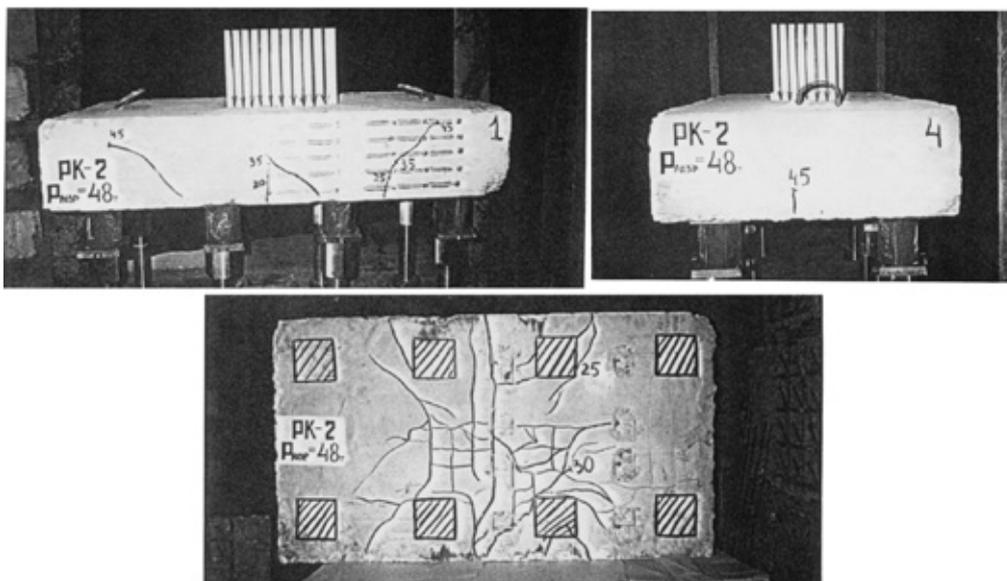


Рис. 3. Характер трещинообразования и вид разрушения образца РК-2 (разрушение по растянутой зоне)

лубочными размерами 800×600 мм и количеством свай, равным шести. РК-1 и РК-3 имеют завышенный процент армирования, РК-2 и РК-6 — заниженный.

Продольное армирование растянутой зоны ростверка является важнейшим фактором, который влияет и на характер образования трещин, схему разрушения, и в итоге на прочность ростверка. Однако независимо от процента армирования, во многих образцах первыми появляются трещины в растянутой зоне в пролете между опорами (сваями) при нагрузке $F = (0,4 \div 0,6) F_{\text{разруш}}$. При большом проценте армирования их рост быстро прекращается, а для ростверков с малым процентом армирования эти трещины являются разрушающими, и их активное развитие приводит к разделению ростверка сквозными верти-

кальными трещинами. Процент армирования растянутой зоны ростверка влияет на прочность ростверка в целом. В наших экспериментах 6-ти и 8-ми — свайных ростверков при увеличении процента армирования с 0,18% до 1,2% разрушающая сила повысилась в 2,5 раза. Снижение процента армирования в растянутой зоне у нижней грани ростверка до минимальных значений (0,18%) даёт возможность исследовать прочность растянутой зоны и влияние различных схем армирования на прочность ростверка. Выявлено, что концентрация рабочей продольной арматуры над сваями (образец РК-5) повышает разрушающую силу в 1,17 раза по сравнению с армированием сеткой (РК-2) при одинаковом проценте армирования.

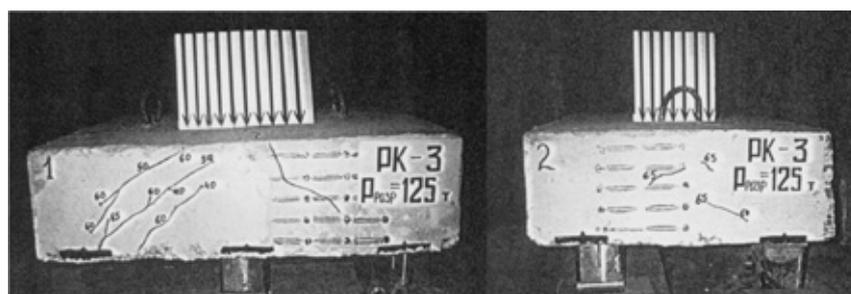


Рис. 4. Характер трещинообразования и вид разрушения образца РК-3 (разрушение по сжатой зоне бетона)

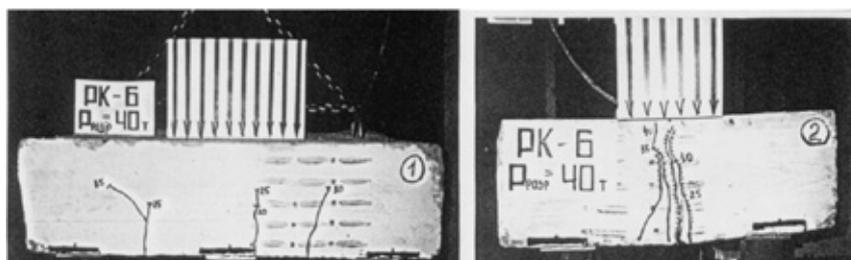


Рис. 5. Характер трещинообразования и вид разрушения образца РК-6 (разрушение по растянутой зоне)

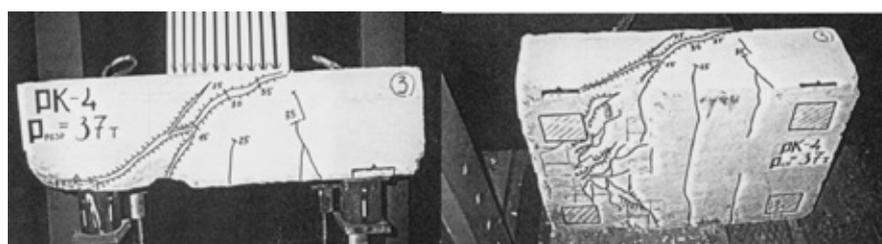


Рис. 6. Характер трещинообразования и вид разрушения образца РК-5 (смешанное разрушение: по сжатой и растянутой зонам одновременно)

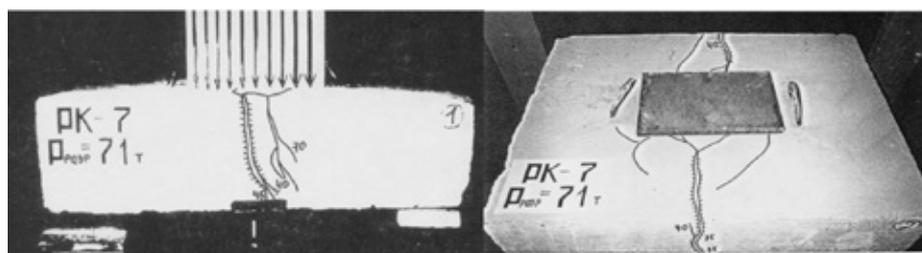


Рис. 7. Характер трещинообразования и вид разрушения образца РК-7 (разрушение по сжатой зоне)

Неравномерная осадка свай и частичное выключение свай из работы: образцы РК-6, РК-4. Образец РК-4 армирован сеткой с минимальным количеством арматуры, две сваи в поперечном ряду были ниже двух других свай на 10мм. Первые трещины появились при нагрузке — $0,4 F_{разр}$. Характерно, что наклонные трещины, образованные от опор, не имеющих перемещений, стали критическими.

Частичное выключение свай из работы: РК-3, РК-7. Образец РК-7 сильно армирован, испытан на двух средних опорах. Первые трещины появились при $F=0,5 F_{разруш}$. Они образовывались в верхней части ростверка и ориентирова-

лись на опоры. С дальнейшим ростом нагрузки не было отмечено появление новых трещин. В это время увеличивалась ширина раскрытия ранее образованных трещин.

На основе данных исследований произведена классификация трещин:

1) Т-пР и Т-Р, образованные в пролетах соответственно в продольном и поперечном направлениях;

2) Т-Г и Т-С, которые выделяют наклонные сжатые полосы бетона. Т-С располагаются внутри сжатых потоков между грузовой и опорными площадками.

Разрушающие усилия и усилия образования трещин в испытанных образцах показаны в таблице 1.

Таблица 1. Разрушающие усилия и усилия образования трещин

№ п/п	Марка образца	Бетон			Класс арматуры	Кол-во опор, участвовавших в работе	Опытные величины				
		R _{br} , МПа	E _b · 10 ⁻³ , МПа	R _{bt} , МПа			Образование трещин				Разрушение F _{test} , кН
							F _{T-нП}	F _{T-П}	F _{T-Г}	F _{T-С}	
1	РК-1	10,6	19,2	0,86	А-3	8	750	900	1100	-	1216
2	РК-1В	12,2	20,7	0,94	А-3	8	450	-	700	750	1040
3	РК-2	12,2	20,7	0,94	Вр-1	8	200	450	250	-	480
4	РК-5	12,2	20,7	0,94	Вр-1	8	200	300	350	-	540
5	РК-3	12,2	20,7	0,94	А-3	6	-	-	400	600	1250
6	РК-6	10,2	18,8	0,83	Вр-1	6	250	250	200	-	400
7	РК-4	10,2	18,8	0,83	Вр-1	4	150	160	160	-	370
8	РК-7	10,2	18,8	0,83	А-3	2	-	-	-	350	710

Литература:

1. Кочеткова, М.В. Методика экспериментальных исследований многорядных свайных ростверков под колонны [Текст]/М.В. Кочеткова, Н.И. Гусев, К.С. Паршина // Молодой ученый. — 2014. — №3. — с. 305–308.
2. Кочеткова, М.В. Совершенствование методов расчёта многорядных свайных ростверков под колонны [Текст]/М.В. Кочеткова, О.В. Снежкина, А.В. Корнюхин. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 139 с.
3. Кочеткова, М.В. Образование и развитие трещин в восьми — свайных ростверках под колонны при разрушении по растянутой зоне // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 1 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/01/45796>.
4. Кочеткова, М.В., Аленкина Е.С. Образование и развитие трещин в восьми — свайных ростверках под колонны при разрушении по сжатой зоне // Современная техника и технологии. 2014. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/12/5386>.

Основные направления и методы защиты от вибрации технологических машин в швейном производстве

Курбонов Фазлиддин Аминович, кандидат технических наук, доцент;
 Ёкубов Журабек Нарзуллаевич, магистрант
 Бухарский инженерно-технический институт (Узбекистан)

В статье приведены направления и пути защиты от вибрации технологических машин швейного производства

Ключевые слова: виброзащита, вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция

The directions and ways of protection against vibration of technological machines of sewing production are given in article.

Keywords: vibroprotection, vibrodamping, vibroclearing, vibration insulation

Для предотвращения вредного влияния вибрации на организм человека предусматривается комплекс технических и организационных мероприятий. Технические пути и средства борьбы с вибрацией разнообразны. Ослабление вибрации в источнике ее возникновения достигается совершенствованием конструкции оборудования, кинематических схем, заменой динамических процессов статическими, заменой ударного действия машин

и механизмов вращательным, тщательной балансировкой вращающихся деталей и др.

К техническим мероприятиям относят устранение вибраций в источнике и на пути их распространения. Для уменьшения вибрации в источнике на стадии проектирования и изготовления машин предусматривают благоприятные вибрационные условия труда. Замена ударных процессов на безударные, применение деталей из пластмасс,

ременных передач вместо цепных, выбор оптимальных рабочих режимов, балансировка, повышение точности и качества обработки приводят к снижению вибраций [1].

При эксплуатации техники уменьшения вибраций можно достигнуть путем своевременной подтяжки креплений, устранения люфтов, зазоров, качественной смазки трущихся поверхностей и регулировкой рабочих органов.

Для уменьшения вибраций на пути распространения применяют вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция.

Вибродемпфирование это уменьшение амплитуды колебаний деталей машин (кожухов, сидений, площадок для ног) вследствие нанесения на них слоя упруговязких материалов (резины, пластика и т. п.). Толщина демпфирующего слоя обычно в 2...3 раза превышает толщину элемента конструкции, на которую он наносится. Вибродемпфирование можно осуществлять, используя двухслойные материалы: сталь — алюминий, сталь — медь и др.

Виброгашение достигается при увеличении массы вибрирующего агрегата за счет установки его на жесткие массивные фундаменты или на плиты, а также при увеличении жесткости конструкции путем введения в нее дополнительных ребер жесткости.

Одним из способов подавления вибраций является установка динамических виброгасителей которые крепятся на вибрирующем агрегате, поэтому в нем в каждый момент времени возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата.

Недостаток динамического виброгасителя — его способность подавлять колебания только определенной частоты (соответствующей его собственной).

Виброизоляция — это уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний. Виброизоляция осуществляется посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины — источника колебаний — к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может также использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека, либо на защищаемый агрегат. Виброизоляция достигается путем установки агрегатов на специальные упругие устройства (опоры), обладающие малой жесткостью. Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи, который имеет физический смысл отношения силы, действующей на основание при наличии упругой связи, к силе, действующей при жесткой связи. Чем это отношение меньше, тем лучше виброизоляция. Хорошая виброизоляция достигается при $KП = 1/8 - 1/15$.

С ростом рабочих скоростей увеличивается уровень шума и вибрации отдельных механизмов и машины в целом, возникают сопровождающие эффекты, влияющие на качество выполняемой технологической операции. Устранение этих явлений требует углубленного изучения динамики швейных машин, что позволило бы

оценить эффективность различных способов снижения вибрации и шума еще на стадии проектирования. Важным вопросом является также исследование возможных вариантов конструктивного исполнения механизмов с позиций улучшения качества выполнения технологических операций на высокоскоростных швейных машинах.

Несмотря на широкое разнообразие швейных машин, существует настоятельная потребность в разработке новых, более совершенных, модернизации имеющегося парка машин. При создании новых и модернизации существующих швейных машин большое значение играет решение задач кинематического и динамического анализа их узлов. Решение данных задач приводит к существенному снижению времени, которое необходимо для проектирования, изготовления, доводки и внедрения машин в эксплуатацию.

Основные источники шума и вибраций в швейном производстве это динамические нагрузки в зубчатых передачах, возникающие вследствие определенных погрешностей их изготовления; переменность нагрузки, воспринимаемой шариками или роликами в подшипниках качения; динамические удары шариков или роликов о неровности поверхности беговых дорожек наружного и внутреннего колец подшипников и т. п.

Следовательно, основными путями снижения вибраций и шума швейных машин являются применение высококачественных подшипников, малозумных зубчатых передач и электродвигателей, соблюдение технологической дисциплины при изготовлении и сборке узлов, применение рациональных конструкций и приспособлений, жесткость их крепления и т. д.

Основные направления защиты от вибрации:

1. Борьба с вибрацией в источнике её возникновения предполагает конструирование и проектирование таких машин и технологических процессов, в которых исключены или снижены неуравновешенные силы, отсутствует ударное взаимодействие деталей, вместо подшипников качения используются подшипники скольжения. Применение специальных видов зацепления и чистоты поверхности шестерён позволяют снизить уровень вибрации на 3–4 дБ. Устранение дисбаланса вращающихся масс достигается балансировкой.

2. Отстройка от режима резонанса достигается либо изменением характеристик системы (массы и жёсткости), либо изменением угловой скорости. Жёсткостные характеристики системы изменяются введением в конструкцию рёбер жёсткости или изменением её упругих характеристик.

3. Вибродемпфирование — это снижение вибрации объекта путём превращения её энергии в другие виды (в конечном счёте — в тепловую). Увеличение потерь энергии возможно достичь разными приёмами: использованием материалов с большим внутренним трением; использованием пластмасс, дерева, резины; нанесение слоя упруго-вязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение (рубероид, фольга, мастики, пластические

материалы и др.). Толщина покрытий берётся равной 2–3 толщинам демпфируемого элемента конструкции. Хорошо демпфируют колебания смазочные масла.

4. Виброгашение — это способ снижения вибрации путём введения в систему дополнительных реактивных импедансов (сопротивлений). Чаще всего для этого вибрирующие агрегаты устанавливают на массивные фундаменты.

5. Виброизоляция — это способ уменьшения вибрации защищённого объекта путём введения в систему упругой связи, препятствующей передаче вибрации от источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкций.

Виброизолирующие элементы могут быть представлены:

а) в виде отдельных опор: пружинные виброизоляторы, основным рабочим элементом которых являются одна или несколько стальных винтовых пружин; упругие прокладки, нередко имеющие сложную форму;

б) в виде слоя упругого материала, укладываемого между машиной и фундаментом;

Для виброизоляции источников возбуждения колебаний применяют:

а) пружинные, пружинно-резиновые и резинометаллические виброизоляторы (рис. 1);

б) упругие резиновые прокладки;

в) комбинированные виброизоляторы (установка виброизоляторов на прокладки из упругих материалов типа резины).

Для эффективной виброизоляции фундамент, на котором производится монтаж оборудования на виброизоляторах должен обладать большой массой. При изоляции с помощью пружинных амортизаторов и упругих прокладок происходит в большей степени отражение колебательной энергии и в меньшей степени поглощение энергии в самих изолирующих элементах [2].

Вибрационная защита с помощью массивных элементов оказывается малоэффективной для низких частот. В таких случаях применяют активные (управляющие) си-

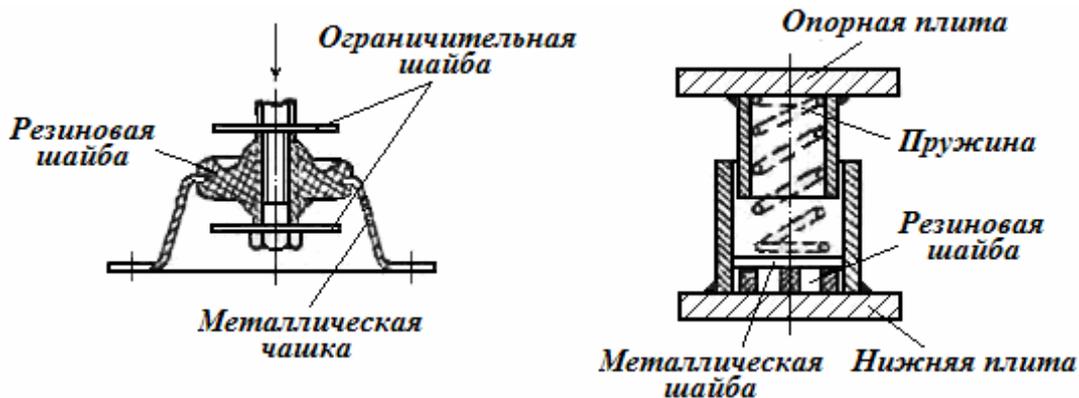


Рис. 1. а) пружинные, пружинно-резиновые и резинометаллические виброизоляторы

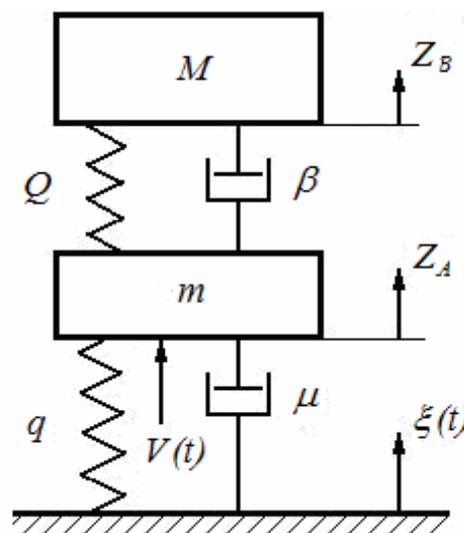


Рис. 2. Схема активной виброзащиты

стемы виброизоляции. В них внешние силы, вызывающие вибрацию защищаемого объекта компенсируются дополнительным источником энергии. Активные системы виброизоляции используются для защиты прецизионных станков, стартовых платформ, пилотов от перегрузок и повышения комфортности транспортных средств. Активная система содержит чувствительные элементы (датчики), устройства для создания управляющего воздействия. В зависимости от предъявляемых требований усилительные и исполнительные устройства могут быть гидравлические, пневматические, электромеханические, электромагнитные. На рис. 1 приведена схема активной виброзащиты, где введена активная обратная связь, формирующая управляющее воздействие $V(t)$.

Литература:

1. Ивович, В. А., Онищенко В. Я. Защита от вибраций в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1990.
2. Заборов, В. И., Коляско Л. Н., Росин Г. С. Защита от шума и вибрации в металлургии. — М.: Металлургия, 1976.

Цель виброзащиты — уменьшение колебаний объекта с массой M при кинематическом возмущении $\xi(t)$. Управляющее воздействие $V(t)$ приложено к промежуточной массе m . Управление может быть осуществлено:

1. По отношению масс M и m . Тогда управляющее воздействие осуществляется перемещением массы M по направлению ZB :

$$B V = -k \cdot W(P) \cdot Z, \quad (1)$$

где k — коэффициент усиления; $W(P)$ — передаточная функция цепи, включающей датчик и исполнительное устройство или управляющее воздействие

$$A V = -k \cdot W(P) \cdot Z \text{ для массы } m.$$

2. По возмущению $\xi(t)$, где управляющее воздействие:

$$V = -(\mu \cdot P + q) \cdot \xi(t) \text{ или } V = W(P) \cdot \xi(t). \quad (2)$$

Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе изучены результаты моделирования изотермических и кинетических систем кинетики образования оксидов азота при горении природного газа и дизельного топлива, впрыскиваемого через многодырчатую форсунку в метано-воздушный вихрь цилиндра наддувного газодизеля.

Ключевые слова: дизель, газодизель, природный газ, наддув, оксиды азота.

В результате моделирования изотермических и кинетических систем кинетики образования оксидов азота при горении природного газа и дизельного топлива, впрыскиваемого через многодырчатую форсунку в метано-воздушный вихрь (МВВ) цилиндра наддувного газодизеля, метанотопливоздушный заряд, образующийся после впрыскивания топлива в камеру сгорания (КС) с учетом вовлечения в движение струи метано-воздушной смеси (МВС) из окружающего пространства, молекулярной и турбулентной диффузии, как в топливном факеле, так и в окружающем пространстве КС в осевом и радиальном направлениях с учетом закручивающегося потока МВВ, можно, принимая во внимание, что концентрационная неоднородность также будет иметь место, выделить ряд зон в КС, где характер протекающих процессов и распределение компонентов образования оксидов азота будут существенно отличаться (рис. 1) [1–4].

При турбулентном движении потоков значения скоростей и концентраций оксидов азота непрерывно меняются, в результате чего зоны распространения носят

условный характер, и поэтому при перемешивании метано-воздушной среды можно говорить лишь об устойчивости средних по времени границ.

Первая зона (зона 1 на рис. 1) представляет собой ядро топливного факела с большим количеством локальных объемов, в которых содержится большое количество углеводородного топлива и недостаток окислителя, поэтому для этой зоны характерно образование NO по бимолекулярной реакции, т.е. молекулярный азот, содержащийся в МВС, вступает в реакцию с молекулами кислорода при температуре выше 1000 К:



Далее оксид азота доокисляется до NO_2 :



Количество NO_2 , образовавшегося в результате реакции 2, может достигать 15% от общего количества оксидов азота.

В результате турбулентной и молекулярной диффузии образуется большое количество локальных объемов, в которых содержится МВС, готовая к взрыву, и углеводо-

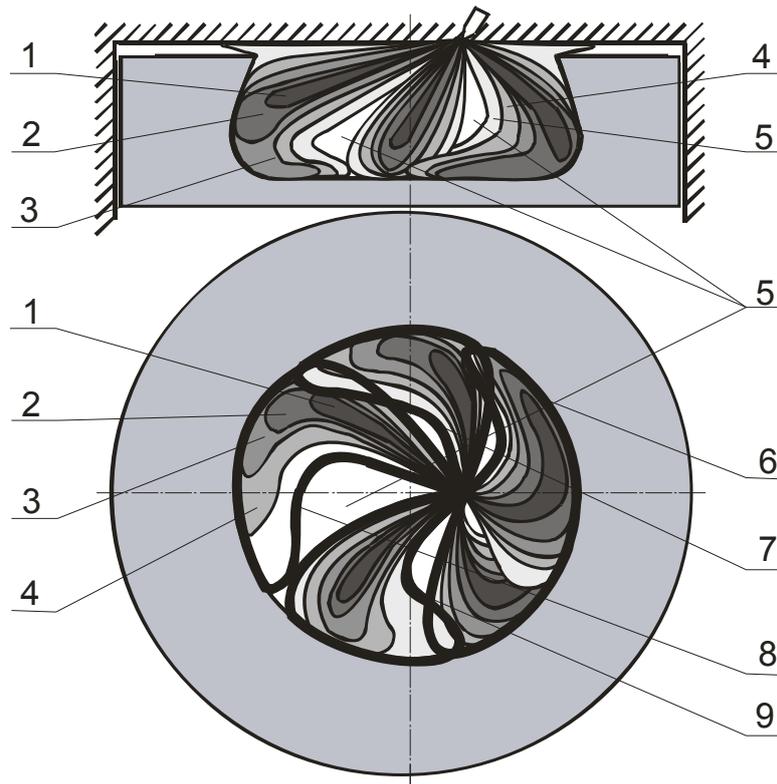
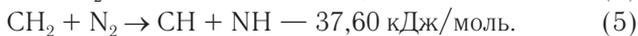
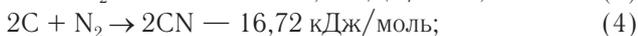
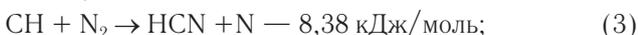


Рис. 1. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе: 1 — зона образования NO по бимолекулярной реакции; 2 — зона образования быстрого NO; 3 — зона образования быстрого и термического NO; 4 — зона образования термического NO по механизму Я. Б. Зельдовича; 5 — зона с преобладанием бедного МВВ; 6, 7, 8, 9 — участки с зонами преобладания богатого МВВ

родное топливо, в результате чего появляется возможность образования оксидов азота п

Вторая зона (зона 2 на рис. 1) характеризуется также недостатком окислителя, поэтому в оболочке топливного факела происходит образование промежуточных соединений HCN, CN, NH, непосредственно связанных с образованием «быстрых» NO в температурном диапазоне до 2000 К:

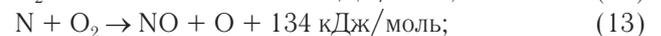
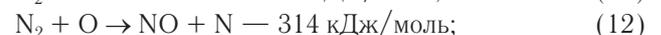


В области фронта горения МВВ (зона 2 на рис. 1) при высокой температуре до 2000 К и малом коэффициенте α имеет место образование существенных количеств оксида азота.

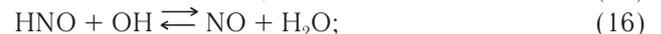
Третья зона (зона 3 на рис. 1) — зона быстрого молекулярного перемешивания, высокой температуры и глубокого пиролиза молекулярного метана за счет доокисления радикалов из реакций 3–5 в присутствии продуктов испарения жидкого углеводородного топлива. В результате этого оксиды азота образуются по «термическому» и «быстрому» механизму:



Далее, за счет увеличения температуры и давления происходит инициирование процесса по «термическому» механизму Я.Б. Зельдовича в виде цепной схемы окисления азота, в которой активную роль играют свободные атомы кислорода и азота:



и через радикалы OH:



Четвертая зона (зона 4 на рис. 1) характеризуется избытком окислителя в МВВ с турбулентным перемешиванием паров воздуха и топлива, распределенных неравномерно, поэтому образование NO происходит по «термическому» механизму Я.Б. Зельдовича при температурах выше 2500 К. Локальное же образование NO в зонах 3 и 4 связано с концентрацией атомов кислорода, которая зависит от концентрации кислорода в каждой локальной зоне и температуры в ней. Также преимуще-

ственные процессы окисления CH_4 , которые являются доминирующими в определении максимальной температуры в цилиндре газодизеля с наддувом [6–8].

Зона 5 — зона с преобладанием бедного МВВ, содержащая как свежую МВС так и продукты сгорания, вносимые из зон 1...4. Интенсивность протекания реакции образования NO будет зависеть от величины локального коэффициента избытка воздуха в условиях турбулентного перемешивания смеси [9, 10].

Участки с зонами 6, 7, 8, 9 являются граничными между

реагирующими зонами и непрореагировавшей МВС, в которых возможны только реакции доокисления NO в NO_2 :



Таким образом, наибольший вклад в процесс образования NO в цилиндре газодизеля с наддувом вносят зоны 3 и 4, поскольку выход оксидов азота зависит от степени турбулизации заряда и величины коэффициента избытка воздуха или локальной концентрации кислорода, длительности процесса сгорания и максимальной температуры цикла. А во время такта сжатия NO не образуется.

Литература:

1. Лопатин, О.П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. №6–5 (86). с. 11–13.
2. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. №3. с. 3–6.
3. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Олейник М.А., Дубинецкий В.Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. №11. С 13–16.
4. Лопатин, О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2004. — 200 с.
5. Лиханов, В.А. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля. Монография/В.А. Лиханов, О.П. Лопатин. Киров, 2004. — 106 с.
6. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. №6. с. 7–9.
7. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. №2. с. 6–7.
8. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. №1 (1). с. 29–32.
9. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Анфилатов А.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. №5. с. 5–8.
10. RU 2260706 C1, 20.09.2005.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 9 (89) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Игнатова М. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матроскина Т. В.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенюшкин Н. С.
Ткаченко И. Г.
Яхина А. С.

Ответственные редакторы:

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешнев А. М. (Кыргызстан)
Игисинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я.

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

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.
E-mail: info@moluch.ru
<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4