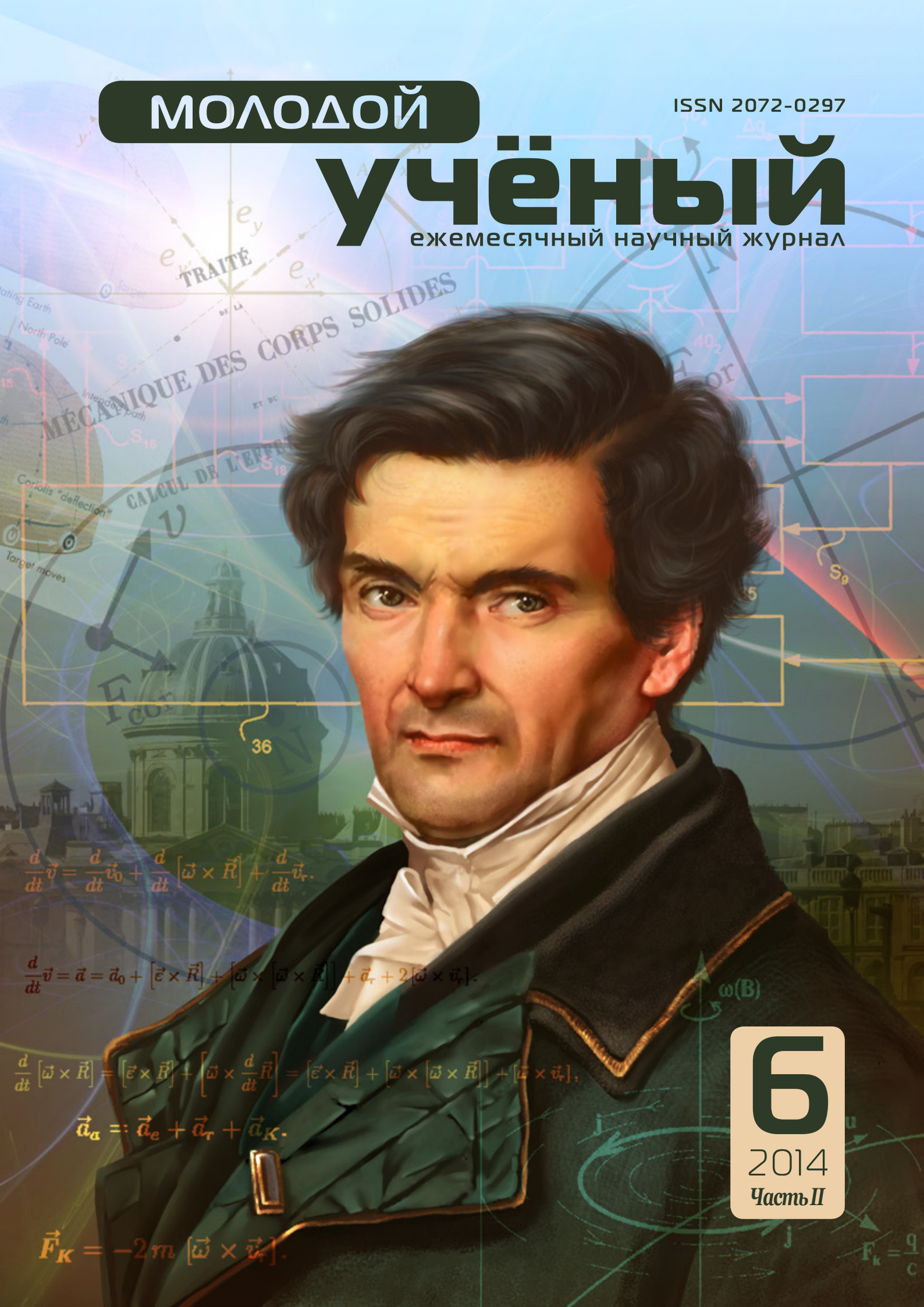


МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал



$$\frac{d}{dt} \vec{v} = \frac{d}{dt} \vec{v}_0 + \frac{d}{dt} [\vec{\omega} \times \vec{R}] + \frac{d}{dt} \vec{v}_r.$$

$$\frac{d}{dt} \vec{v} = \vec{a} = \vec{a}_0 + [\vec{\epsilon} \times \vec{R}] + [\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{R}]] + \vec{a}_r + 2[\vec{\omega} \times \vec{v}_r].$$

$$\frac{d}{dt} [\vec{\omega} \times \vec{R}] = [\vec{\epsilon} \times \vec{R}] + [\vec{\omega} \times \frac{d}{dt} \vec{R}] = [\vec{\epsilon} \times \vec{R}] + [\vec{\omega} \times [\vec{\omega} \times \vec{R}]] + [\vec{\omega} \times \vec{v}_r],$$

$$\vec{a}_\alpha = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_K.$$

$$\vec{F}_K = -2m [\vec{\omega} \times \vec{v}_r].$$

6
2014
Часть II

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 6 (65) / 2014

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*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических 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*

Кучерявенко Светлана Алексеевна, *кандидат экономических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Макеева Ирина Александровна, *кандидат педагогических 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 изображен Гаспар-Гюстав де Кориолис (1792–1843) — французский математик, механик и инженер.

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 «Конверс», г. Казань, ул. Сары Садыковой, д. 61

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 Бекмуратович, *кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)*

Козырева Ольга Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (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: Евгений Шишков

Верстка: Павел Бурьянов

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аль-Шариф А.Г.

Перспективы использования солнечной энергии для отопления дома в России..... 127

Антонова Е.А., Болтышев С.А., Данилов А.М.

Синтез сверхтяжелых серных бетонов для защиты от радиации 131

Бисов А.А., Уваров П.В.

Моделирование и расчет частотных характеристик барабанов стандартного типа 135

Бисов А.А., Уваров П.В.

Система анализа двигательной активности 141

Будылина Е.А., Гарькина И.А., Сухов Я.И.

Системы массового обслуживания: марковские процессы с дискретными состояниями 145

Васильева Т.Н., Аронов Л.В.

Определение несинусоидальности тока при работе распределительной электрической сети 148

Гладышева Д.В.

Оценка профессиональной компетентности водителей «маршрутных такси» 152

Ершов Д.Ю.

Определение собственных частот виброгасителей для нефтепромыслового оборудования..... 154

Жолбарысов И.А., Степанова О.А.,

Ермоленко М.В., Золотов А.Д.
Методы снижения оксидов азота в продуктах сгорания твердого топлива..... 157

Зарыкбаева К.С., Степанова О.А.,

Ермоленко М.В., Золотов А.Д.
Определение энергетической эффективности метантенка биогазовой установки 161

Зубарев П.А., Петренко В.О., Лахно А.В., Рылякин Е.Г.

Планирование оптимального соотношения компонентов в полиуретановой системе..... 164

Игнатьева Е.А., Круглова А.Н., Левова Г.А.

Водостойкость связующих, наполненных отходом производства оптического стекла и техническим углеродом 167

Кондрашин В.И., Ракша С.В., Шикин М.Ю.

Разработка лабораторного оборудования для получения и исследования материалов микро- и нанoeлектроники 169

Копин С.В.

Особенности организации воздухообмена в теплонапряженных производственных помещениях 173

Кузьмин С.В.

Система управления статическим компенсатором реактивной мощности для симметрирования трёхфазной нагрузки 175

Левченко С.П., Ермоленко М.В., Степанова О.А.

Изучение температуропроводности белых грибов Восточного Казахстана 179

Маркелова И.В., Гарькина И.А.

Приложения линейного программирования к решению архитектурно-строительных задач 183

Матчанова Н.Н.

Исследование параметров гигиенических свойств выбранных тканей и определение уровня надежности ткани по их физико-механическим свойствам 186

Мейрамхан Р.М., Касенов А.Л.

Изучение напорно-расходной характеристики роторно-пульсационного аппарата 188

Михайлов Д.С., Лившичев А.Н. Принципы работы и применимость DNG-метаматериалов	192	Семенищева Е.Л., Старостин К.Г., Клушин В.Н. Регенерация гранулированного активного угля, насыщенного парами бутанола, микроволновым излучением	235
Москвин А.Ю., Москвина М.А. Методология практического применения исторического кроя в проектировании современной одежды	198	Снежкина О.В., Корнюхин А.В., Киселев А.А., Ладин Р.А. Программа и результаты исследования коротких железобетонных балок	240
Мясоедова Е.Н., Коротецкий И.Н., Степанова О.А., Ермоленко М.В., Надырова А.Р. Исследование эффективности работы котельного агрегата в зависимости от состояния обмуровки.....	203	Суров Л.Д., Филиппов В.В., Суров И.Л. Получение информации об автоматическом повторном включении головного выключателя линии, питающей трансформаторную подстанцию.....	243
Николаенко Р.А., Ермоленко М.В., Степанова О.А. Влияние увлажнения тепловой изоляции на величину тепловых потерь тепловых сетей	207	Суров Л.Д., Филиппов В.В., Суров И.Л. Ложное отключение секционного выключателя шин двухтрансформаторной подстанции	246
Нурбоев Р.Х., Саидулов С.О., Хасанов М.М. Влияние на качество волокна размера горловины джина с вращающимися колосниками.....	211	Суров Л.Д., Филиппов В.В., Суров И.Л. Работа средств автоматики при отказе отключения секционирующего выключателя кольцевой сети	248
Пищин О.Н., Дюсенова О.С. Triple play на базе мобильных систем и систем широкополосного доступа четвёртого поколения	213	Суров Л.Д., Филиппов В.В., Суров И.Л. Дистанционный метод восстановления нормальной схемы электроснабжения кольцевой сети	252
Поленов Д.Ю. Эволюция телеметрии в ракетной технике	216	Суров Л.Д., Филиппов В.В., Суров И.Л. Дистанционный способ получения информации о неуспешном автоматическом повторном включении секционирующих выключателей ..	255
Попов И.И. Логистическое обслуживание потребителей ..	218	Сыздыков А.К. Автоматизированный расчет и построение схем электроснабжения в AutoCad с применением языка программирования AutoLisp	259
Пылайкин С.А., Данилов А.М. Объект как система массового обслуживания: моделирование, исходные предпосылки и ограничения	220	Тоимбаев А.Б., Ермоленко М.В., Степанова О.А. Эффективность работы теплового насоса при различных режимах.....	264
Разепина М.Г., Ташлыкова Е.В., Черемных Д.Н. УЭЦН высокотемпературного исполнения	223	Хаитов А.А., Нурбоев Р.Х., Назаров Ш.К. Изучение кинетики щелочной расшлихтовки хлопчатобумажных тканей	266
Рахимов У.Ю., Атаханов Ш.Н., Атамирзаева С.Т., Хожиев Р.М., Дадамрзаев М.Х. Использование порошка-полуфабриката, полученного из вторичного сырья соковых производств, в приготовлении мучных национальных изделий Узбекистана	226	Черемных Д.Н., Ташлыкова Е.В., Разепина М.Г. Проект создания сборочного производства металлообработывающих центров	269
Сапожников А.В. Управление техническими объектами в условиях параметрической неопределённости	229	Шабанов М.Л., Лысыч М.Н., Шкильный А.А. Изучение силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий с использованием тензометрических установок	271
Сатонин А.А., Сатонина О.А., Балакина Е.В. Новая схема передачи сигнала от датчика АБС к ЭБУ автомобиля.....	231	Шашков Б.Д., Нуждов Д.И. Построение и исследование имитационной модели системы контроля работы студентов ..	274

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Перспективы использования солнечной энергии для отопления дома в России

Аль-Шариф Али Галал, магистрант, преподаватель
Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова (г. Белгород)
Технологический университет, Учебный центр и лаборатории (Ирак/Багдад)

В статье рассмотрено использование солнечной энергии для отопления дома в России и по сравнению с использованием в Европе

Ключевые слова: солнечная энергия, отопление, Солнечные ресурсы

Хочу поблагодарить министерство высшего образования Ирака за постоянную поддержку

Введение

Актуальность.

С чем связан постоянный рост цен на энергию? Конечно, с колебанием и увеличением цен на нефть и газ на мировом рынке из-за истощения их запасов. Но ведь существуют альтернативные возобновляемые источники энергии, за которые не надо никому платить, которые не загрязняют окружающую среду и не истощаются — это ветер, солнце, тепло земли, тепло воздуха, морские волны и даже энергетический потенциал нашей планеты. Из всех видов альтернативных источников чаще всего используются солнечные батареи и ветрогенераторы, значительно реже — термальные источники и грунтовые теплообменники. Например, установка солнечных батарей для отопления дома поможет сократить на 70% энергопотребление, а значит, и расходы из семейного бюджета.

Примерно треть источников энергии (уголь, нефть, газ) мы превращаем в тепло: большая часть этой энергии используется для отопления помещений и подогрева воды. Изменения климата и зависимость от ископаемых источников энергии, запасы которых заметно сократятся в ближайшие десятилетия, заставляют нас действовать быстро. Широкое применение солнечной энергии для отопления жилых домов уже сегодня показывает, как мы можем справиться с этой проблемой. Это означает не только использование новых стандартов при строительстве, но и то, что надо резко сократить потребление энергии в доме. Проведя продуманную перестройку дома и используя большую термическую гелиосистему, можно сократить расход тепла на четверть или даже на треть. Только при этом условии в будущем будет достаточно сырья (та-

кого как древесина), чтобы покрыть оставшуюся потребность в энергии.

1. Использование солнечной энергии для отопления дома в России

Солнечные батареи для отопления дома устанавливаются на крышу, увеличивая её защитную функцию и, несомненно, придают дому высокотехнологичный и современный вид. Их можно устанавливать как сразу при строительстве дома, так и на дом давнишней постройки, принципиального значения это не имеет.

Монтаж солнечных батарей для отопления дома производится так же, как и Солнечные батареи для отопления можно использовать и на многоквартирных домах. То есть, специалист по окнам вполне может справиться с монтажом коллектора на крыше. Дальнейшую установку оборудования лучше доверить специалисту по отоплению и водоснабжению.

Надо сказать, что в современных солнечных батареях для отопления дома используется закаленное стекло и уплотнительные фланцы уникальной конструкции, поэтому они абсолютно устойчивы к погодным катаклизмам и механическим повреждениям.

Солнечная батарея для отопления дома — существенная экономия денег. Выясняя, сколько стоит солнечная батарея и будет ли вам выгодно её установка, следует учитывать различные факторы: ежедневную потребность в горячей воде, площадь и угол наклона крыши, освещенность крыши солнцем и т. д.

Чтобы не затрудняться с вычислением индивидуальных параметров, можно воспользоваться средними показате-

лями: на 1 человека нужен 1 м^2 светопоглощающей поверхности. Определить параметры и сколько стоит солнечная батарея для отопления вашего дома, можно исходя из того, что на 10 кв. м теплого пола нужно установить 1 м^2 поверхности коллектора. [4]

Инсоляцию также можно учитывать по средним показателям для вашей местности. При средней инсоляции в 1000 кВт/ч на 1 м^2 в год, может быть получена энергия, как от сжигания 100 литров газа или других видов топлива.

Например, немецкий солнечный коллектор Roto Sunroof, довольно популярен в Европе. Его площадь — $2,13 \text{ м}^2$. Двух коллекторов достаточно для обеспечения го-

рячей водой семьи из 4 человек, это примерно 2000 кВт/ч электроэнергии в год. Установка из трех коллекторов производит, соответственно, 3000 кВт/ч энергии. [1] Подсчитывая, сколько стоит солнечная батарея, следует исходить из необходимого и достаточного количества энергии для обеспечения вашего дома.

Если в доме установлено традиционное отопление, которое работает во время низкой солнечной активности и солнечная батарея, то энергией солнца перекрывается 70% потребляемой энергии. Когда будете подсчитывать, во сколько вам обойдется солнечная батарея и стоит ли её покупать, учтите экономию своих расходов на электроэнергию на 70%.



Рис. 1. Солнечные ресурсы России



Рис. 2. Солнечная радиация ($\text{кВт ч/м}^2 \text{ день}$)

Рост цен на энергоносители в России заставляет проявлять интерес к дешевым источникам энергии. Наиболее доступной является солнечная энергия. Энергия солнечной радиации, падающая на Землю в 10000 раз превышает количество вырабатываемой человеком энергии. Проблемы возникают в технологии сбора энергии и в связи с неравномерностью поступления энергии на гелиоустановки. Поэтому солнечные коллекторы и солнечные батареи применяются или совместно с аккумуляторами энергии или в качестве средства дополнительной подпитки для основной энергетической установки.

Страна у нас обширна и картина распределения солнечной энергии по ее территории весьма разнообразна (рис. 1 и 2.). [3]

Зоны максимальной интенсивности солнечного излучения (рис. 2). На 1 квадратный метр поступает более 5 кВт/час. солнечной энергии в день.

По южной границе России от Байкала до Владивостока, в районе Якутска, на юге Республики Тыва и Республики Бурятия, как это не странно, за Полярным Кругом в восточной части Северной Земли.

Поступление солнечной энергии от 4 до 4,5 кВт/час на 1 кв. метр в день

Краснодарский край, Северный Кавказ, Ростовская область, южная часть Поволжья, южные районы Новосибирской, Иркутской областей, Бурятия, Тыва, Хакассия, Приморский и Хабаровский край, Амурская область, остров Сахалин, обширные территории от Красноярского края до Магадана, Северная Земля, северо-восток Ямало-Ненецкого АО.

От 2,5 до 3 кВт/час на кв. метр в день
По западной дуге — Нижний Новгород, Москва, Санкт-Петербург, Салехард, восточная часть Чукотки и Камчатка.

От 3 до 4 кВт/час на 1 кв. метр в день
Наибольшую интенсивность (рис. 3) поток энергии имеет в мае, июне и июле. В этот период в средней полосе России на 1 кв. метр поверхности приходится 5 кВт. час в день. Наименьшая интенсивность в декабре-январе, когда 1 кв. метр поверхности приходится 0,7 кВт/час в день.

Если установить солнечный коллектор под углом 30 градусов к поверхности, то можно обеспечить съем энергии в максимальном и минимальном режиме соответственно 4,5 и 1.5 кВт час на 1 кв. метр в день.

Исходя из приведенных данных можно рассчитать площадь плоских солнечных коллекторов, необходимую для обеспечения горячего водоснабжения семьи из 4-х человек в индивидуальном доме. Нагрев 300 литров воды от 5 градусов до 55 градусов в июне могут обеспечить коллекторы площадью 5,4 квадратного метра, в декабре 18 кв. метров. Если применить более эффективные вакуумные коллекторы, то требуемая площадь коллекторов снижается примерно вдвое.

На практике солнечные коллекторы желательно применять не в качестве основного источника ГВС, а в качестве устройства для подогрева воды, поступающей в отопительную установку. В этом случае расход топлива резко снижается. При этом обеспечивается бесперебойная подача горячей воды и экономия средств на ГВС и отопление дома, если это дом для постоянного проживания. На дачах, в летнее время, для получения горячей воды, применяются

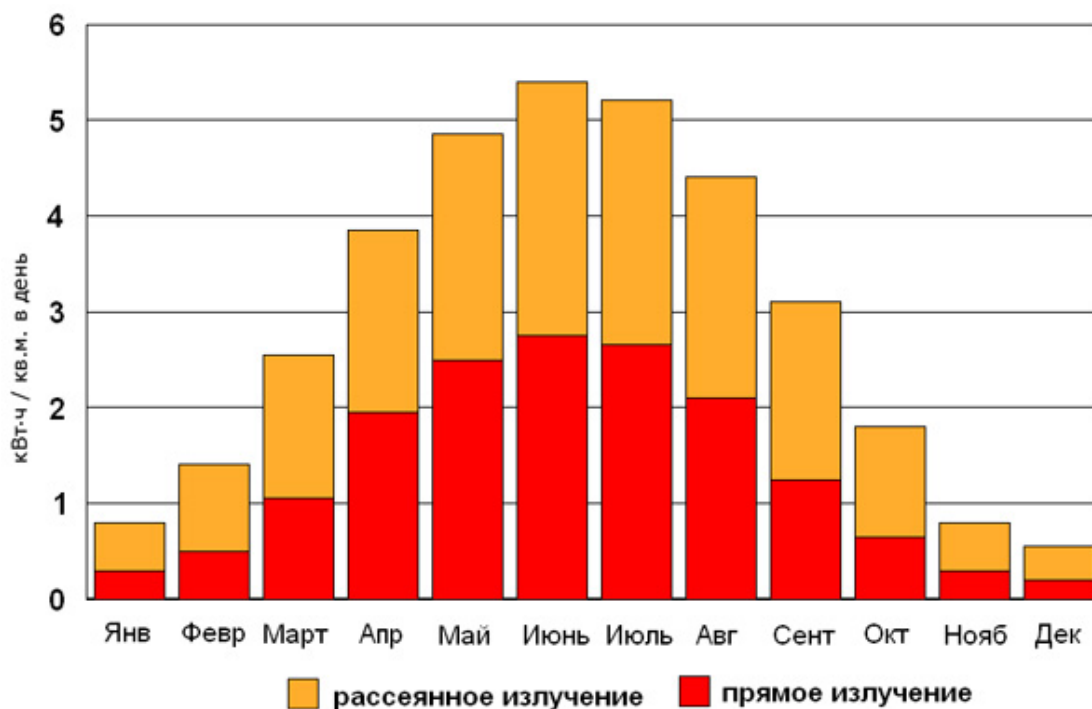


Рис. 3. Распределение интенсивности солнечного излучения в средней полосе России по месяцам [5]

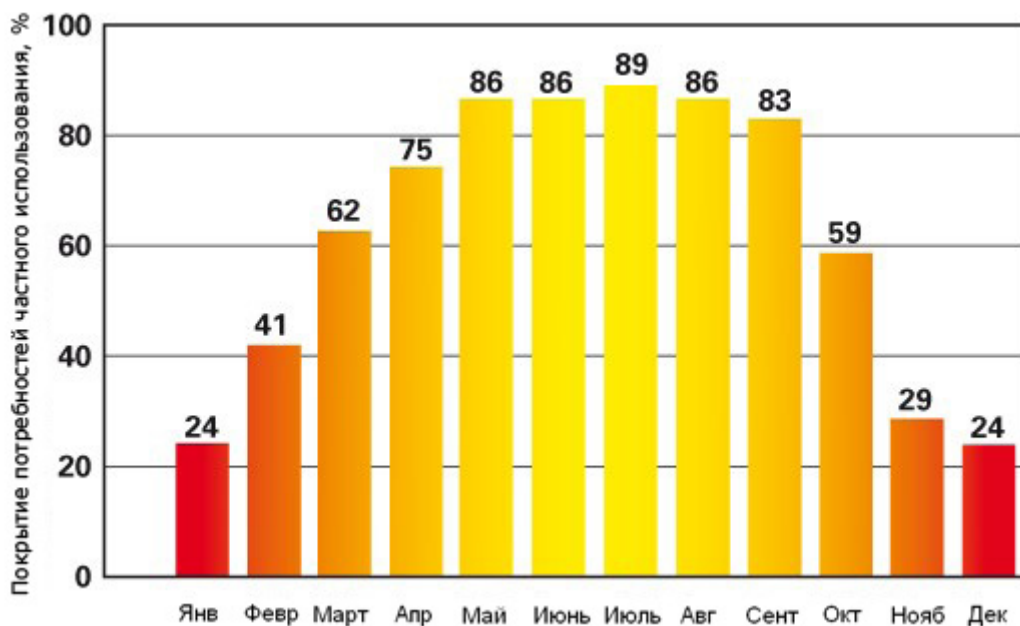


Рис. 4. Покрываемость потребностей в ГВС на счет солнечной энергии [5]

различные виды солнечных коллекторов. От коллекторов заводского изготовления до самодельных устройств, изготовленных из подручных материалов. Различаются они, прежде всего, по эффективности. Заводской эффективнее, но стоит дороже. Практически бесплатно можно сделать коллектор с теплообменником от старого холодильника.

В России установка солнечных коллекторов регламентируется РД 34.20.115–89 «Методические указания по расчету и проектированию систем солнечного обогрева», ВСН 52–86 «Установки горячего солнечного водоснабжения. Нормы проектирования». Имеются рекомендации по использованию нетрадиционных источников энергии в животноводстве, кормопроизводстве, крестьянских хозяйствах и сельском жилищном секторе, разработанные по заявке Минсельхоза в 2002 году. Действуют ГОСТ Р 51595 «Солнечные коллекторы. Технические требования», ГОСТ Р 51594 «Солнечная энергетика. Термины и определения». [2]

В этих документах довольно подробно описаны схемы применяемых солнечных коллекторов и наиболее эффективные способы их применения в различных климатических условиях.

2. Использование солнечной энергии для отопления дома в Европе

Европейцы широко применяют солнечные батареи в своих домах, ведь они экономичны и экологичны. Действительно, опыт продвинутых жителей Европы, которые, как известно, умеют считать деньги, стоит перенять и для отечественных домов.

В Германии государство дотирует затраты на установку солнечных коллекторов, поэтому их применение устойчиво растет. В 2006 году было установлено 1 мил-

лион 300 тысяч квадратных метров коллекторов. Из этого количества примерно 10% более дорогие и эффективные вакуумные коллекторы. Общая площадь установленных на сегодняшний день солнечных коллекторов составила примерно 12 миллионов квадратных метров.

В Европейских странах солнечные коллекторы для отопления используют в 50% от общего количества установленных гелиосистем. Однако следует понимать, что гелиосистемы используют лишь для поддержки отопления и экономии основного энергоресурса, поскольку теплотребление значительно превышает выработку энергии гелиосистемой в отопительный период.

Наиболее распространенным является использование гелиосистем с суточной аккумуляцией тепловой энергии. Недостатком солнечных систем для поддержки отопления с суточной аккумуляцией теплоты являются невозможность использовать излишки теплоты в летнее время. Выходом из данной ситуации может быть использование сезонного аккумуляирования. Однако такую систему крайне сложно реализовать на практике из-за необходимости установки огромных накопительных емкостей (объемом от 10 м^3). Как правило, такие емкости закапывают под землю или строят специальный резервуар из бетона с крышкой.

Заключение

Таким образом необходимо заметить, что проведенное исследование позволяет заключить:

Научиться использовать солнечную энергию для получения тепловой энергии люди пытались с древних времен.

Первые солнечные нагреватели появились во Франции. Естествоиспытатель Ж. Бюффон создал большое вогнутое зеркало, которое фокусировало в одной точке от-

раженные солнечные лучи. Это зеркало было способно в ясный день быстро воспламенить сухое дерево на расстоянии 68 м.

Вскоре после этого шведский ученый Н. Соссюр построил первый водонагреватель. Это был обычный деревянный ящик со стеклянной крышкой, однако вода в нем нагревалась солнцем до 88°C.

В 1774 г. великий французский ученый А. Лавуазье впервые применил линзы для концентрации тепловой энергии солнца. Вскоре в Англии отшлифовали большое двояковыпуклое стекло, расплавлявшее чугун за три секунды и гранит — за минуту.

Солнечный коллектор — один из самых простых способов использования энергии солнца, который не требует больших вложений, высоких технологий и большого уровня знаний.

Системы теплоснабжения на базе солнечных коллекторов совершенствуются во всем мире, чтобы сделать их объектом массового спроса.

Современное общество является свидетелем очередного глобального перехода на новые энергоносители, ко-

торый начался приблизительно в начале 90-х годов прошлого века.

Определяющей характеристикой текущего этапа является его экологическая направленность, стремление избавиться от зависимости от ископаемых ресурсов, добыча и использование которых истощает и загрязняет природу.

Считается, что разработка источников альтернативной энергии все еще дело завтрашнего дня, на самом деле по отдельным направлениям в технической практике уже произошла тихая революция.

Одним из успешных направлений стала гелиоэнергетика.

Одним из ключевых направлений гелиоэнергетики является производство и эксплуатация солнечных коллекторов.

С помощью солнечных коллекторов можно обогревать помещения даже при минусовых температурах.

Коллекторы активно применяются во многих странах, отечественные потребители также начинают присматриваться к аккумулирующим солнечную радиацию установкам.

Литература:

1. Актуальные вопросы технических наук (II): международная заочная научная конференция (г. Пермь, февраль 2013 г.)/отв. ред.: Г. А. Кайнова. — Пермь: Меркурий, 2013. — 107 с.
2. Альтернативная энергетика и энергосбережение в регионах России: материалы научно-практического семинара, г. Астрахань, 14–16 апреля 2010 г./Астраханский гос. ун-т, Акад. электротехнических наук Российской Федерации; сост. Л. Х. Зайнутдинова. — Астрахань: Астраханский ун-т, 2010. — 101 с.
3. Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества: сборник Вып. 7/отв. ред.: И. Г. Чайка, Ю. В. Ефремов. — Краснодар, 2013—399 с.
4. Йе, В. Исследование эффективности использования солнечной энергии для систем автономного энергоснабжения в Республике Союза Мьянма: диссертация... кандидата технических наук: 05.14.08/Йе Вин; Место защиты: Нац. исслед. ун-т МЭИ. — Москва, 2013. — 155 с.
5. Курбатов, Н. Е. Использование возобновляемых источников энергии в условиях Забайкалья: способы и устройства для преобразования энергии солнечного излучения [Текст]/Н. Е. Курбатов, Е. Н. Курбатов; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Забайкальский гос. ун-т» (ЗабГУ) Ч. 3. Использование возобновляемых источников энергии в условиях Забайкалья: естественные среды в качестве аккумуляторов солнечной энергии. — Чита, 2012. — 154 с.

Синтез сверхтяжелых серных бетонов для защиты от радиации

Антонова Елена Александровна, студент;

Болтышев Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

При синтезе серных радиационно-защитных композиционных материалов использовались:

- техническая сера (связующее),
- барит, ферроборовый шлак и оксид свинца (наполнители),
- свинцовая дробь (заполнители),

— парафин, стеариновая кислота, керосин технический, канифоль, нафталин, скипидар, лак (модифицирующие добавки),

— сажа, углеродная нить, асбестное волокно (дисперсно-упрочняющие добавки).

Химическая стойкость разработанных материалов определялась в модельной агрессивной среде:

- раствор соляной кислоты (моделирование кислой среды),
- 5% раствор сульфата магния (моделирование сред, содержащих SO_4^{2-} , и сред с высокой жесткостью),
- 5% раствор хлорида натрия (моделирование сред, содержащих Cl^-),
- питьевая вода ($pH = 6..7$; моделирование атмосферных и подземных нейтральных вод).

Рецептурно-технологические параметры (с последующей их оптимизацией) выбирались с учетом:

- *удельной поверхности* наполнителей (при определении использовался ПСХ-4),
- *насыпной плотности* наполнителей и заполнителей (по ГОСТ 8269.0-97),
- *предельного напряжения сдвига* серных мастик (по величине расплыва; использовался цилиндрический вискозиметр); расчетное значение определялось по формуле:

$$\tau = \frac{h \cdot d^2 \cdot \gamma_c \cdot g}{k \cdot D^2},$$

где t — предельное напряжение сдвига, Па; h и d — высота и диаметр вискозиметра, м; γ_c — 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;

- *средней плотности* (по ГОСТ 12730.1-78 и ГОСТ 10181.1-81),

— *предела прочности при сжатии и при изгибе* (определяли по образцам-кубам 20'20'20, 30'30'30 мм и образцам-балочкам 20'20'80 мм на разрывной машине ИР 50-51 и универсальной машине П — 50; расчетный предел прочности при изгибе определялся по максимальной разрушающей нагрузке с использованием соотношения:

$$R_{изг} = \frac{3P_{разр}l}{2bh^2},$$

где $P_{разр}$ — разрушающая нагрузка; b и h — характеристики сечения образца; l — расстояние между опорами; предел прочности при сжатии — по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P_{разр}}{A},$$

где A — площадь поперечного сечения образца);

- *общей пористости*;
- *химической стойкости* (оценивалась по изменению предела прочности образцов при сжатии после определенного времени экспозиции в агрессивной среде; расчетный коэффициент стойкости находился по формуле:

$$k_x = \frac{R_\tau}{R_o},$$

где R_o — начальная прочность материала, МПа; R_τ — прочность материала после экспозиции в агрессивной среде в течение времени t , МПа);

- *морозостойкости* (по ГОСТ 10060.0-95 на образцах 30'30'30 мм);
- *структуры* (рентгеновский метод; дифрактометр «D 500 SIEMENS» в интервале брегговских углов q от 5 до 30°);
- *линейному коэффициенту ослабления гамма-излучения* (облучение образцов серного материала гамма — квантами; радиоактивный источник — ^{137}Cs ; энергия гамма-квантов — 0,662 МэВ);
- *радиационной стойкости* (сопоставление физико-механических свойств до и после гамма — облучения образцов).

Проблемы многокритериальности решались с использованием предложенных в [1..4] методик. При обработке экспериментальных данных отбрасывались (критерий Шовене) значения, значительно отличающиеся от среднего

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}.$$

Аппроксимация экспериментальных данных осуществлялась по методу наименьших квадратов:

$\mathbf{B} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$ (\mathbf{B} — вектор-столбец коэффициентов уравнения регрессии; \mathbf{X} — матрица значений факторов; \mathbf{X}^T — транспонированная матрица значений факторов; $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$ — ковариационная матрица (матрица ошибок); \mathbf{Y} — вектор-столбец откликов).

Подбор составов многокомпонентных систем, разработка технологии изготовления, оптимизация составов, исходя из физико-механических и эксплуатационных свойств [5..8], осуществлялись с использованием симплекс — решетчатого плана Шеффе (неполного третьего порядка); уравнение регрессии имеет вид: $Y_i = \sum_{1 \leq i \leq q} A_i \cdot v_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq q} A_{ij} \cdot v_i \cdot v_j ..$

Методом рентгенофазового анализа было установлено, что между серой и наполнителями протекают твердофазные реакции химического взаимодействия с образованием продуктов реакций сложного химического состава: при взаимодействии барита и ферроборового шлака с серой образуются полисульфидные соединения, а при взаимодействии с оксидом свинца — водорастворимые сульфиды свинца. Оказалось, что реологические свойства серных мастик определяются интенсивностью взаимодействия на границе раздела фаз «сера — наполнитель»; оценивались по величине предельного напряжения сдвига (определяли при температуре 150...160°С методом гравитационного расплыва; рис. 1 и 2).

Определялось влияние составов комплексных модификаторов на подвижность серных мастик на ферроборовом шлаке (симплекс — решетчатый план Шеффе); полученная модель имеет вид:

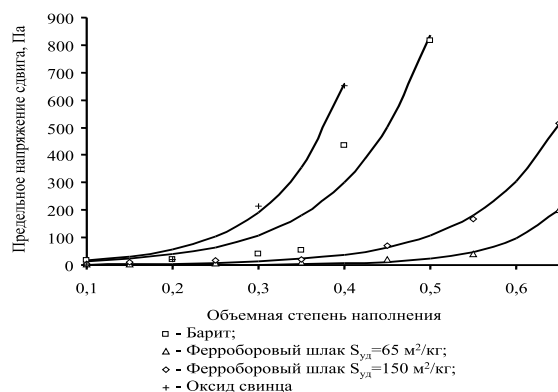


Рис. 1. Зависимость предельного напряжения сдвига серных мастик на различных наполнителях от степени наполнения

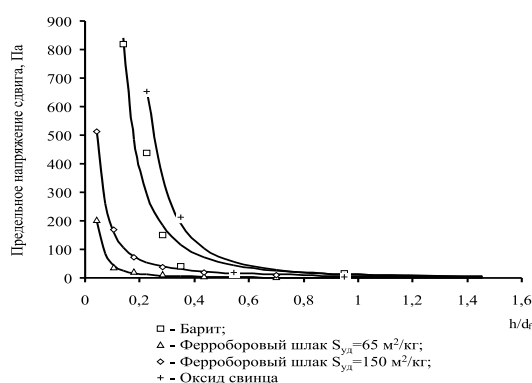


Рис. 2. Зависимость предельного напряжения сдвига от соотношения h/d_f (d_f — диаметр частицы наполнителя, h — толщина прослойки связующего)

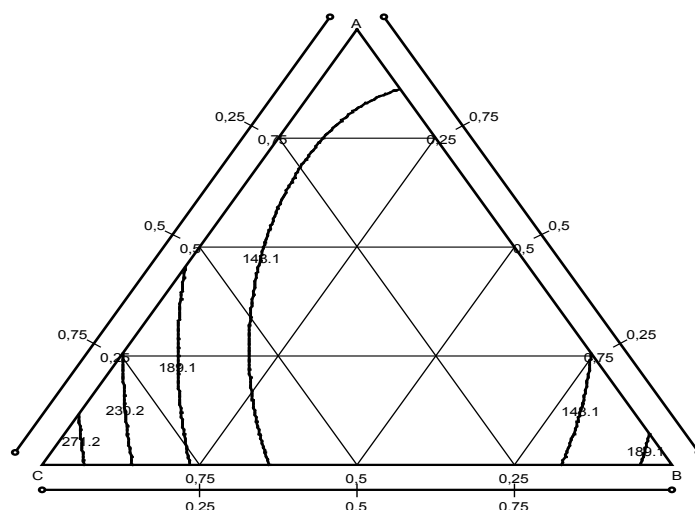


Рис. 3. Влияние состава комплексного модификатора на подвижность мастик на ферроборовом шлаке (базовые составы: А — мастика на ферроборовом шлаке ($\nu_f=0,55$), модифицированная 0,5% керосина; В — то же 1% асбестового волокна; С — то же 0,5% парафина)

$$\tau = 176,67x_1 + 210,0x_2 + 312,33x_3 - 280,4x_1x_2 - 248,13x_1x_3 - 551,73x_2x_3,$$

где x_1, x_2, x_3 — содержание керосина, асбестового волокна и парафина (рис. 3).

Составы комплексных модификаторов, введение которых позволяет получить высокоподвижные радиационно-защитные серные мастики, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Составы комплексных модификаторов

Состав	Наполнитель	Концентрация компонентов, % от массы серы			
		Парафин	Асбестовое волокно	Керосин	Сажа
№1	Барит	0,2	—	0,5	1,0
№2		0,5	—	0,8	1,0
№3	Ферроборовый шлак	0,12	0,46	0,15	—

Таблица 2. Пластифицирующий эффект, %

Наполнитель	v_f	Концентрация добавки, % от массы серы				
		0,5	1	2	4	8
Асбестовое волокно						
Барит	$v_f = 0,4$	-6,25	-12,13	-38,78	-172,06	-655,88
Ферроборовый шлак	$v_f = 0,55$	-19,47	-31,42	-87,57	-155,37	-267,74
Сажа						
Барит	$v_f = 0,4$	47,44	56,30	64,53	73,19	67,51
Углеродная нить						
		$\mu, \%$	Длина волокна, мм			
			5	10	15	20
Барит	$v_f = 0,4$	1	-114,28	-163,57	-181,43	-200,0
		2	-205,0	-298,57	-354,28	-442,85
Ферроборовый шлак	$v_f = 0,55$	1	-54,12	-67,26	-79,2	-87,57
		2	-138,95	-174,97	-193,9	-229,15

Примечания: n_f — объемная степень наполнения; m — коэффициент армирования, % от массы серы.

Введение модифицирующих добавок в мастики на оксиде свинца способствует снижению их подвижности (табл. 2).

Оказалось, наполнители повышают дефектность структуры серных мастик. *Оптимальными наполнителями являются барит и ферроборовый шлак.*

Литература:

1. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Королев Е. В., Смирнов В. А. Преодоление неопределенностей целей в задачах многокритериальной оптимизации на примере разработки сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации/Строительные материалы — Наука. — 2006. — №8. — с. 23–26.
2. Бudyлина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Пылайкин С. А. Подходы к многокритериальности сложных систем/Молодой ученый. — 2013. — №6. — с. 40–43.
3. Бudyлина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М. Декомпозиция динамических систем в приложениях/Региональная архитектура и строительство. — 2013. — №3. — с. 95–100.
4. Бudyлина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М. Фундаментальные основы оценки качества сложных систем/Новый университет. — 2013. — №4 (14). — с. 6–9.
5. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Королев Е. В. Математическое и компьютерное моделирование при синтезе строительных композитов: состояние и перспективы/Региональная архитектура и строительство. — №2 (9). — 2010. — С. 9–13.
6. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Соколова Ю. А. Системный анализ, теории идентификации и управления в строительном материаловедении: монография/Москва: ПАЛЕОТИП. — 2008. — 239 с.
7. Баженов, Ю. М., Гарькина И. А., Данилов А. М., Королев Е. В. Системный анализ в строительном материаловедении: монография — М.: МГСУ: Библиотека научных разработок и проектов. — 2012. — 432 с.
8. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Смирнов В. А. Флокуляция в дисперсных системах/Системы управления и информационные технологии. — 2008. — №2.3 (32). — с. 344–347.

Моделирование и расчет частотных характеристик барабанов стандартного типа

Бисов Алексей Анатольевич, магистрант;
Уваров Павел Викторович, магистрант
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

Вопрос моделирования системы частотных характеристик барабанов не раскрыт полностью и может найти применение в разных областях, как имитационных, так и реальных. Исследования могут найти применение в музыкальной индустрии, упростив при этом точную настройку ударной установки под определенный запрос музыканта.

Ударная установка является системой, состоящей из подсистем имеющих множественную параметрическую базу. Один барабан, входящий в УУ, может производить звук с определённой функцией спектральной плотности зависящей от множества параметров, таких как сила удара, упругость материала, наличие резонансной мембраны, сила натяжения мембраны, которая в свою очередь определяется углом поворота крепёжных винтов обода барабана, и т. д.

Для снятия значений был выбран микрофон с широким частотным диапазоном, так как результирующий сигнал будет менее всего подвержен помехам. Приложение для работы с математической моделью позволяет упростить подход к математическим расчетам, автоматизируя процесс расчета.

Имеются два основных вида настройки барабанов: EVEN (равномерная) и ODD (неравномерная, разрозненная). EVEN настройка подходит для закрытых барабанов и является основой для последующего выполнения настройки ODD.

Мембрану необходимо натянуть равномерно. Каждый регулировочный болт должен притягивать мембрану к корпусу барабана с одинаковой силой. Первым делом закручиваются все имеющиеся болты пальцами до упора. Затем ключом закручивается на пол-оборота (на 90 градусов) ближайший болт, потом диаметрально противоположный болт и повторяются действия пока все болты не будут отрегулированы результате этих действий мембрана должна быть натянута равномерно, ноты должны быть одинаковыми.

Настройка рабочего барабана слегка отличается от настройки тома, т. к. ударная и резонансная мембраны рабочего барабана имеют разные толщины. Низкая настройка ударной мембраны дает глубокий, но статичный звук. Высокая настройка ударной мембраны дает звук сухой, живой и яркий. Низко настроенная резонансная мембрана рабочего барабана дает звук с основным тоном, доминирующим над звуком пружины, и соответственно, чем выше настраиваемая резонансная мембрана, тем более резким становится звук рабочего барабана. Также большое значение имеет толщина мембран. Тонкие мембраны имеют подчеркнутую атаку и долгое затухание, а звук более толстых и двойных мембран отличается быстрым затуханием.

В качестве студии звукозаписи выбираем Adobe Audition 3.0, в качестве программных средств MathCAD 14, в качестве аппаратных средств микшерный пульт Mackie CR 1604 VLZ с микрофоном кругового охвата.

После записи звука, в программе Adobe Audition 3.0 получаем вид сигнала на тайм линии. Выделяем пустую (не содержащую полезной информации) область сигнала для снятия показаний шума (Рисунок 1):

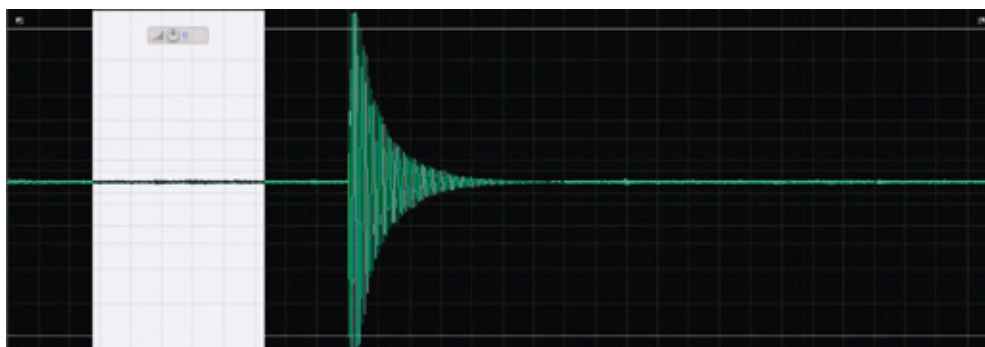


Рис. 1. Тайм линия с записанным звуком и шумом

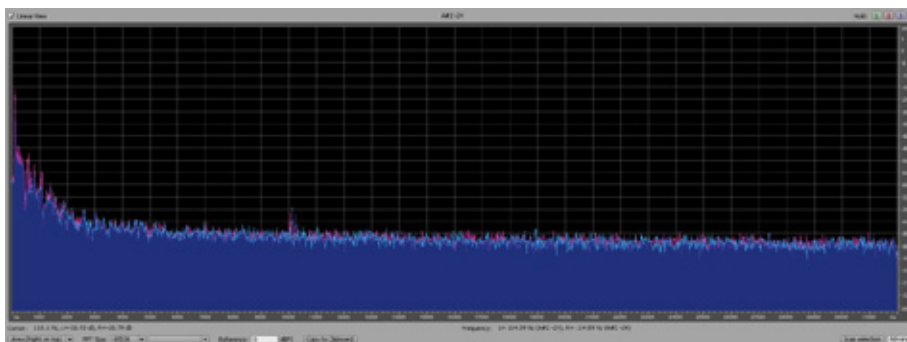
После применения исключения шума из сигнала, можно выделить только область с полезной информацией (Рисунок 2), после чего файл сохраняется и осуществляется поворот всех винтов на 90°, после чего замеры повторяются.



Рис. 2. Полезная информация

После получения полезного сигнала проводится частотный анализ, для этого программное средство переводится в соответствующий режим. После чего в анализатор передаются параметр по количеству точек БПФ: **FFT Size: 65536** И на тайм панели выделяется вся область сигнала. В анализаторе запускается анализ (Scan Selection). Полученный результат является спектральной плотностью полученной программно.

Cursor: 118.1 Hz, L=-26.93 dB, R=-26.79 dB



Полученные программно значения частот приведены в таблице 1:

Таблица 1

R, °	Бас барабан, Гц	Малый том, Гц	Средний том, Гц	Напольный том, Гц	Рабочий барабан, Гц
0	80	60	61	42	101
90	—	84	85	63	144
180	60	112	115	78	157
270	—	129	138	88	183
360	70	149	153	97	—
450	—	—	—	104	—
540	80	—	—	—	—

Сигнал рассматривается и анализируется в программе MathCad 14. В данной программе используются функции:

READWAV (file) — чтение звукового файла в матрицу.

funcObj (F, tStart, nums, hagn) — функция возвращающая массив времени и точек сигнала в эти моменты времени.

В качестве параметров передаются массив точек сигнала, номер точки сигнала, с которой следует начать, номер точки сигнала на которой следует закончить и единица времени.

Cspline (vx, vy) — вычисляет массив вторых производных vs для сплайна, используемого для интерполяции данных из vx и vy.

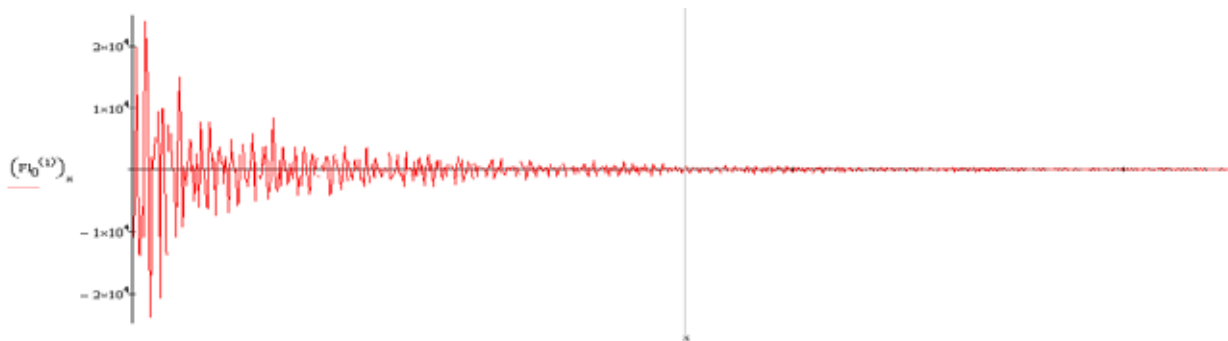
Interp (vs, vx, vy, x) — возвращает интерполируемое значение y, соответствующее аргументу x. Вектор vs вычисляется на основе векторов данных vx и vy.

$\text{FuncToFFT}(q, Lm, Fnc)$ — функция возвращающая массив частот и соответствующие им дискретные значения БПФ. В качестве параметров передаются степень двойки, для вычисления количества точек, множитель — интервал частот, интерполирующая функция основного сигнала.

$\text{FindMaxFreq}(InMs, Lm)$ — функция возвращающая определённую частоту, соответствующую максимуму спектральной плотности. В качестве параметров передаётся массив точек ДПФ по времени и множитель — интервал частот.

Математическое описание характеристик и дискретных преобразований Фурье

Описание малого (рабочего) барабана при 0 градусов угла поворота крепёжных винтов:



Количество точек в сигнале $\text{Cnt}_0 := \text{rows}(F1_0^{(1)}) = 6.676 \times 10^4$

Массив точек, составленный по времени и сигналу $\text{FnCt}_0 := \text{funcObj}(F1_0, 1, \text{Cnt}_0, \text{ts})$

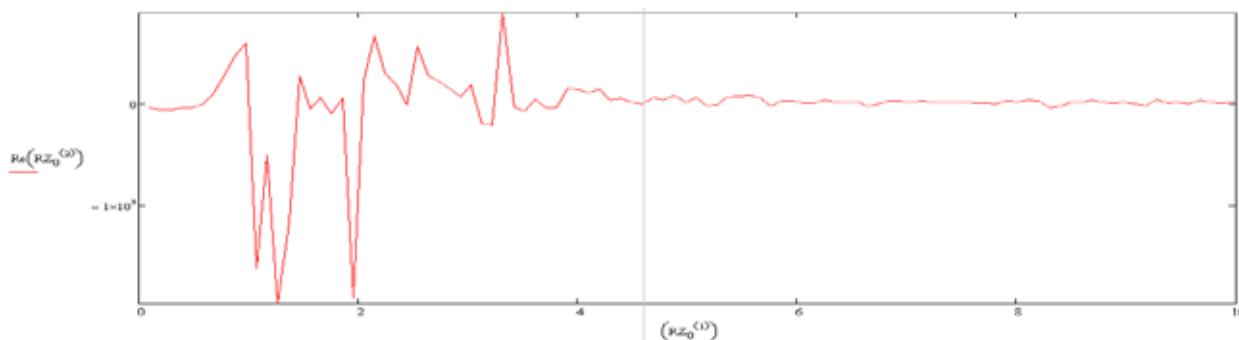
Коэффициенты интерполяции сплайнами $\text{fftFunc}_0 := \text{cspline}(\text{FnCt}_0^{(1)}, \text{FnCt}_0^{(2)})$

Интерполяционная функция $\text{zFunc}_0(v) := \text{interp}(\text{fftFunc}_0, \text{FnCt}_0^{(1)}, \text{FnCt}_0^{(2)}, v)$

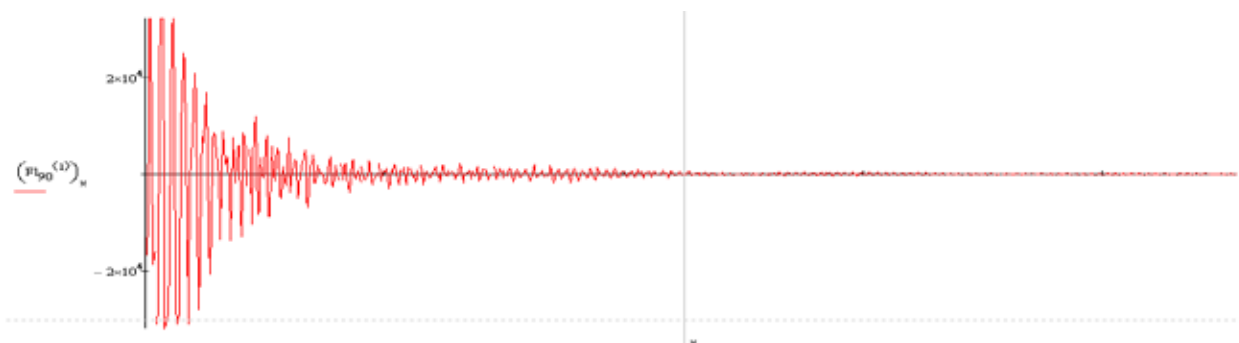
Коэффициент произведения $Lx_0 := 100$

Массив результата БПФ $\text{RZ}_0 := \text{FuncToFFT}(10, Lx_0, \text{zFunc}_0)$

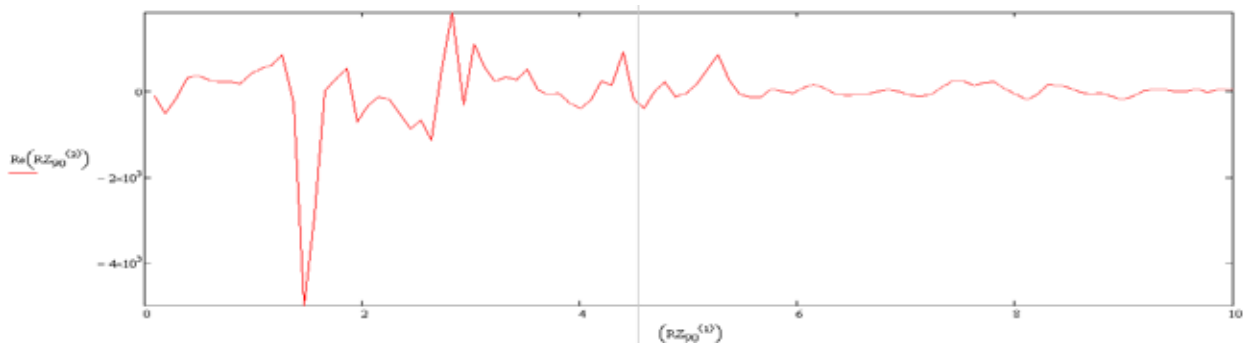
Частота колебаний при 0 градусов $\text{Fr}_0 := \text{FindMaxFreq}(\text{RZ}_0, Lx_0) = 332.031 \text{ Гц}$



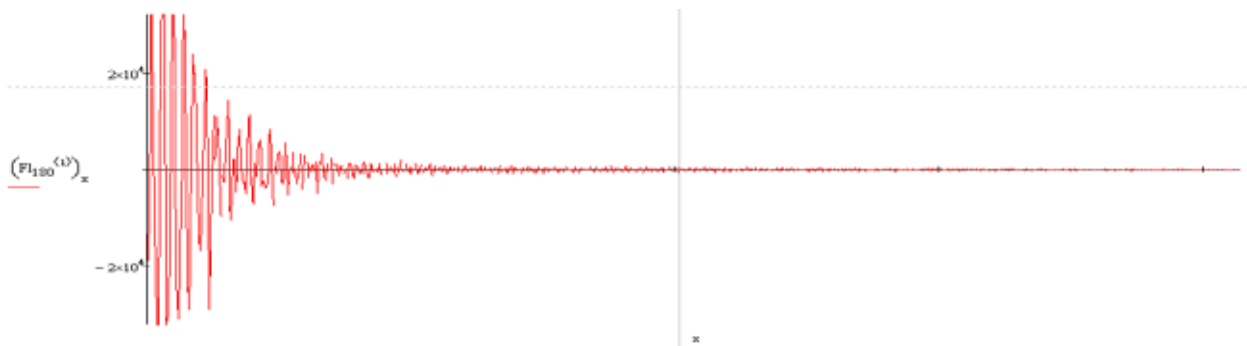
Описание малого (рабочего) барабана при 90 градусов угла поворота крепёжных винтов:



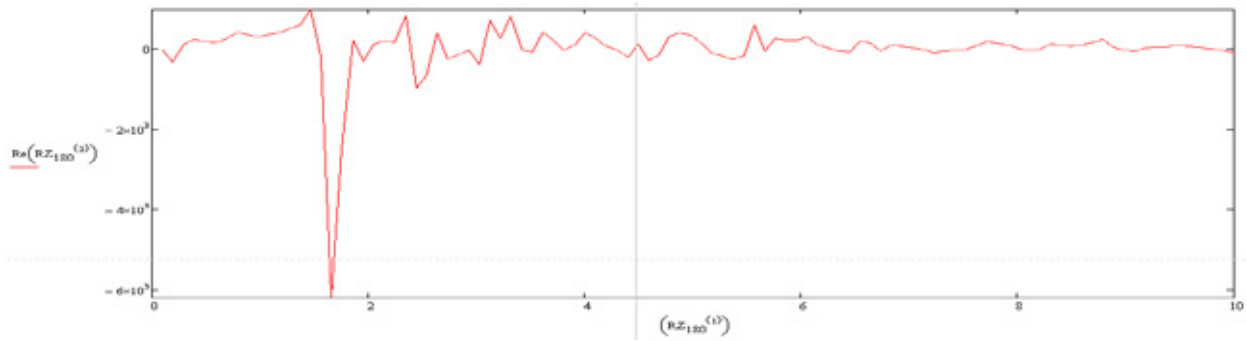
Количество точек в сигнале $Cnt_{90} := \text{rows}(Fl_{90}^{(1)}) = 4.562 \times 10^4$
 Массив точек, составленный по времени и сигналу $FnCt_{90} := \text{funcObj}(Fl_{90}, 1, Cnt_{90}, ts)$
 Коэффициенты интерполяции сплайнами $fftFunc_{90} := \text{cspline}(FnCt_{90}^{(1)}, FnCt_{90}^{(2)})$
 Интерполяционная функция $zFunc_{90}(v) := \text{interp}(fftFunc_{90}, FnCt_{90}^{(1)}, FnCt_{90}^{(2)}, v)$
 Коэффициент произведения $Lx_{90} := 10c$
 Массив результата БПФ $RZ_{90} := \text{FuncToFFT}(10, Lx_{90}, zFunc_{90})$
 Частота колебаний при 90 градусов $Fr_{90} := \text{FindMaxFreq}(RZ_{90}, Lx_{90}) = 283.203 \text{ Гц}$



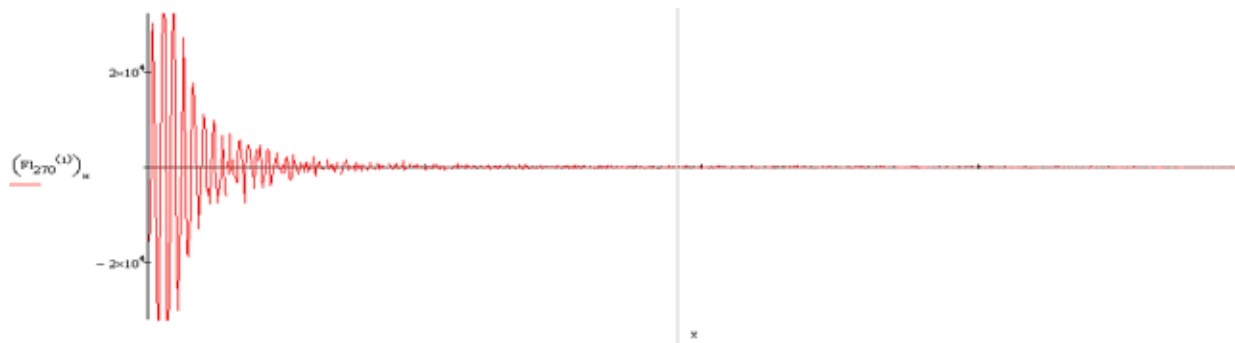
Описание малого (рабочего) барабана при 180 градусов угла поворота крепёжных винтов:



Количество точек в сигнале $Cnt_{180} := \text{rows}(Fl_{180}^{(1)}) = 4.142 \times 10^4$
 Массив точек, составленный по времени и сигналу $FnCt_{180} := \text{funcObj}(Fl_{180}, 1, Cnt_{180}, ts)$
 Коэффициенты интерполяции сплайнами $fftFunc_{180} := \text{cspline}(FnCt_{180}^{(1)}, FnCt_{180}^{(2)})$
 Интерполяционная функция $zFunc_{180}(v) := \text{interp}(fftFunc_{180}, FnCt_{180}^{(1)}, FnCt_{180}^{(2)}, v)$
 Коэффициент произведения $Lx_{180} := 10c$
 Массив результата БПФ $RZ_{180} := \text{FuncToFFT}(10, Lx_{180}, zFunc_{180})$
 Частота колебаний при 180 градусов $Fr_{180} := \text{FindMaxFreq}(RZ_{180}, Lx_{180}) = 146.484 \text{ Гц}$



Описание малого (рабочего) барабана при 270 градусов угла поворота крепёжных винтов:



Количество точек в сигнале $Cnt_{270} := \text{rows}(Fl_{270}^{(1)}) = 3.928 \times 10^4$

Массив точек, составленный по времени и сигналу $FnCt_{270} := \text{funcObj}(Fl_{270}, 1, Cnt_{270}, ts)$

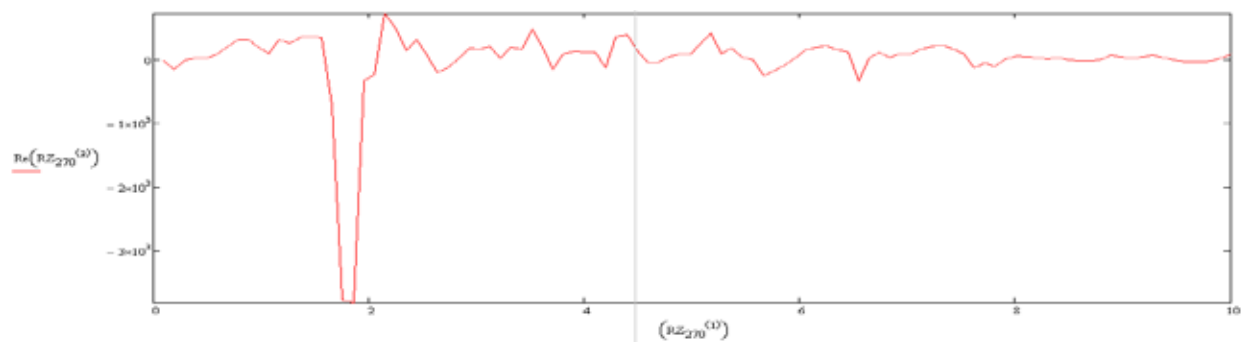
Коэффициенты интерполяции сплайнами $fftFunc_{270} := \text{cspline}(FnCt_{270}^{(1)}, FnCt_{270}^{(2)})$

Интерполяционная функция $zFunc_{270}(v) := \text{interp}(fftFunc_{270}, FnCt_{270}^{(1)}, FnCt_{270}^{(2)}, v)$

Коэффициент произведения $Lx_{270} := 10c$

Массив результата БПФ $RZ_{270} := \text{FuncToFFT}(10, Lx_{270}, zFunc_{270})$

Частота колебаний при 270 градусов $Fr_{270} := \text{FindMaxFreq}(RZ_{270}, Lx_{270}) = 214.844 \text{ Гц}$



Анализ полученных результатов:

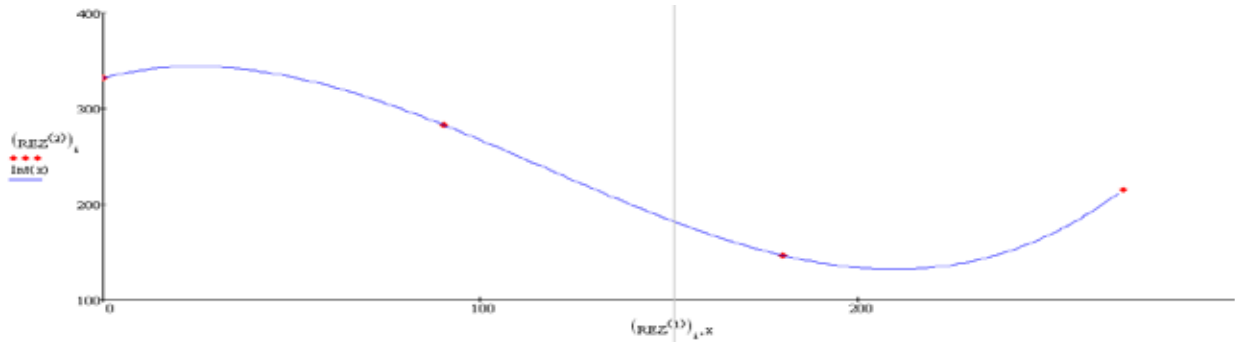
Массив углов замера Массив результирующих частот

$$REZ^{(1)} := \begin{pmatrix} 0 \\ 90 \\ 180 \\ 270 \end{pmatrix} \quad REZ^{(2)} := \begin{pmatrix} Fr_0 \\ Fr_{90} \\ Fr_{180} \\ Fr_{270} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 332.031 \\ 283.203 \\ 146.484 \\ 214.844 \end{pmatrix}$$

Массив сплайновых коэффициентов $Spl := cspline(REZ^{(1)}, REZ^{(2)})$

Интерполяционная функция $Int(v) := interp(Spl, REZ^{(1)}, REZ^{(2)}, v)$

, $x := 0 + 0.001.. 270$



Аналогичные математические описания проводились для бас барабана, малого среднего и напольного тома.

Сравнение полученных результатов

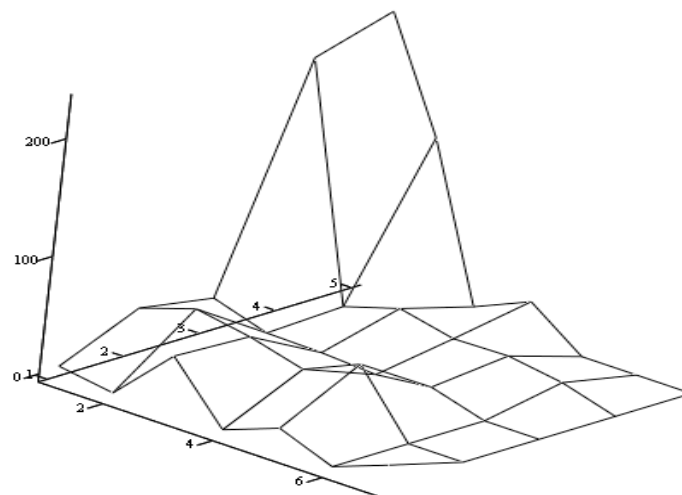
Программно полученный результат:

R, °	Бас барабан, Гц	Малый том, Гц	Средний том, Гц	Напольный том, Гц	Рабочий барабан, Гц
0	80	60	61	42	101
90	—	84	85	63	144
180	60	112	115	78	157
270	—	129	138	88	183
360	70	149	153	97	—
450	—	—	—	104	—
540	80	—	—	—	—

Математически полученный результат:

R, °	Бас барабан, Гц	Малый том, Гц	Средний том, Гц	Напольный том, Гц	Рабочий барабан, Гц
0	87	97	87	253	332
90	—	136	97	78	283
180	107	68	126	107	146
270	—	97	146	107	214
360	87	97	166	117	—
450	—	—	—	117	—
540	97	—	—	—	—

Разность измерений по каждому из барабанов можно отразить на графике погрешностей расчета:



В результате получены и изучены данные, которые, могут найти применение в разработке приложений и инструкций для музыкантов в определённой сфере. Получены основные погрешности измерений, что в дальнейшем поможет найти источники несоответствий в измерениях подобного рода и получена интерполяционная функция, описывающая в определённых диапазонах поведение объекта в зависимости от частоты, что можно считать упрощённой моделью данного объекта.

Литература:

1. Купинский, К. М. Школа игры на ударных инструментах/К. М. Купинский. — М.: Московская Типография №6, 1981. — 206 с.
2. Радзишевский, А. Ю. Основы аналогового и цифрового звука/А. Ю. Радзишевский. — М.: Вильямс, 2006. — 288 с.
3. Тихонов, А. Г. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем/В. И. Тихонов, В. Н. Харисов — М.: Радио и связь, 2004. — 608 с.

Система анализа двигательной активности

Бисов Алексей Анатольевич, магистрант;
Уваров Павел Викторович, магистрант
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

Проблема восстановления двигательной активности давно стоит перед медиками, занимающимися пациентами, перенесшими инсульт. Существуют методики по восстановлению двигательной активности конечностей человека, однако проблема анализа динамики развития и восстановление мелкой моторики человека остаётся и сейчас. В спектр проблемных зон входит подвижность кистей рук человека.

Адаптивные технологии на сегодняшний день отстают от общих технологий, что накладывает определённые ограничения на использование необходимых ресурсов людям с ОВЗ. Их разработка и внедрение зависят, главным образом от уровня научно-технического прогресса, доступность же для массового пользователя — от уровня цен на эти специальные технические средства.

Одним из способов развития и наблюдения динамики лечения подвижности пальцев рук человека является наблюдение с помощью перчатки, оборудованной несколькими датчиками изменения положения фаланг пальцев и самого кистевого сустава руки. Такой тренажер представляет собой программно-аппаратный комплекс для тренировки пациентов с двигательными ограничениями, проходящих курс реабилитации после инсульта или других нервно-мышечных состояний. Это реабилитационный тренажер, предназначенный для медицинских целей, таких как измерение, оценка и увеличение силы мышц и диапазона движения суставов, специально разработанный для предотвращения образования спаек и контрактур суставов, для улучшения диапазона движений пациентов и функциональных возможностей как конкретных конечностей, так и большого в целом. При разработке такой перчатки нужно учиты-

вать уровень излучения датчиков, если они не механические, и удобство использования людьми с ограниченной подвижностью.

Материал перчатки выбирается гипоаллергенный, тянущийся и нейтрального цвета. Таким образом обеспечивается удобство использования, возможность эксплуатации людьми с различными аллергиями. В качестве примера датчиков изменения положения пальцев можно использовать оптопару, соединённую оптоволоком (Рис. 1).

Оптопара (или оптрон) состоит из излучателя (светодиод) и фотоприемника (фотодиод или фототранзистор), объединённых в одном непрозрачном корпусе. Между ними включен оптический канал, передающий свет от излучателя к приемнику. Обозначение диодной оптопары приведено на рисунке 2. Выводы светодиода и фотодиода не соединены друг с другом, поэтому оптрон может служить хорошим элементом связи между электрическими и электронными устройствами. В оптопарах полностью отсутствует электрическая и магнитная связь между излучателем и приемником. При изменении угла изгиба оптоволокну уровень сигнала от источника сигнала изменяется и на приемнике сигнала можно измерить потери, что обеспечивает систему данными об изменении положения пальца.

Общим недостатком оптопар является нелинейность зависимости выходного сигнала от входного, обусловленная нелинейностью характеристик оптопар.

В качестве устройства обработки данных, в данной ситуации, подходят контроллеры фирмы AVR, семейства mega, в данном случае — AVR ATmega8 (рис 3)

Система команд микроконтроллеров AVR весьма развита и насчитывает в различных моделях от 90 до 133

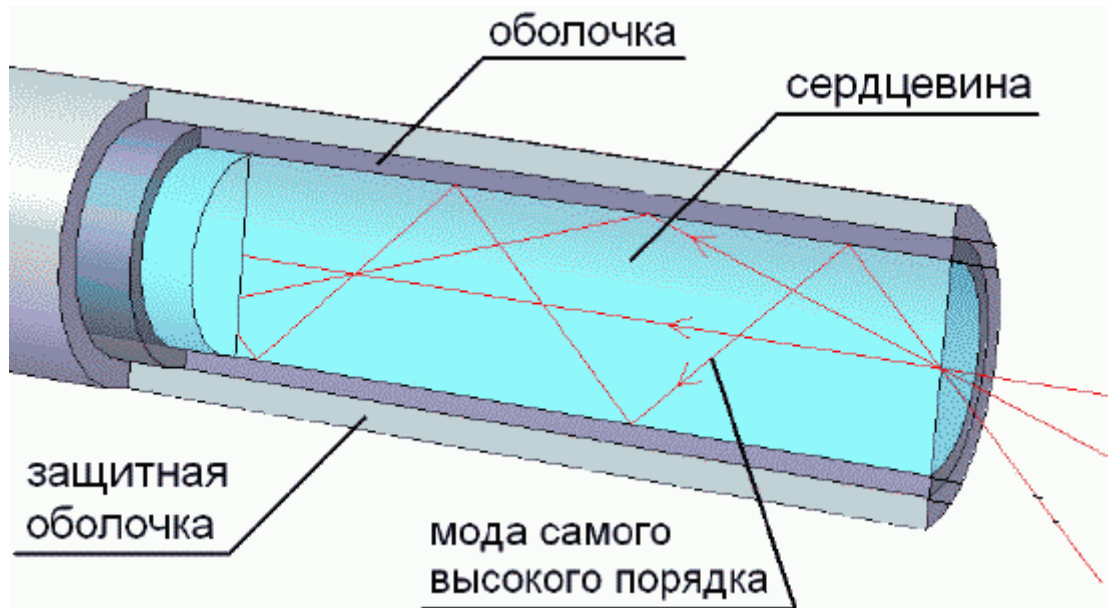


Рис. 1. Изображение оптического проводника

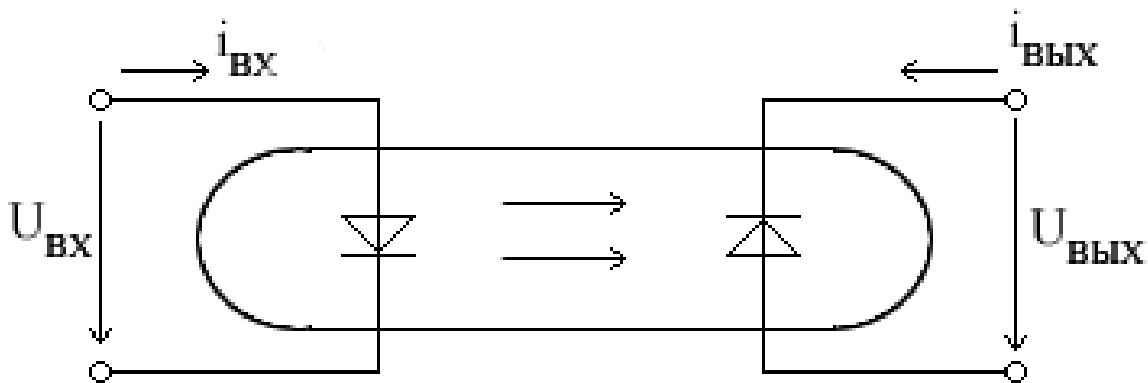


Рис. 2. Схема датчика изгиба пальца

различных инструкций. Большинство команд занимает только 1 ячейку памяти (16 бит). Большинство команд выполняется за 1 такт.

Всё множество команд микроконтроллеров AVR можно разбить на несколько групп:

- команды логических операций;
- команды арифметических операций и команды сдвига;
- команды операции с битами;
- команды пересылки данных;
- команды передачи управления;
- команды управления системой.

Управление периферийными устройствами осуществляется через адресное пространство данных. Для удобства существуют «сокращённые команды» IN/OUT.

Полученное устройство сбора данных интегрируется с персональным компьютером средствами универсальной

шины передачи данных — USB, что обеспечивает возможность работы системы используя портативные компьютеры, и проводить занятия в домашних условиях (Рис. 4).

На этапе интеграции устройства получения данных о двигательной активности пациента разрабатывается комплекс упражнений и развивающих игр для пациентов различной тяжести. Это могут быть игры и различные задачи. Можно сказать, что программно-аппаратный комплекс АДА (рис. 1) является неким посредником при взаимодействии пациента с программным комплексом восстановления умственной деятельности пациентов перенесших инсульт. Пользователю с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) необходимы специальные адаптивные технологии, которые в свою очередь одновременно являются и тренажерами, ускоряя тем самым восстановительный процесс после болезни.

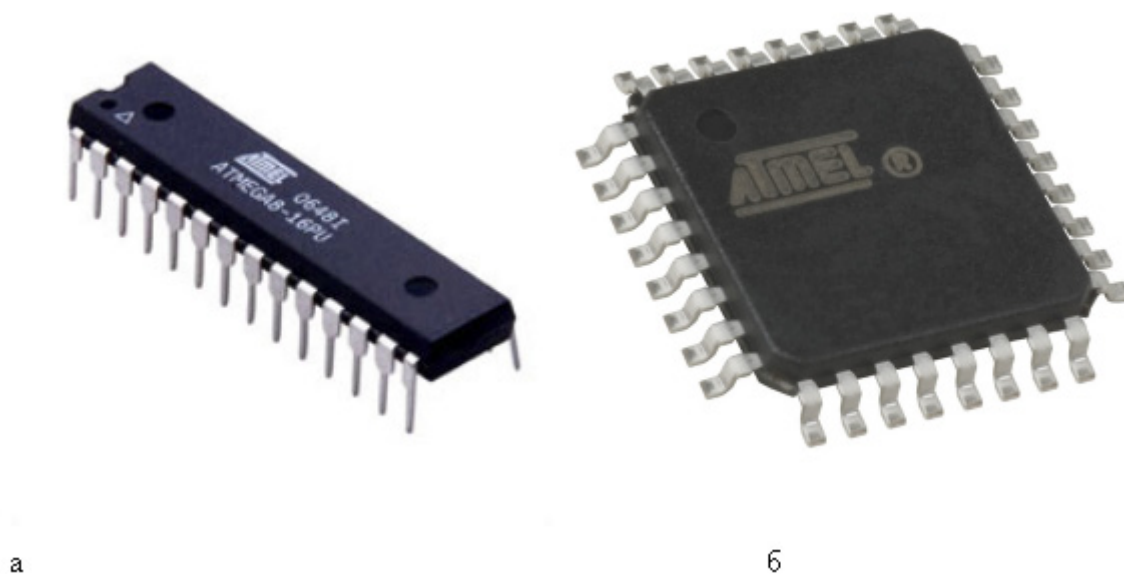


Рис. 3. AVR ATmega8, а) в корпусе PDIP28, б) в корпусе TQFP32



Рис. 4. Приблизительный вид системы анализа двигательной активности

Полученная система решает следующие задачи: были достигнуты следующие результаты: трансляция различных движений кисти в команды мыши и (или) клавиатуры; запись двигательной активности любых движений кисти и пальцев; построение графиков динамики изменений параметров воспроизведения движений для отдельных пациентов, что позволяет контролировать динамику выздоровления; определена математическая модель создающая основу для разработки ряда медицинских из-

делий, позволяющих исследовать кинематику любого вида двигательной активности человека.

Разрабатываемый комплекс нейрореабилитации может использоваться специалистами в областях: восстановительной медицины, нейропсихологии, вестибулологии, функциональной диагностики, терапии, а так же для самостоятельного применения больными перенесшими инсульт как элемент лечебно-физической культуры.

Таблица 1. Преимущества перед аналогами в стране и за рубежом

Технико-экономические показатели (наименование и единицы измерения)	Наименования аналогов инновационной продукции		Наименование инновационной продукции	В чем проявляются новые качества предлагаемого продукта по сравнению с аналогами.
	5DT	HandTutor™	АДА	
Назначение	Игровая индустрия.	ЛФК	ЛФК + восстановительная медицина + функциональная диагностика	В отличие от двух имеющихся зарубежных конкурентов наш продукт уникален тем, что он не является тривиальным манипулятором (продукты 5DT), а имеет гораздо больший потенциал по диагностике и восстановительной медицине
Комплектация	Сенсорная перчатка + драйвер	Сенсорная перчатка + драйвер + ПО ЛФК	Сенсорная перчатка + драйвер + ПО ЛФК + система анализа и контроля состояния больного + методические рекомендации	Для больных перенесших инсульт манипуляторы от компании 5 DT не предоставляют ценности в связи с отсутствием программного и методического обеспечения. Компания HandTutor™ предоставляет с купленной перчаткой небольшой набор инструментов для проведения ЛФК. Продукт нашей разработки уже сейчас может проанализировать состояние больного и на основании анализа выстроить программу реабилитации. Следить за динамикой больного и корректировать восстановительный курс реабилитации.
Функциональные возможности	Датчики на основе оптоволоконка.	Механические датчики	Механические и оптоволоконные датчики	Датчики 5 DT не позволяют отслеживать движения каждого фаланга пальца. Не могут оценить оказываемое силовое воздействие больным. Компания HandTutor™ применяет ряд дорогостоящих механических датчиков, но тем не менее точность их не приемлема к больным перенесшим инсульт. Предлагаемое нами изделие содержит большее количество оптоволоконных датчиков и в то же время необходимый набор механических датчиков для анализа силовых показателей больного.

Системы массового обслуживания: марковские процессы с дискретными состояниями

Будылина Евгения Александровна, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель
Московский государственный машиностроительный университет

Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, профессор;

Сухов Ярослав Игоревич, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Задача массового обслуживания заключается либо в формировании потока требований в систему, либо в обеспечении средствами обслуживания, либо в одновременном решении этих вопросов [1,2]. *Целью решения* этой общей задачи является минимизация суммарных затрат, связанных с ожиданием обслуживания требований и потерями от простаивающих средств обслуживания. *Предметом теории массового обслуживания* является построение математических моделей, связывающих заданные условия работы системы массового обслуживания (СМО) — число каналов, их производительность, характер потока заявок и т. п. — с показателями эффективности СМО (описывают способность справляться с потоком заявок). В качестве *показателей эффективности СМО* используются: *среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени; среднее число заявок в очереди; среднее время ожидания* обслуживания; *вероятность отказа при обслуживании без ожидания; вероятность превышения числа заявок в очереди заданного значения* и т. п.

Выделяются два основных класса СМО: *с отказами* и *с ожиданием* (очередью). В СМО с отказами заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, покидает СМО и в дальнейшем процессе обслуживания не участвует (например, заявка на телефонный разговор в момент, когда все каналы заняты, получает отказ и покидает СМО необслуженной). В СМО с ожиданием заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, становится в очередь на обслуживание.

СМО с ожиданием могут отличаться друг от друга организацией очереди: *с ограниченной или неограниченной длиной очереди, с ограниченным временем ожидания* и т. п.

Работу СМО можно рассматривать как случайный процесс. Если возможные события S_1, S_2, \dots, S_n этого процесса можно заранее перечислить, а переход системы из одного состояния в другое происходит мгновенно, то получим *процесс с дискретным состоянием*.

Если моменты возможных переходов системы из состояния в состояние случайны, а не фиксированы заранее, то такой процесс есть *процесс с непрерывным временем*.

Случайный процесс является *марковским* или случайным *процессом без последствий*, если для любого момента времени вероятностные характеристики процесса в будущем зависят только от его состояния в данный момент t и не зависят от того, когда и как система пришла в это состояние. Анализ работы СМО существенно упрощается, если она описывается как марковский процесс.

Ограничимся рассмотрением устройства, состоящего из двух узлов, каждый из которых может выйти из строя в случайный момент; вышедший узел ремонтируется; время ремонта — неопределенное. Здесь возможны следующие состояния системы: S_0 — оба узла исправны; S_1 — 1-й узел ремонтируется, 2-й работает; S_2 — 2-й ремонтируется, 1-й работает;

S_3 — оба узла ремонтируются (рис. 1).

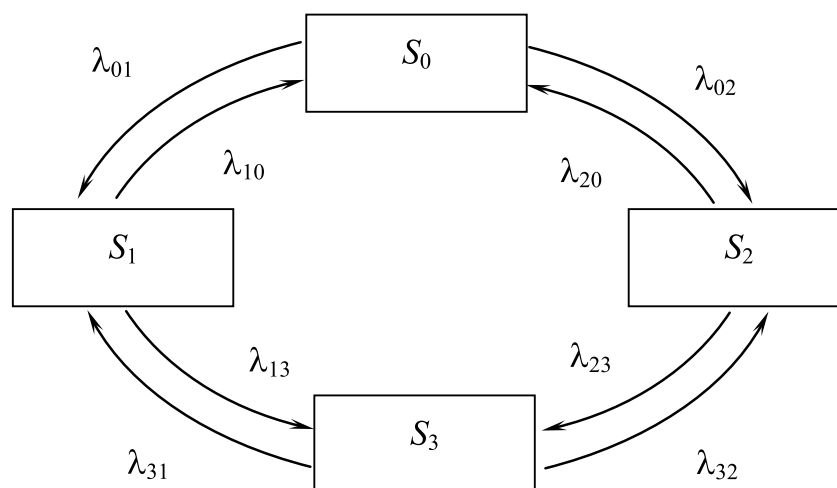


Рис. 1. Граф состояний системы

Переходы системы из состояния S_i в состояние S_j можно рассматривать как простейшие потоки с интенсивностями λ_{ij} ($i, j=0...3$). Так, переход системы из состояния S_0 в S_1 происходит под воздействием потока отказов 1-го узла, а переход из состояния S_1 в S_0 под воздействием потока «завершения ремонтов» 1-го узла. Назовем вероятностью i -го состояния вероятностью $P_i(t)$ того, что в момент t система находится в состоянии S_i . Для любого момента

t справедливо $\sum_{i=0}^3 P_i(t) = 1$. Рассмотрим систему в момент t . Зададим малый промежуток времени h и найдем вероят-

ность $P_0(t+h)$ того, что система в момент $t+h$ будет находиться в состоянии S_0 . Переход системы в состояние S_0 может осуществляться по-разному. Укажем возможные переходы.

1. Система в момент t с вероятностью $P_0(t)$ находилась в состоянии S_0 , а за время h не вышла из него. Из состояния S_0 систему можно вывести суммарным простейшим потоком с интенсивностью $(\lambda_{01} + \lambda_{02})h$, а вероятность противоположного события, что система не выйдет из состояния S_0 , равна $[1 - (\lambda_{01} + \lambda_{02})h]$. В рассматриваемом случае вероятность того, что система будет находиться в состоянии S_0 , по теореме умножения вероятностей будет равна $P_0(t)[1 - (\lambda_{01} + \lambda_{02})h]$.

2. Система в момент t с вероятностью $P_1(t)$ (или $P_2(t)$) находилась в состоянии S_1 (или S_2) и за время h перешла в состояние S_0 . Потоком с интенсивностью λ_{10} (или λ_{20}) система перейдет в состояние S_0 с вероятностью, приближенно равной $\lambda_{10}h$ (или $\lambda_{20}h$). Здесь вероятность того, что система будет находиться в состоянии S_0 , равна $P_1(t)\lambda_{10}h$ (или $P_2(t)\lambda_{20}h$).

По теореме сложения вероятностей:

$$P_0(t+h) = P_1(t)\lambda_{10}h + P_2(t)\lambda_{20}h + P_0(t)[1 - (\lambda_{01} + \lambda_{02})h];$$

$$\frac{P_0(t+h) - P_0(t)}{h} = P_1(t)\lambda_{10} + P_2(t)\lambda_{20} - (\lambda_{01} + \lambda_{02})P_0(t).$$

Переходя к пределу при $h \rightarrow 0$, получим $P_0'(t) = \lambda_{10}P_1 + \lambda_{20}P_2 - (\lambda_{01} + \lambda_{02})P_0$.

Аналогично определим вероятности $P_1'(t), P_2'(t), P_3'(t)$ для других состояний системы. В результате получим систему дифференциальных уравнений Колмогорова для вероятностей состояний P_i' , $i = \overline{0,3}$:

$$\begin{cases} P_0' = \lambda_{10}P_1 + \lambda_{20}P_2 - (\lambda_{01} + \lambda_{02})P_0; \\ P_1' = \lambda_{01}P_0 + \lambda_{31}P_3 - (\lambda_{10} + \lambda_{13})P_1; \\ P_2' = \lambda_{02}P_0 + \lambda_{32}P_3 - (\lambda_{20} + \lambda_{23})P_2; \\ P_3' = \lambda_{13}P_1 + \lambda_{23}P_2 - (\lambda_{31} + \lambda_{32})P_3. \end{cases}$$

Для простоты запоминания отметим, что в правой части каждого из уравнений стоит сумма произведений вероятностей всех состояний. На графе из них идут стрелки в данное состояние, на интенсивности соответствующих потоков, выводящих систему из данного состояния, умноженные на вероятности i -го состояния. В полученной системе уравнений независимых будет три. В качестве четвертого уравнения принимается очевидное равенство $\sum_{i=0}^3 P_i(t) = 1$.

Начальные условия имеют вид: $P_0(0) = 1; P_1(0) = P_2(0) = P_3(0) = 0$. Решив полученную задачу Коши, определим все вероятности состояний как функции времени.

Аналогичную картину получим для любых систем с конечным числом состояний.

В предположении возможности перехода системы из каждого состояния в любое другое можно определить вероятности $P_i(t)$ при $t \rightarrow \infty$ (предельные вероятности). Предельной вероятностью состояния S_i определяется среднее относительное время пребывания системы в состоянии S_i . Так как предельные вероятности постоянны, то для определения предельных вероятностей получим следующую систему линейных алгебраических уравнений, описывающую стационарный режим:

$$\begin{cases} (\lambda_{01} + \lambda_{02})P_0 = \lambda_{10}P_1 + \lambda_{20}P_2; \\ (\lambda_{10} + \lambda_{13})P_1 = \lambda_{01}P_0 + \lambda_{31}P_3; \\ (\lambda_{20} + \lambda_{23})P_2 = \lambda_{02}P_0 + \lambda_{32}P_3; \\ (\lambda_{31} + \lambda_{32})P_3 = \lambda_{13}P_1 + \lambda_{23}P_2. \end{cases}$$

Так, если предельные состояния системы S при $\lambda_{01}=1, \lambda_{02}=2, \lambda_{10}=2, \lambda_{13}=2, \lambda_{20}=3, \lambda_{23}=1, \lambda_{31}=3, \lambda_{32}=2$, то система уравнений, описывающая стационарный режим ($P'_i = 0; i = \overline{0,3}$), имеет вид:

$$\begin{cases} 3P_0 = 2P_1 + 3P_2; \\ 4P_1 = P_0 + 3P_3; \\ 4P_2 = 2P_0 + 2P_3; \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 = 1. \end{cases}$$

Решив ее, найдем: $P_0=0,40; P_1= 0,20; P_2=0,27; P_3=0,13$. Откуда следует, что в предельном стационарном режиме система будет находиться в состоянии S_0 –40 %, S_1 –20 %, S_2 –27 %, S_3 –13 % времени.

Рассмотрим далее упорядоченное множество состояний системы $S_0, S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$. Пусть переходы могут осуществляться из любого состояния S_k только в состояния с соседними номерами: S_{k-1} или S_{k+1} (рис.2).

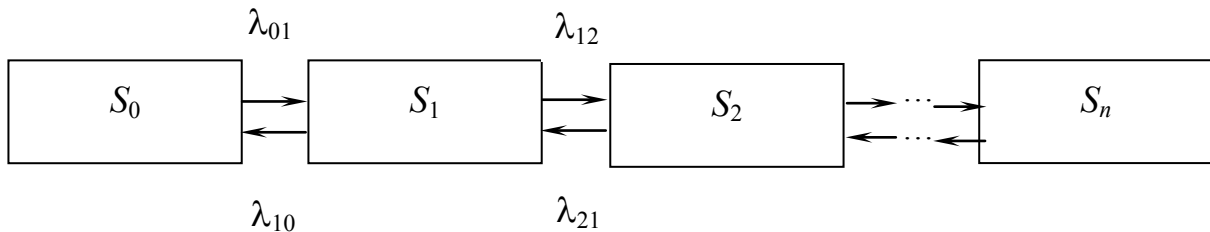


Рис. 2. Граф состояний

Пусть далее все потоки событий, соответствующие переходам системы по стрелкам графа, являются простейшими с интенсивностями $\lambda_{k,k+1}$ или $\lambda_{k+1,k}$. По графу составим алгебраические уравнения для предельных вероятностей. Для состояния S_1 справедливо: $\lambda_{01}P_0 = \lambda_{10}P_1$. Для S_2 : $(\lambda_{12} + \lambda_{10})P_1 = \lambda_{01}P_0 + \lambda_{21}P_2$. С учетом приведенного равенства для S_1 отсюда получим $\lambda_{12}P_1 = \lambda_{21}P_2$.

Аналогично определяются уравнения и для других состояний. Окончательно для определения предельных вероятностей $P_i, i = \overline{1, n}$ получим следующую систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \lambda_{01}P_0 = \lambda_{10}P_1; \\ \lambda_{12}P_1 = \lambda_{21}P_2; \\ \dots \\ \lambda_{k-1,k}P_{k-1} = \lambda_{k,k-1}P_k; \\ \dots \\ \lambda_{n-1,n}P_{n-1} = \lambda_{n,n-1}P_n. \end{cases}$$

Добавив к этой системе уравнение $P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1$ и решив ее, получим:

$$P_0 = \left(1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{21}\lambda_{10}} + \dots + \frac{\lambda_{n-1,n} \dots \lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{n,n-1} \dots \lambda_{21}\lambda_{10}} \right)^{-1}, \tag{1}$$

$$P_1 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}}P_0, P_2 = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{21}\lambda_{10}}P_0, \dots, P_n = \frac{\lambda_{n-1,n} \dots \lambda_{12}\lambda_{01}}{\lambda_{n,n-1} \dots \lambda_{21}\lambda_{10}}P_0.$$

В формулах для P_1, P_2, \dots, P_n коэффициенты при P_0 есть слагаемые, стоящие после 1 в формуле (1). Числители этих коэффициентов представляют собой произведения всех интенсивностей, стоящих у стрелок, ведущих слева направо до данного состояния S_k , а знаменатели — произведения всех интенсивностей, стоящих у стрелок, ведущих справа налево до состояния S_k .

Рассматриваемый подход эффективно использовался при анализе управляющих воздействий оператора транспортной эргатической системы как поток импульсов [3...5].

Литература:

1. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Домке Э. Р. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем. — Пенза: ПГУАС. — 2011. — 296 с.
2. Бudyлина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М. Декомпозиция динамических систем в приложениях/Региональная архитектура и строительство. — 2013. — №3. — с. 95–100.
3. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Петренко В. О. Проблема многокритериальности при управлении качеством сложных систем/Мир транспорта и технологических машин. №2 (41). 2013. — с. 123–130.
4. Бudyлина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Махонин А. С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях/Молодой учёный. — 2013. — №5. — с. 42–45.
5. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Домке Э. Р. Математическое моделирование управляющих воздействий оператора в эргатической системе/Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2011. — №2. — с. 18–23.

Определение несинусоидальности тока при работе распределительной электрической сети

Васильева Татьяна Николаевна, доктор технических наук, профессор;
Аронов Леонид Вячеславович, инженер
Рязанский государственный радиотехнический университет

Введение. Наиболее распространенными электроприемниками на предприятиях, в т. ч. сельскохозяйственных являются электродвигатели и осветительные установки. Кроме того распространены электротермические установки и вентильные преобразователи, преобразующие переменный ток в постоянный. Электродвигатели применяются, как правило трёхфазные, они создают высшие гармоники и колебания напряжения в момент пуска. Электротермические установки и вентильные преобразователи являются мощными нелинейными нагрузками, вносящими в сеть высшие гармоники, так например тиристорные преобразователи создают коэффициент несинусоидальности напряжения достигающий 30%. Электротермические установки изготавливаются, обычно, в однофазном исполнении, в результате чего появляется значительная несимметрия. Электросварочные агрегаты представляют собой однофазную нелинейную нагрузку, в процессе работы создающую сильные электромагнитные помехи.

Современная электрическая нагрузка жилого дома, квартиры, коттеджа и т. д. характеризуется широким спектром бытовых ЭП, которые можно разделить на несколько групп:

1. Пассивные потребители активной мощности:
 - 1.1 лампы накаливания;

- 1.2 нагревательные элементы утюгов, плит, обогревателей и др.

2. Электроприемники с асинхронными двигателями, работающими в трёхфазном режиме:

- 2.1 приводы лифтов;

- 2.2 насосы в системах водоснабжения и отопления.

3. Электроприемники с асинхронными двигателями, работающими в однофазном режиме:

- 3.1 Холодильники;

- 3.2 Стиральные машины.

4. Электроприемники с коллекторными двигателями:

- 4.1 Пылесосы;

- 4.2 Ручной электроинструмент.

5. Выпрямительные устройства;

6. Радиоэлектронная аппаратура;

7. Высокочастотные установки:

- 7.1 СВЧ-печи.

8. Осветительные приборы с нелинейными вольт-амперными характеристиками:

- 8.1 Люминесцентные лампы;

- 8.2 Компактные люминесцентные лампы (энергосберегающие лампы);

- 8.3 Светодиодные лампы.

Каждый отдельно взятый бытовой электроприемник воздействует на сеть незначительно, но их совокупность

оказывает существенное влияние на электрическую распределительную сеть.

Наиболее серьезным источником несинусоидальности являются вентильные преобразователи. Порядок генерируемых ими гармоник определяется по формуле

$$n = mk \pm 1$$

где m — число фаз выпрямления;

k — последовательный ряд натуральных чисел (0, 1, 2...).

От схемы выпрямления зависит, какие гармоники будут генерироваться в сеть: при 6-фазной схеме — до 19-го порядка; при 12-фазной схеме — до 25-го порядка включительно.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения в сетях с электродуговыми печами определяется в основном 2, 3, 4, 5, 7-й гармониками.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения установок дуговой и контактной сварки определяется в основном 5, 7, 11, 13-й гармониками. Токи 3-й и 5-й гармоник газоразрядных ламп составляют 10 и 3% от тока 1-й гармоники. Остальными гармониками для газоразрядных ламп можно пренебречь, [1].

Методика измерения. Для измерения показателей качества электрической энергии в рамках экспериментов по данной работе был использован однофазный анализатор качества электрической энергии CA 8220. Схема измерения с использованием данного прибора приведена на рис. 1.

В представленном случае производится измерение тока в фазе L1 и фазного напряжения между фазой L1 и нейтралью. В анализаторе качества электроэнергии CA8220 происходит сбор, анализ и обработка данных. Измеренные данные (в первую очередь, комплексный спектр тока и напряжения) в режиме реального времени передаются в переносной (стационарный) компьютер с помощью последовательного порта USB 2.0. Прилагаемое

программное обеспечение позволяет сохранить данные в виде электронных таблиц и использовать их для дальнейшего анализа либо непосредственно представлять в удобном виде, с использованием дополнительного программного обеспечения.

Достоинствами приведенной схемы являются:

1. Простота сборки;
2. Возможность ввода данных в персональный компьютер с последующей обработкой.

Недостатки:

1. Возможность одновременного измерения только одной фазы.

Анализатор качества электроэнергии CA8220 анализирует спектральный состав до 50-й гармоники включительно, однако путем дополнительной цифровой обработки сигнала можно получить данные более высоких гармониках.

Форма сигнала снимается на протяжении 1-го периода, т. е. на протяжении 20 мс (для частоты 50 Гц). В этот интервал укладывается 256 выборок. Учитывая это возможно посчитать частоту дискретизации сигнала сетевого напряжения:

$$f_D = \frac{(N-1)}{T_A} = \frac{(256-1)}{2 \cdot 10^{-2}} = 12800 \text{ Гц}$$

Из теоремы Котельникова следует, что верхняя частота анализируемого сигнала:

$$f_B \leq 0,5 \cdot f_D$$

т. е.

$$f_B \leq 6400 \text{ Гц}$$

Таким образом, справедливо утверждать, что постобработка снятой прибором CA8220 осциллограммы позволяет анализировать спектральный состав до 6400 Гц (128-я гармоника). Анализ осуществляется в любом па-

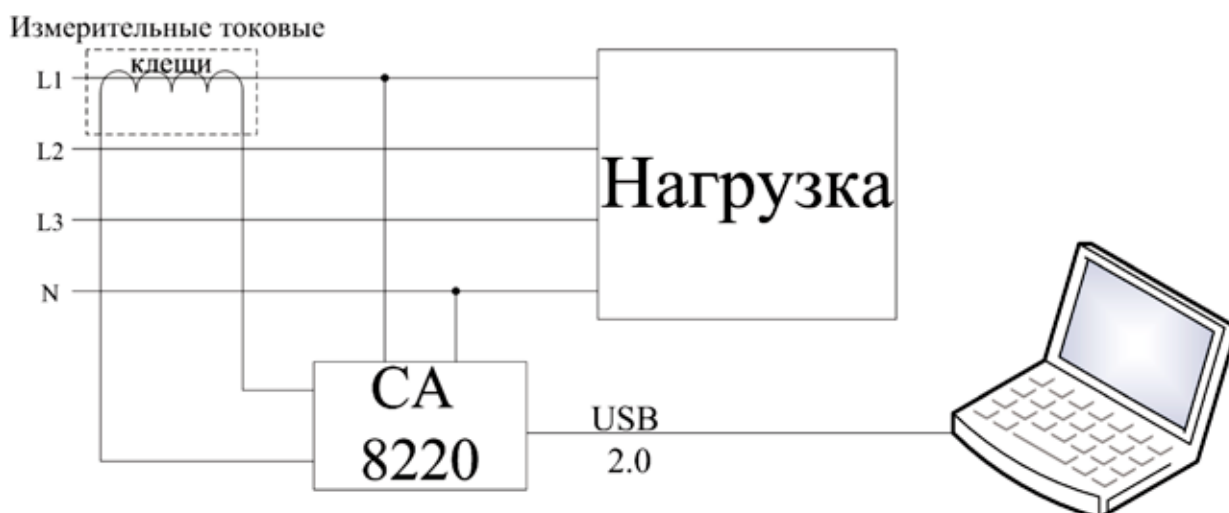


Рис. 1. Схема измерения показателей качества электрической энергии с помощью прибора CA 8220

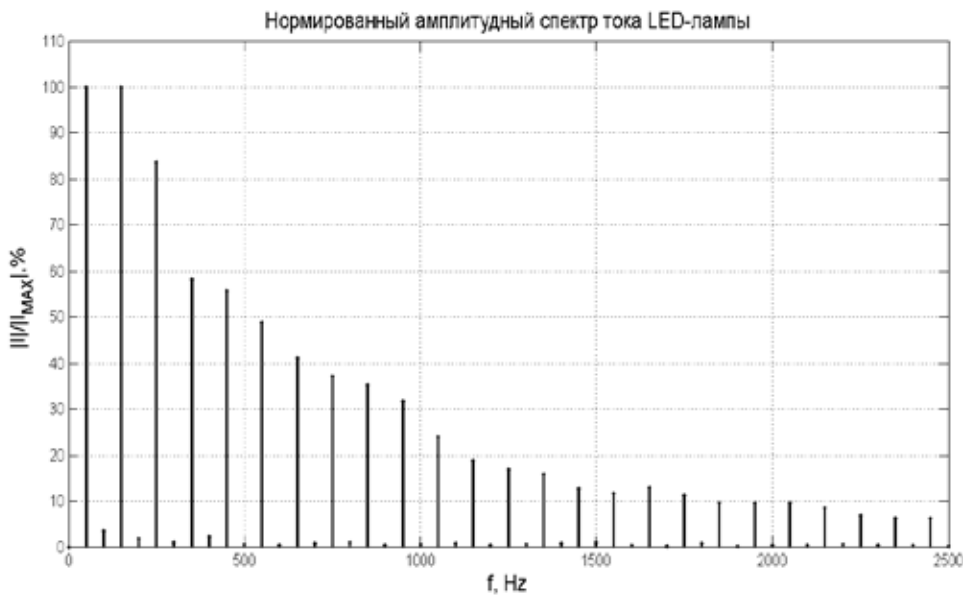


Рис. 2. Нормированный амплитудный спектр тока светодиодной лампы

жете прикладных программ реализующих дискретное преобразование Фурье (ДПФ) либо алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ).

Результаты измерений. На рис. 2. Показан нормированный амплитудный спектр тока LED-лампы мощностью 3 Вт.

Нормированный амплитудный спектр тока LED-лампы отличается крайне высоким уровнем высших гар-

моник. 3-я гармоника равна 100%, а 5-я — 85%. Все нечетные гармоники до 40-й включительно превышают уровень 10%.

Дополнительная возможность анализатора качества электрической энергии CA8220, возможность постобработки экспериментальных данных. На рис. 3. показаны осциллограмма тока светодиодной лампы и нормированный амплитудный спектр тока. Вычисление произведено

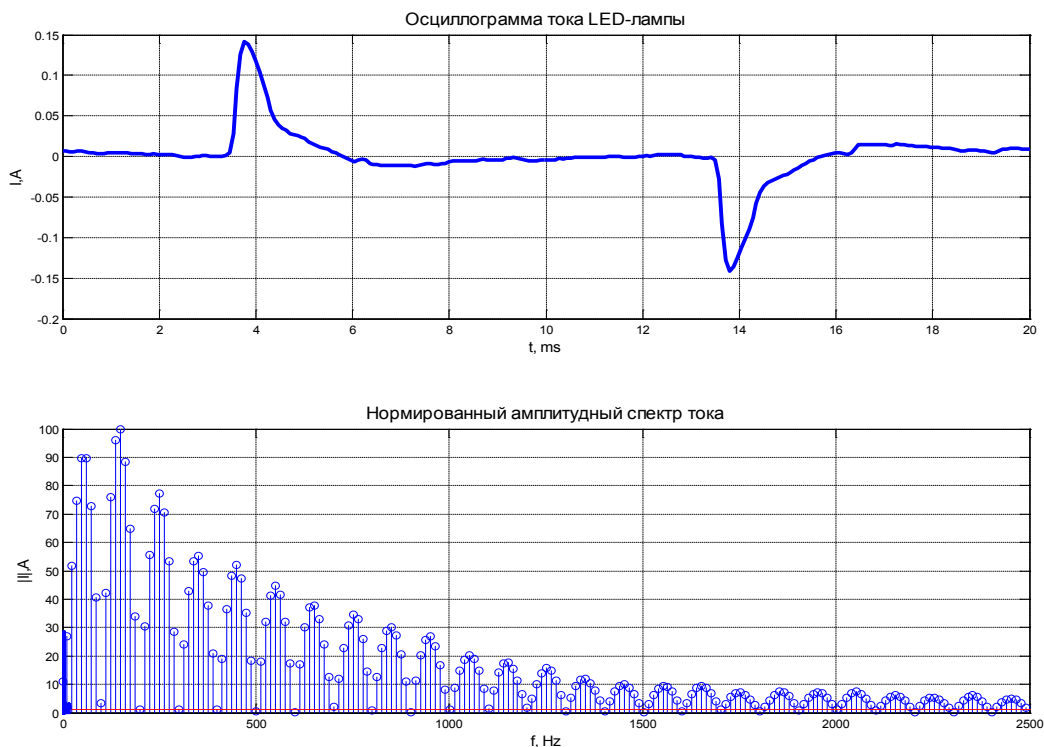


Рис. 3. Осциллограмма и нормированный амплитудный спектр тока светодиодной лампы

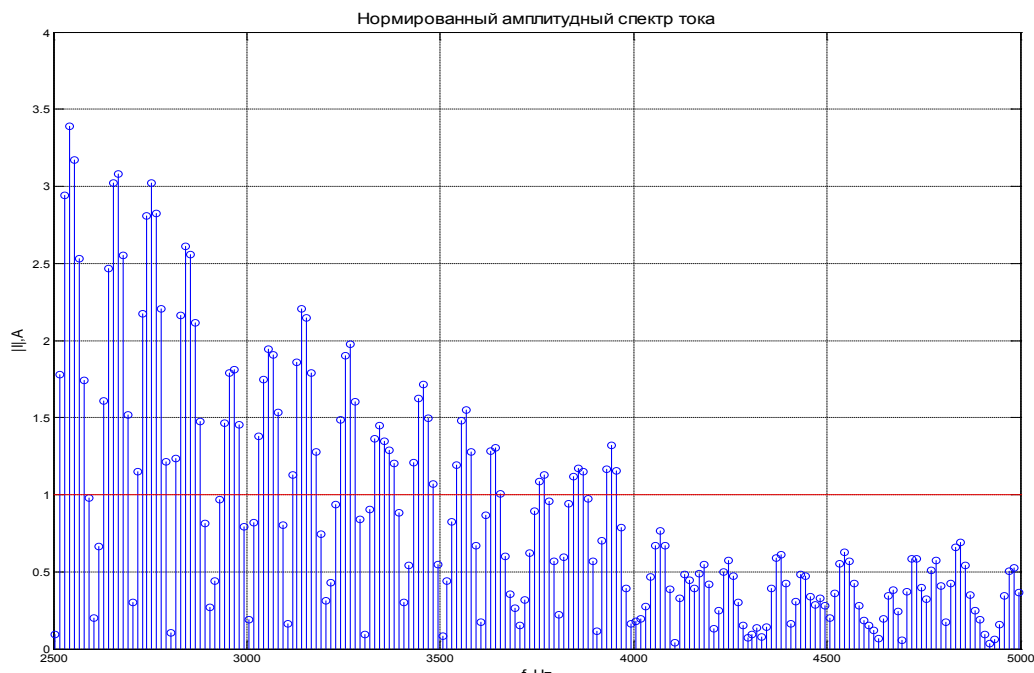


Рис. 4. Нормированный амплитудный спектр тока светодиодной лампы (частота 5–10 кГц)

по алгоритму быстрого преобразования Фурье (БПФ). Для обработки и представления данных использовался математический пакет Matlab, где алгоритм БПФ является встроенной функцией.

В результате, спектр полученный с помощью анализатора качества электрической энергии CA8220 и спектр рассчитанный в Matlab практически совпадают. Однако, постобработка в Matlab дает дополнительную возможность рассчитать спектральные составляющие свыше 2500 Гц (50-я гармоника), как было рассчитано ранее верхняя частота полученной осциллограммы составляет 6400 Гц, что соответствует 128-й гармонике. На рис. 4. Показан нормированный амплитудный спектр с гармо-

никами с 50-й по 100-ю (линией отмечен относительный уровень гармоник 1 %).

Выводы:

1. Анализатор качества электрической CA8220 обладает широкими функциональными возможностями и может быть рекомендован для измерения несинусоидальности в однофазных электрических распределительных цепях;
2. Возможности пакетов математических программ позволяют существенно расширить возможности измерителей качества электроэнергии.

Литература:

1. Суднова, В.В. Качество электрической энергии [Текст]/В.В. Суднова — М.: ЗАО Энергосервис, 2000—80 с.
2. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст]/И.С. Гоноровский — М.: Радио и связь, 1986 —512 с.
3. Ануфриев, И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7 (Наиболее полное руководство в подлиннике)[Текст]/И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова — Спб.: БХВ-Петербург, 2005. — 1104 с.

Оценка профессиональной компетентности водителей «маршрутных такси»

Гладышева Дарья Викторовна, магистрант
Волгоградский государственный технический университет

Используя статистические данные ГИБДД в Российской Федерации за 2013 г. рассмотрена необходимость учета психофизиологических особенностей водителя при проведении профессионального подбора и отбора, а также мероприятий с использованием поощрительных механизмов за безаварийную работу, т.к. принимаемые в настоящее время меры не в должной мере способствуют повышению уровня безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: водитель, безопасность дорожного движения, психофизиологические особенности водителя, маршрутные такси.

В перевозочном процессе большая степень ответственности за безопасность движения относится к водителю. По статистическим данным ГИБДД в 2013 году в РФ совершено 204000 ДТП, что на 0,2% больше, чем в 2012 году. Кроме того, изменение законодательства повлияло на количество ДТП, где водители скрылись с места происшествия. Таких ДТП в 2013 году произошло 9761, что на 18,3% больше, чем годом ранее. Ужесточаются законы, принимаются программы, направленные на обеспечение безопасности дорожного движения, но каждый год в России десятки тысяч получают травмы различной тяжести, погибает порядка 30 тыс. человек:

в 2013—27000 человек;

в 2012—27991 человек;

По тем же статистическим данным по вине водителей совершается около 87% ДТП (так в 2013 году произошло 179017 ДТП, что на 0,9% больше, чем в 2012-м) [1].

В условиях крупного города работа водителя требует высокой квалификации специалиста. Так, например, оценим работу водителей «маршрутных такси». Автомобили для маршрутного такси — это в основном, автомобили Горьковского автозавода. Если проверить техническое состояние всех автомобилей, работающих на маршрутах городов, то найдется множество технических неисправностей, при которых эксплуатация отдельных автомобилей должна быть запрещена. Для населения маршрутные такси удобны тем, что останавливаются по требованию. Несмотря на эти преимущества, связанные с повышением мобильности для населения, имеет место очевидный недостаток безопасности. Такие транспортные средства в «часы пик» перегружены пассажирами. Водители, в отдельных случаях превышают допустимый скоростной режим, ведут себя на дороге агрессивно; им не хватает уважения к другим участникам дорожного движения. У водителей маршрутных такси отмечается более активный рост утомляемости. Это объясняется рядом особенностей его работы:

1. Водитель маршрутки должен знать тарифы и выполнять обязанности кондуктора (прием денег, денежные расчеты). Кроме того, несмотря на имеющуюся информацию о тарифах в салоне, он по просьбе пассажиров до-

полнительно информирует о стоимости проезда до определенной остановки.

2. Повышенный шум в салоне (разговоры по мобильным телефонам, разговоры между пассажирами и т.п.)

3. Остановки по требованию пассажиров, а не по установленным остановкам данного маршрута.

4. При возникновении неисправности или поломки, водителю приходится оценивать в срочном порядке ситуацию и предпринимать соответствующие меры, например, осуществлять мелкий ремонт, если это потребовалось, когда он находился на «маршруте»

5. «Пробки» на дорогах

Кроме того, в отдельных случаях, несмотря на предупреждающую информацию, имеющуюся в салоне «заранее и громко называть остановки», возникают конфликты между клиентом и водителем, которые приводят к дополнительным остановкам транспорта.

Выполнение данных операций параллельно с управлением транспортным средством приводит к тому, что:

— водители менее эффективно выполняют торможение;

— увеличивается время реакции;

— ошибочная оценка дорожной обстановки, в том числе и состояния дорог.

Все перечисленные ситуации влияют на психическое состояние водителя в данный момент, что приводит к росту вероятности возникновения ДТП.

Ошибочные действия водителя транспортного средства могут быть зафиксированы несколько раз в смену из-за сложной обстановки на дороге, неопределенности поступающей к нему информации, т.к. он не может предвидеть поведение других участников движения, изменения дорожной обстановки. Необходимо учитывать и такие факторы как:

— высокая температура летом, в том числе и духота, холод — зимой;

— шум и вибрации;

— состояние дорог, часто несоответствующие безопасному движению ТС;

— возможные такие явления, как туман, снег;

— неработающие дождевые канализации.

Все перечисленные факторы создают предпосылки для совершения ошибок в сложной дорожно-транспортной ситуации, затрудняют процесс восприятия и переработки информации. Кроме того, водитель маршрутных такси работает в отрыве от своего трудового коллектива, т.е. он должен самостоятельно принять необходимое решение в данной дорожной ситуации, а это также влияет на психическое состояние водителя.

Водителю, осуществляющему перевозки людей, необходимо длительное время сохранять оптимальное психическое состояние, что позволит своевременно реагировать на дорожную ситуацию и выбирать правильное решение, а иногда и единственно правильное решение

При приеме на работу водителя маршрутного такси допускаются водители, имеющие водительское удостоверение на управление транспортными средствами категории «D» и возраст не менее 21 года, стаж управления автомобилем или стаж работы в качестве водителя не менее трёх лет. Лицо, принимающее водителя на работу, чаще всего действует по интуиции. Таким образом, при приеме на работу не учитываются качества важные для надежного вождения. Практика показывает, что за рулем нередко оказываются лица, которые по тем или иным причинам не могут обеспечить безопасность движения. Также следует отметить, что отсутствует взаимосвязь между результатами расследования ДТП и компетентностью водителей из-за отсутствия методики психофизиологического анализа причин аварий.

При приеме на работу водителей желательнее знать: имелись ли прогулы и другие нарушения трудовой дисциплины; факты отстранения от работы при предрейсовых осмотрах из-за нетрезвого состояния. Данные социальные показания определяют включение водителей в «группу повышенного риска аварийности».

Психофизиологический отбор — выявляет лиц, психологические особенности которых не соответствуют требованиям водительской профессии. Большинство ученых считают, что водителей можно разбить на 3 группы: предрасположенные или склонные к ДТП, нейтральные или индифферентные водители, безопасные или надежные водители.

При оценке профессиональной компетенции водителей рекомендуется выявить способность к переключаемости, длительности концентрированного внимания, а также время реакции, точность. В особенности предлагается проведение психофизиологических тестов при отборе новых водителей. Так, тест «Реакция на движущий объект» служит для оценки точности движений, динамического глазомера и уравновешенности основных нервных процессов; корректурный тест Ландольта позволяет определить скорость восприятия и переработки информации. Наличие четких структурированных требований к психофизиологическим качествам водителя позволит усовершенствовать процесс оценки профессиональной пригодности водителя.

В соответствии с Правилами дорожного движения РФ водителю запрещается: пользоваться во время движения

телефоном, не оборудованным техническим устройством, позволяющим вести переговоры без использования рук [2]. Но данное правило водителями часто нарушается. Водителям необходимо целенаправленно объяснять, как совмещенность действий влияет на такие психофизиологические характеристики, как внимание, скорость реакции, точность действий. По результатам проведенного учеными эксперимента, водители, отвлекающиеся во время управления автомобилем на разговоры по мобильному телефону, реагируют на дорожную ситуацию с той же скоростью, что и водители с легкой степенью опьянения. Проведенные исследования показали, что когда водитель отводит взгляд от дороги на экран мобильного устройства при скорости движения 60 километров в час он проезжает «вслепую» 65 метров. Соответственно, чем выше скорость, тем больше такие «слепые» участки. Американская статистика показывает, что водители, пользующиеся сотовыми телефонами, в четыре раза чаще попадают в аварии, результатом которых становятся тяжелые травмы [3].

Количество ДТП по вине водителей можно уменьшить, если наконец-то начать учитывать психофизиологические особенности водителей, а для этого периодически проводить психофизиологические экспертизы среди водителей. Открытие психофизиологических классов по оценке состояния водителей, в которых они будут учиться концентрировать внимание, овладевать другими приемами биоуправления, позволит в дальнейшем водителю маршрутных такси и другого общественного транспорта длительно сохранять психофизиологическое состояние и соответственно наиболее качественно и быстро воспринимать информацию. В настоящее время, с целью определения наличия алкоголя и других психотропных веществ в выдыхаемом воздухе, используя определенные методы, проводятся предрейсовые медицинские осмотры. В обязательном порядке контролируют артериальное давление и пульс. Но в настоящее время, ни в одной организации водителей не проверяют на предмет тремора и усталости, хотя данные факторы зачастую становятся основными причинами аварий. При таких условиях работа водителя становится одним из наиболее сложных видов человеческой деятельности. Кроме того, если проводить ежедневный предрейсовый контроль времени реакции у водителя, то водитель ежедневно перед рейсом будет знать текущее (на данное время) время реакции, и он сам может себе дать рекомендации по наиболее безопасному вождению. Данный параметр, в процессе будет восприниматься также естественно, как и замер пульса, и артериального давления.

У водителей маршрутных такси должен быть полноценный отдых. Надеяться, что будут осуществляться профилактические мероприятия руководством фирм, осуществляющие коммерческие перевозки пассажиров не приходится, так как ими рассматривается приоритет бизнес — задач над безопасностью. В этом случае должны быть определены мероприятия, которые будут способ-

ствовать укреплению здоровья, в том числе и психического состояния водителей. Должны работать программы, которые позволят исключить текучесть кадров, повысить квалификацию водителей и в то же время позволят почувствовать водителю преимущество его работы, т.к. исход аварийной ситуации в подавляющем большинстве случаев зависит от действий водителя.

С целью уменьшения количества ДТП с участием маршрутных такси, необходимо со всей ответственностью отнестись к системе управления пассажирскими перевозками и оценке профессиональной компетенции во-

дителей. Обеспечить безопасность дорожного движения необходимо не только мерами, ужесточившими наказание за нарушение правил дорожного движения, но и использованием механизмов, поощрявших хорошую работу и повышающих престижность профессии «водитель», которая относится к опасным профессиям, а также помогающих восстановить работоспособность, надежность водителя, учет психофизиологических особенностей водителя при оценке его профессиональной пригодности позволит снизить вероятность возникновения ДТП по вине водителя.

Литература:

1. Статистические сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения за 2013 г. www.gibdd.ru/stat
2. Правила дорожного движения Российской Федерации. — М.: ЭКСМО, 2013.
3. Журнал «За рулем» № 11, 2011 статья Рассеянное вождение — офф-лайн <http://www.zr.ru>

Определение собственных частот виброгасителей для нефтепромыслового оборудования

Ершов Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук, доцент
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

По мере выработки ресурса основного перекачивающего нефтепромыслового оборудования уровень его вибрации постепенно возрастает. Это может происходить из-за старения отдельных его узлов и деталей, а также вследствие внешних факторов, таких как гидродинамическая нестационарность перекачиваемого потока, пуск и остановка агрегата, сейсмической активности местности и т.д.

Вибрация и удары играют важную роль в современной технике, в частности при работе нефтепромыслового оборудования. Для защиты нефтепромыслового оборудования от вредной вибрации и ударов применяются пассивные системы, как наиболее простые и экономически оправданные. Но существующие пассивные виброгасители, предназначенные для защиты от вибрации, не обеспечивают защиты оборудования от ударов с большой энергией. В то же время при защите от ударов должно обеспечиваться плавное снижение величины ударного импульса до безопасных пределов, а также возврат объекта защиты в исходное положение при требуемом уровне демпфирования [1, 2].

Одной из основных характеристик виброгасителя с линейными упругими элементами является частота его свободных колебаний. Чем она меньше, тем шире диапазон частот возмущающей силы, при котором работа виброгасителя будет эффективна.

В настоящее время для вибрационной защиты нефтепромыслового оборудования, кроме пассивных виброга-

сителей используются специальные виброгасители, спроектированные с учетом законов динамики.

Рассмотрим двухмассовую систему с двумя степенями свободы (рис. 1).

Массы m_1 и m_2 совершают колебательное движение вдоль оси x под действием сил $F_1 \sin \omega t$ и $F_2 \sin \omega t$ и имеют упругие связи c_1 и c_2 . Нагрузками сопротивления и трением в опорах пренебрегаем.

Уравнения движения для масс m_1 и m_2 :

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= \sum F_{i1} = F_1 \sin \omega t - c_1 x_1 + c_2 (x_2 - x_1); \\ m_2 \ddot{x}_2 &= \sum F_{i2} = F_2 \sin \omega t - c_2 (x_2 - x_1) \end{aligned} \quad (1)$$

или

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 - c_2 (x_2 - x_1) &= F_1 \sin \omega t; \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_2 (x_2 - x_1) &= F_2 \sin \omega t \end{aligned} \quad (2)$$

Приняв частные решения в виде:

$$\begin{aligned} x_1 &= A_1 \sin \omega t \\ x_2 &= A_2 \sin \omega t \end{aligned} \quad (3)$$

получим:

$$\begin{aligned} -m_1 A_1 \omega^2 + c_1 A_1 - c_2 (A_2 - A_1) &= F_1; \\ -m_2 A_2 \omega^2 + c_2 (A_2 - A_1) &= F_2 \end{aligned} \quad (4)$$

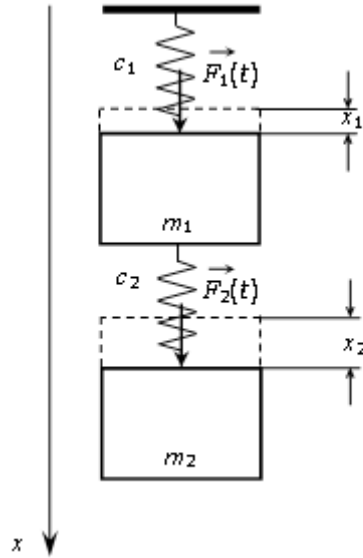


Рис. 1. Двухмассовая система с двумя степенями свободы

Решая эту систему относительно амплитуд A_1 и A_2 , получаем:

$$A_1 = \frac{F_1(c_2 - m_2\omega^2) + F_2c_2}{(c_1 + c_2 + m_1\omega^2)(c_2 - m_2\omega^2) - c_2^2};$$

$$A_2 = \frac{F_1c_2 + F_2(c_1 + c_2 - m_1\omega^2)}{(c_1 + c_2 + m_1\omega^2) \cdot (c_2 - m_2\omega^2) - c_2^2} \quad (5)$$

При резонансе, когда частота возбуждения ω совпадает с любой из двух собственных частот ω_{01} или ω_{02} , значение любой из двух амплитуд A_1 или A_2 стремится к бесконечности, что возможно при значении общего знаменателя выражения (5) равном нулю.

$$(c_1 + c_2 - m_1\omega^2)(c_2 - m_2\omega^2) - c_2^2 = 0, \quad (6)$$

если заменить ω на ω_0 , можно вывести уравнение для частоты собственных колебаний:

$$\omega_0^4 - \left(\frac{c_1 + c_2}{m_1} + \frac{c_2}{m_2} \right) \omega_0^2 + \frac{c_1c_2}{m_1m_2} = 0. \quad (7)$$

Уравнение два вещественных положительных решения.

Система (5) при $\omega = 0$ дает значения статического отклонения масс m_1 и m_2 при воздействии сил F_1 и F_2 :

$$A_1 = \frac{F_1 + F_2}{c_1}$$

$$A_2 = \frac{F_1 + F_2}{c_1} + \frac{F_2}{c_2} \quad (8)$$

Система (5) при $\omega = 0$ и $F_2 = 0$ имеет вид:

$$A_1 = \frac{F_1(c_2 - m_2\omega^2)}{(c_1 + c_2 - m_1\omega^2)(c_2 - m_2\omega^2) - c_2^2};$$

$$A_2 = \frac{F_1c_2}{(c_1 + c_2 - m_1\omega^2) \cdot (c_2 - m_2\omega^2) - c_2^2} \quad (9)$$

Для исключения амплитуды колебаний первой массы $A_1 = 0$ необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$c_2 - m_2\omega^2 = 0 \quad (10)$$

При этом получается:

$$A_1 = 0$$

$$A_2 = -\frac{F_1}{c_2} \quad (11)$$

Таким образом, возможно, чтобы при приложении силы к первой массе ($F_2 = 0$) она оставалась неподвижной ($A_1 = 0$). Этот эффект называется эффектом антирезонанса, который положен в основу устройства динамических виброгасителей.

Рассмотрим принцип конструирования динамического виброгасителя. Пусть имеется какое-либо устройство, которое может быть представлено в виде сосредоточенной массы m_1 , которое испытывает воздействие внешней периодической возмущающей силы $F\sin\omega t$ (рис. 2, а). Для гашения колебаний массы m_1 необходимо присоединить к ней дополнительную массу m_2 на упругой связи c_2 , подчинив параметры дополнительной системы условию (10). Тогда колебания основной массы m_1 , исчезнут, а дополнительная масса m_2 будет колебаться с амплитудой $A_2 = \frac{F}{c_2}$, играя роль виброгасителя для основной

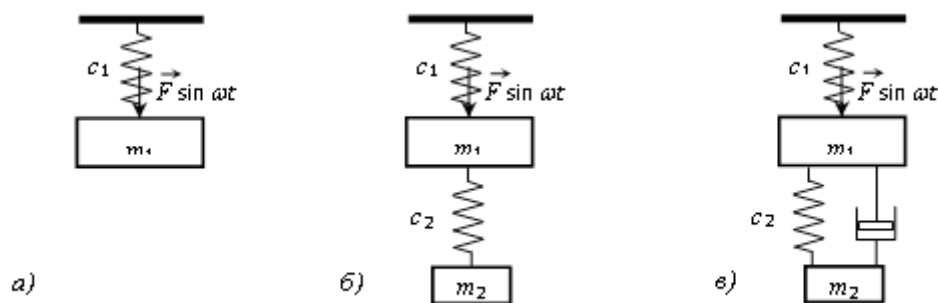


Рис. 2. Принцип конструирования динамического виброгасителя

массы (рис. 2, б). Для исключения возможности возникновения значительных амплитуд колебаний дополнительной массы, в систему виброгасителя вводится демпфирующий элемент параллельно упругой связи (рис. 2, в).

В энергетической и нефтехимической промышленности широко распространены несколько типов устройств защиты нефтепромыслового оборудования от вибрации: механические и гидравлические амортизаторы, аксиальные высоковязкие демпферы, упруго-пластичные амортизаторы, демпферы трения, ограничители перемещений, магнитно-жидкостные амортизаторы, динамические виброгасители, высоковязкие демпферы.

Общие требования для демпфирующих элементов нефтепромыслового оборудования заключаются в следующем:

- способность демпфирования любых видов динамического воздействия (вибрация, удары, сейсмическая активность и т. д.);
- продолжительный срок службы без ремонта и обслуживания;

Литература:

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В. Н. Челомей (пред). — М.: Машиностроение, 1981. — Т. 6. Защита от вибрации и ударов. 1981. — 456 с.
2. Вейц, В. Л., Коловский М. З., Кочура А. Е. Динамика управляемых машинных агрегатов. — М.: Наука, 1984. — 351 с.

- устойчивость к тепловому и радиационному воздействию, агрессивным средам;
- взрыво- и пожаробезопасность;
- незначительная сила реакции, действующая на оборудование при тепловых расширениях;
- отсутствие запаздывания срабатывания при динамической нагрузке;
- возможность регулирования характеристик;
- низкая стоимость изготовления и эксплуатации.

В настоящее время амортизаторы, аксиальные высоковязкие демпферы, ограничители перемещений и высоковязкие демпфирующие элементы наиболее широко применяются по сравнению с другими устройствами.

Задача определения собственных частот виброгасителей колебаний является обязательным и важнейшим этапом динамического анализа оборудования. На основе полученных собственных частот виброгасителя с учетом характеристик возмущающих сил выявляются резонансные режимы работы агрегатов нефтепромыслового оборудования, устанавливается необходимость учета нелинейных свойств виброгасителя.

Методы снижения оксидов азота в продуктах сгорания твердого топлива

Жолбарысов Исахан Амантаевич, магистрант;
 Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент;
 Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук;
 Золотов Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент
 Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

В данной статье рассматривается зависимость выбросов NO_x от способа сжигания топлива. Произведен сравнительный анализ работы котлов при сжигании в кипящем слое и при обычном слоевом сжигании (с неподвижной колосниковой решеткой) твердого топлива.

Ключевые слова: топливо, уголь, кипящий слой, слоевая топка, оксиды азота.

В современном мире большое внимание уделяется состоянию окружающей среды и её защите. Одним из важных факторов, влияющих на окружающую среду, является качество атмосферного воздуха. [1, с. 3].

Для Республики Казахстан проблемы загрязнения атмосферного воздуха были и остаются актуальными. Выбросы в атмосферу вредных веществ от стационарных источников составляют порядка 2,4 млн. тонн/год (таблица 1), транспортные выбросы превышают 1 млн. тонн/год. Сегодня порядка 5 млн. жителей Казахстана проживают в условиях загрязненного атмосферного воздуха, при этом не менее 2 млн. — в условиях крайне высокого уровня загрязнения. Кроме того, особенности планировки населенных пунктов, связанные в первую очередь с тем, что многие города и поселки формирова-

лись как спутники крупных промышленных объектов, часто приводят к неизбежному загрязнению атмосферы городов промышленными выбросами [2]. В городе Семей Восточно-Казахстанской области объем промышленных выбросов в атмосферу увеличивается за счет выбросов котельных ГКП «Теплокоммунаэнерго», ТЭЦ–1, ТОО «Силикат». Существенный вклад в увеличение объемов выбросов вносит использование угля Каражыринского месторождения. По данным отдела Статистики [3] состояние среднемесячной концентрации оксида азота за 2013 г. по городу Семей представлено на рисунке 1. Среди загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с антропогенными выбросами от промышленности, электростанций, оксиды азота относятся к наиболее опасным. Они образуются в процессе сгорания органического топ-

Таблица 1. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников

№	Регион	2013 год, тыс. тонн
1	Акмолинская область	136,89
2	Актюбинская область	123,89
3	Алматинская область	133,06
4	Атырауская область	64,33
5	Западно-Казахстанская область	140,05
6	Жамбылская область	40,68
7	Карагандинская область	62,13
8	Костанайская область	641,4
9	Кызылординская область	31,12
10	Мангистауская область	100,55
11	Южно-Казахстанская область	64,15
12	Павлодарская область	675,93
13	Северо-Казахстанская область	75,71
14	Восточно-Казахстанская область	48,56
15	г. Астана	64,88
16	г. Алматы	12,08

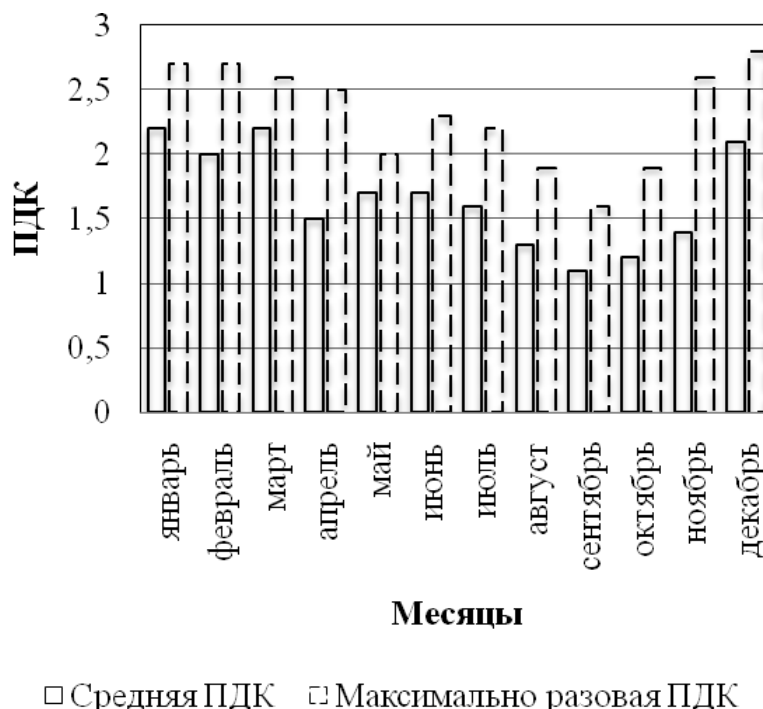


Рис. 1. Среднемесячная концентрация оксида азота за 2013 г. в городе Семей, ВКО

лива при высоких температурах в виде оксидов азота (NO_x), которые трансформируются в диоксид азота NO_2 [4].

Основными источниками выбросов на ТЭЦ–1 являются пять дымовых труб: три дымовых трубы высотой 30 м от трех котлов ЛМЗ–40; одна труба высотой 30 м от двух котлов ТП–35У и одна труба, имеющая высоту 78 м, является источником выброса от котла БКЗ–75–39ФБ. В целом на ТЭЦ–1 имеется 11 организованных и 12 неорганизованных источников загрязнения атмосферы.

Целью данной работы является сравнительный анализ содержания оксидов азота в продуктах сгорания котлов на твердом топливе при слоевом сжигании и сжигании в кипящем слое.

На Семипалатинской ТЭЦ–1 используется каменный уголь разреза Каражыра, который в основном сжигается слоевым способом.

Слоевой способ сжигания твердого топлива, как правило, применяется для сжигания крупнофракционного и кускового топлива, находящегося на колосниковой решетке, сквозь слой которого продувается воздух. Широко применяется в котлах малой и средней мощности. Он обеспечивает высокую стабильность горения в широком диапазоне форсировок от 150 до 350 кВт/м³. Вместе с тем, данный способ сжигания имеет известные недостатки:

- низкая надежность оборудования (колосникового полотна, забрасывателей).

- обеспечение проектной эффективности сжигания только при работе на сортированном угле фракции (62÷4) мм.

Плотный слой мелких частиц плохо продувается воздухом, поэтому процесс горения приобретает «кра-

терный» характер. Мелкие частицы уносятся с газами, а уголь, расположенный между кратерами, практически не сгорает и удаляется со шлаком. Доля несгоревшего топлива (механический недожог) при этом доходит до (30÷40) % [5].

Для уменьшения выбросов оксидов рассматривается технология сжигания топлива в кипящем слое. Технология сжигания угля в кипящем слое — это технология, обеспечивающая интенсивное горение практически любых видов твердого топлива над решеткой в кипящем слое (псевдоожиженное состояние).

Применение этой технологии позволяет обеспечить эффективное сжигание твердых топлив, которые не удается сжигать в обычных топках, существенно уменьшить выбросы оксидов азота, полностью механизировать и автоматизировать отопительные и паровые котельные на твердом топливе, получить золу и шлак, почти не содержащие горючих частиц, которые можно использовать в качестве строительного материала [6, с. 59–62, 7, с. 41–43].

Экспериментальные исследования проводились при различных значениях производительности котельных агрегатов. Результаты исследований показали, что в зависимости содержания NO_x от производительности котла в кипящем слое наблюдается более эффективное уменьшение выброса оксида азота, чем при слоевом способе сжигания (рисунок 2).

В результате математической обработки получены следующие уравнения для определения содержания оксидов азота в продуктах сгорания:

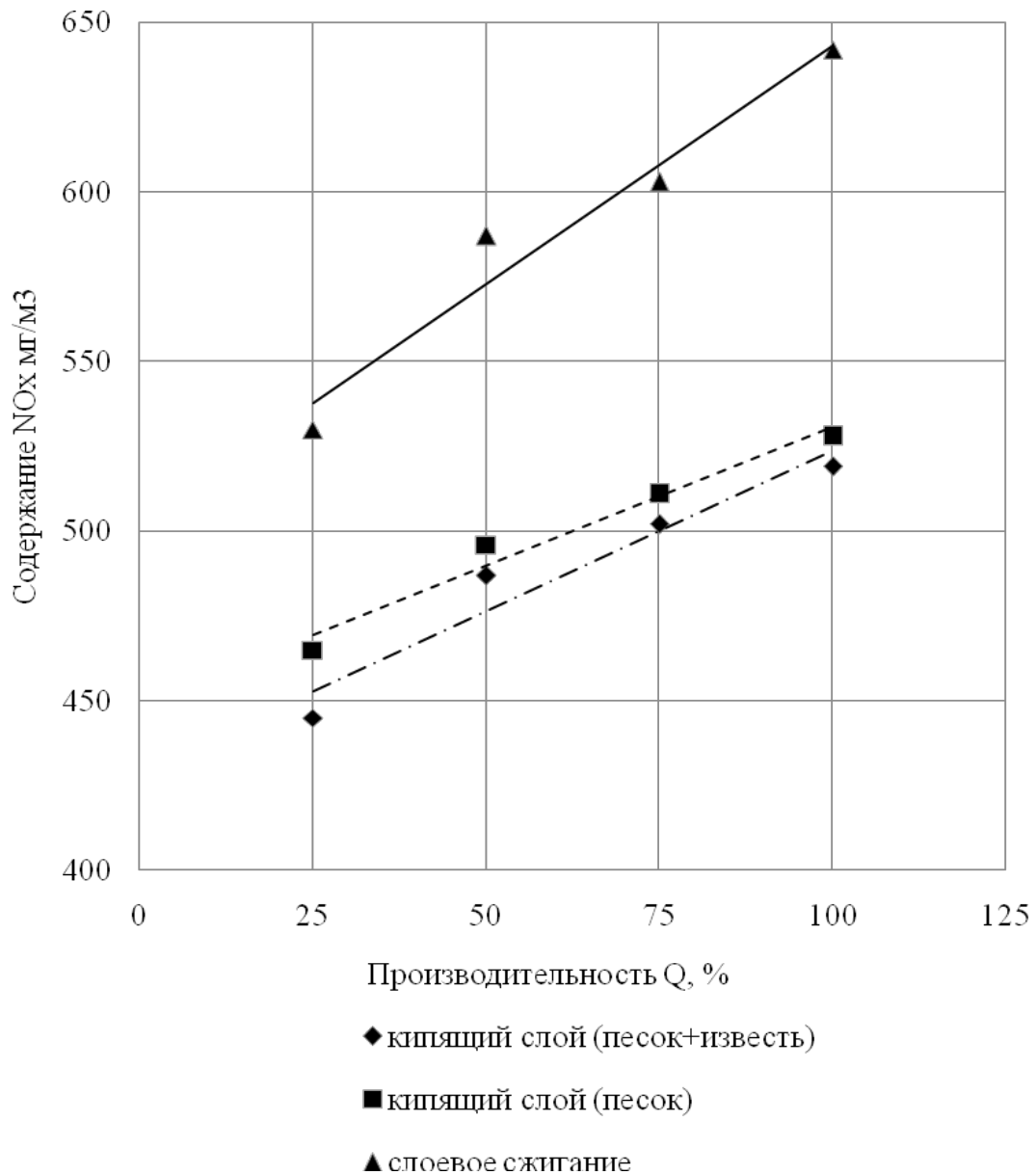


Рис. 2. Зависимость содержания NO_x от производительности котла при различных способах сжигания топлива

— для кипящего слоя (с добавлением песок+известь) содержание NO_x , мг/м³:

$$NO_x = 0,948Q + 429, \quad (1)$$

где Q — производительность котла, %;

— для кипящего слоя (с добавлением песка) содержание NO_x , мг/м³:

$$NO_x = 0,861Q + 449; \quad (2)$$

— для слоевого сжигания содержание NO_x , мг/м³:

$$NO_x = 1,408Q + 502,5. \quad (3)$$

При рассмотрении температуры слоя, полученные результаты исследований представлены на рисунке 3.

В результате математической обработки получены уравнения для определения значения температуры слоя при различных способах сжигания:

— для кипящего слоя (с добавлением песок+известь) температура T , К:

$$T = -0,312Q + 1156; \quad (4)$$

— для кипящего слоя (с добавлением песка) температура T , К:

$$T = -0,216Q + 1156; \quad (5)$$

— для слоевого сжигания температура T , К:

$$T = -0,228Q + 1174. \quad (6)$$

Во всех случаях коэффициенты детерминации находятся в допустимых пределах.

По полученным результатам исследований можно сделать вывод, что, выбросы оксидов азота при одних и тех же значениях производительности котла меньше при сжигании топлива в кипящем слое, чем при сжигании в слоевых топках. На это влияет то, что сжигание осуществляется при более низких и равномерных температурах, а хорошее перемешивание обеспечивает невысокий избыток воздуха.

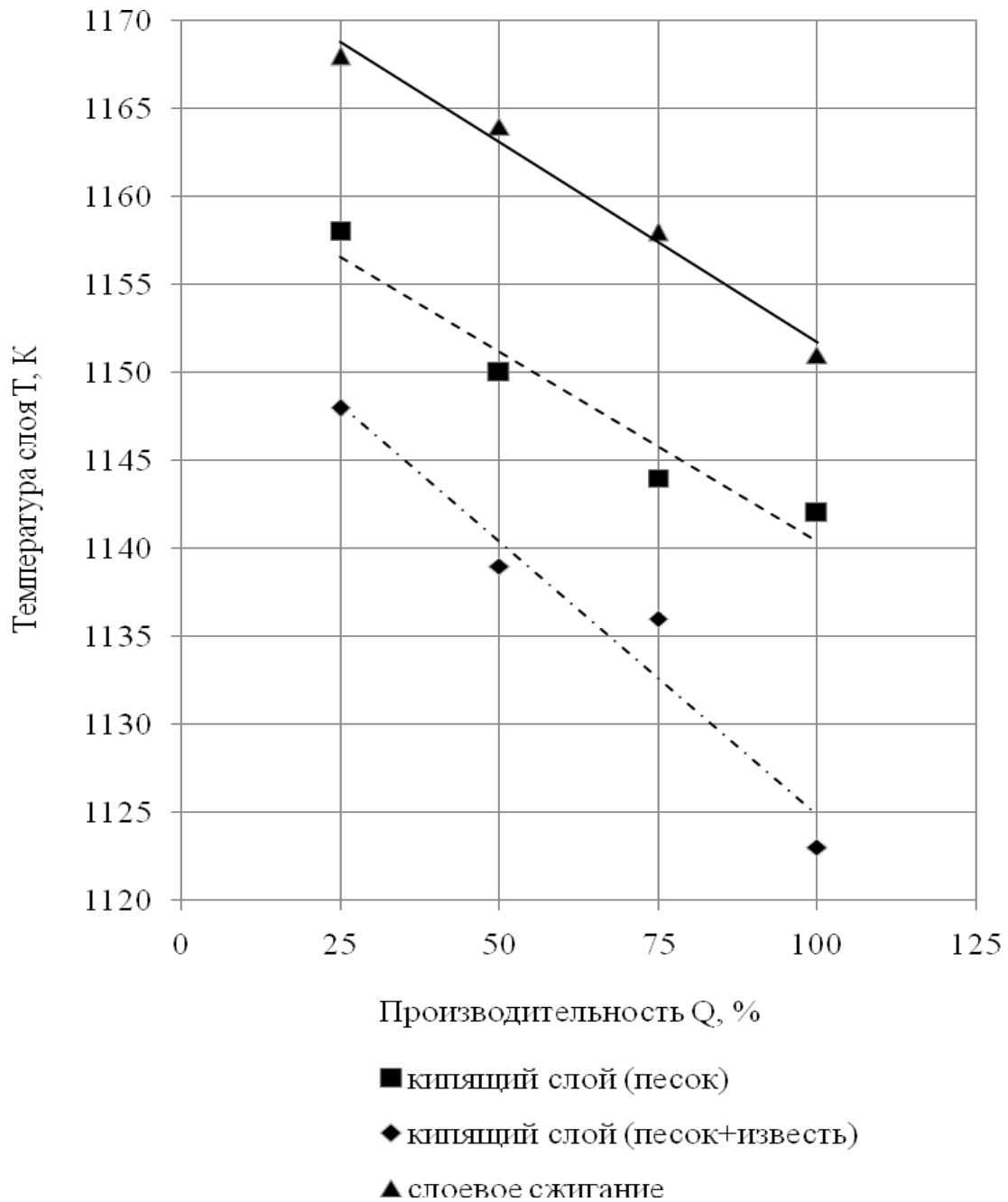


Рис. 3. Изменение температуры слоя топлива при различных способах сжигания

Литература:

1. Плешанов, К. А. «Разработка и исследование способа сжигания топлив с умеренным контролируемым химическим недожогом»: авт.... дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: — Москва, 2010. — 20 с.
2. Серия публикации ПРООН Казахстан № UNDPKAZ06 «Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — www.undp.kz/library_of_publications/files/2147-30783.pdf (дата обращения 20.04.2014)
3. Экологический бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://ecokomitet.kz/ecokomitet/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=195&lang=ru (дата обращения 20.04.2014)
4. Безуглая, Э. Ю., Смирнова И. В. Оксиды азота. Диоксид серы. Оксид углерода. 07.01.2011 г. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.sir35.ru/Oksidi-azota.-Dioksid-seri.-Oksid-ugleroda.html> (дата обращения 20.04.2014)

5. Технология сжигания низкосортных углей [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://promeng.spb.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=86&-Itemid=73 (дата обращения 20.04.2014)
6. Процан, А., Ермоленко М., Степанова О., Абдуллин М. Исследование процесса горения угля в кипящем слое. Материалы за 9-а международна научна практична конференция, «Бъдещите изследвания», — 2013. Том 29. Технологии. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД — с. 59–62.
7. Мусатаев, Е., Ермоленко М., Степанова О., Абдуллин М. Исследование состава уходящих газов при сжигании угля в кипящем слое. *Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki — 2013» Volume 29. Techniczne nauki.: Przemysł. Nauka i studia* — str. 41–43.

Определение энергетической эффективности метантенка биогазовой установки

Зарыкбаева Камшат Серикхановна, магистрант;

Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук, и. о. доцента;

Золотов Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент

Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

Одним из перспективных и бурно развивающихся направлений в энергетической отрасли является использование нетрадиционных и альтернативных видов энергии. Возможность применения биогаза становится все более актуальной в мировой практике. По имеющимся данным рынок биотоплива имеет ежегодный прирост от 20 до 25%, поэтому в странах с потенциалом для развития производства биогаза все большее внимание уделяется этому вопросу в целях максимально возможного обеспечения человека в различных видах энергии [1].

Использование альтернативного топлива непосредственно связано с энергосбережением, пути и направления развития которого, являются постоянными темами для обсуждения на Международных встречах различного уровня представителей заинтересованных государств. Казахстан имеет все условия для развития нетрадиционных видов энергии, и в частности производства биогаза, что объясняется географическим положением, условиями развития, поэтому эти вопросы нашли отражения в ряде документов, связанных с Планами развития Республики.

В Республике Казахстан принят закон «О государственном регулировании производства и оборота биотоплива», главная цель которого — это максимальное снижение вредных выбросов в атмосферу для обеспечения всех требований по охране окружающей среды. Данным документом регламентируются нормы, определяющие предельные объемы производственных мощностей производства биотоплива, а также устанавливаются квоты на использование пищевого сырья для производства биотоплива [2].

Биогазовые технологии помогают решить целый ряд проблем, среди которых как экологические, так и энергетические (рисунок 1), что только подчеркивает их преимущества, а получение органических удобрений оказывает положительное воздействие на почву [3].

Среди основного оборудования биогазовой установки (БГУ) следующее:

- камеры сбраживания (реактор, ферментатор, метантенк);
- нагревательные устройства (теплообменник);
- устройство для перемешивания;
- газгольдер.

Для определения эффективности работы биогазовой установки в первую очередь необходимо определить энергетическую эффективность метантенка, который является самым энергоемким аппаратом в БГУ, так как для обеспечения процесса сбраживания в метантенке требуется поддерживать постоянную температуру, которая должна строго соответствовать принятому режиму брожения [4, 5]. Более эффективны установки с перемешиванием, так как они обеспечивают поддержание сбалансированного процесса брожения сырья (рисунок 2).

Целью исследования было определение энергетической эффективности метантенка. В качестве объекта исследования рассматривали метантенк (с перемешиванием) цилиндрической формы без изоляции.

Источником получения биогаза (биометана) служили продукты метанового брожения органических отходов свинофермы в южном регионе Казахстана. Для достижения поставленной цели проводили тепловой расчет при известных величинах, представленных в таблице 1.

Для проведения теплового расчета опирались на данные [6] при выборе температуры окружающей среды, теплофизические характеристики воды принимали на основании [7].

При определении необходимого количества теплоты для обеспечения процессов брожения следует исходить из того, что эти затраты включают в себя количество теплоты на нагрев субстрата до температуры брожения и потери [8, 9]. На основании этого, проводим весь расчет.



Рис. 1. Решение проблем с помощью биогазовых технологий

Температуру нагрева субстрата m , $1/c$, определяли по формуле:

$$m = \frac{Fk\tau}{G_c c_c}, \quad (1)$$

где F — площадь поверхности метантенка, m^2 ;
 k — коэффициент теплопередачи от субстрата воздуху (задаемcя последующим уточнением), $кВт/(m^2 \cdot K)$;
 τ — продолжительность процесса метанового сбраживания, с.

Затраты теплоты для нагрева субстрата Q_c , $кДж$:

$$Q_c = G_c c_c (t_{np} - t), \quad (2)$$

где t — температура субстрата, $^{\circ}C$.

Коэффициент теплоотдачи от субстрата к стенке α_1 , $Вт/(m^2 \cdot K)$:

$$\alpha_1 = 0,5 \frac{\lambda_c}{d} (Gr_c Pr_c)^{0,33} \left(\frac{Pr_c}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (3)$$

где Gr_c — критерий Грасгофа, рассчитываемый при температуре субстрата [10];

Pr_c — критерий Прандтля, определяемый при температуре субстрата [10].

Коэффициент теплоотдачи от наружной стенки метантенка в окружающую среду (воздух) α_2 , $Вт/(m^2 \cdot K)$:

$$\alpha_2 = 0,23 \frac{\lambda_b}{d} Re_b^{0,33}, \quad (4)$$

где λ_b — коэффициент теплопроводности воздуха [11].
 Коэффициент теплопередачи k , $Вт/(m^2 \cdot K)$:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 + \alpha_u}}, \quad (5)$$

где α_u — коэффициент теплоотдачи от наружной стенки метантенка в окружающий воздух излучением, $Вт/(m^2 \cdot K)$;

λ — коэффициент теплопроводности стенки метантенка, $Вт/(m \cdot K)$;

δ — толщина стенки метантенка, м.

Полученное значение коэффициента теплопередачи k сравниваем с ранее принятым, в случае несовпадения производим перерасчет методом последовательного приближения до совпадения значений.

Потери в окружающую среду Q_{nom} , $кВт$:

$$Q_{nom} = kF(t_{cp} - t_o), \quad (6)$$

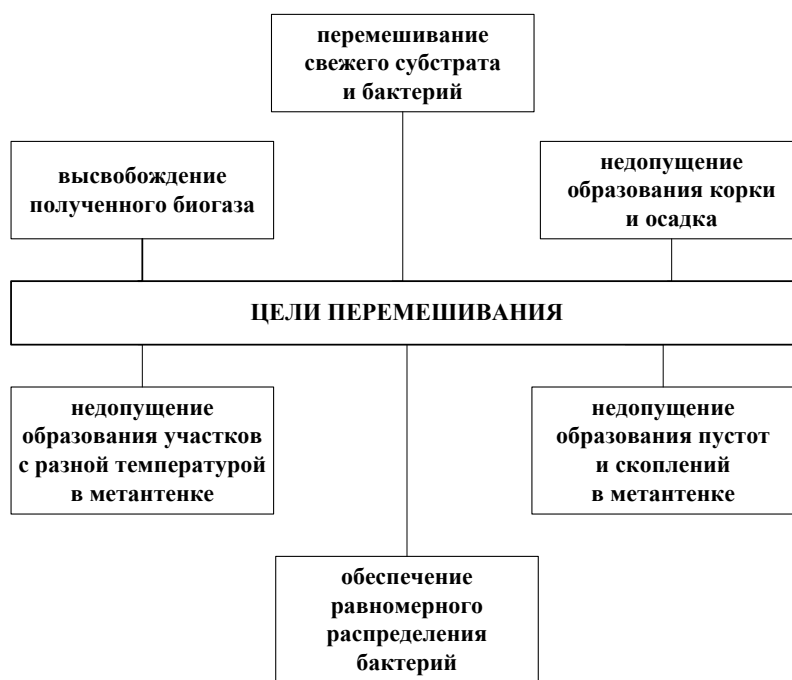


Рис. 2. Цели перемешивания в метантенке

Таблица 1. Исходные данные

Величина, обозначение	Значение	Единица измерения
Площадь метантенка, F	466	м ²
Высота метантенка, h	12	м
Диаметр метантенка, d	4,5	м
Масса подогреваемого органического субстрата, G	20000	кг
Масса субстрата в метантенке, G_c	200000	кг
Низшая теплота сгорания биогаза, Q_n	23,8	кДж/кг
Продолжительность процесса метанового сбраживания, τ_d	12	дней
Удельная массовая изобарная теплоемкость субстрата, c_c	4,18	кДж/(кг·К)
Температура процесса сбраживания, t_{np}	37	°С
Теплопроводность субстрата, λ_c	0,60	Вт/(м·К)
Динамическая вязкость субстрата, μ_c	0,37	Па·с
Коэффициент объемного расширения субстрата, β	0,0075	1/К
Расход сетевой воды, G_B	0,8	кг/с

где t_{cp} — средняя температура субстрата, °С;
 t_o — температура окружающей среды [6], °С.

Количество теплоты, передаваемое субстрату в процессе его брожения Q , кВт:

$$Q = \frac{Q_c}{\tau} + Q_{ном} \tag{7}$$

Термический КПД метантенка η_T :

$$\eta_T = \frac{Q - Q_{ном}}{Q} \tag{8}$$

Полученный результат показал, что термический КПД метантенка без тепловой изоляции с мешалкой составляет 0,18 для рассматриваемых климатических условий (среднегодовая температура меньше 15 °С). Поэтому необходим выбор и расчет оптимальной толщины изоляции для эффективной работы в течение всего года, что позволит повысить КПД метантенка.

Литература:

1. Альтернативная энергетика // Обзор рынка Казахстана <http://www.bioethanol.ru/Legislation/kazakhstan/URL: http://alt-energetic.ucoz.ru/> (дата обращения: 25.04.2014).

2. ЗАКОН РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН // Закон Республики Казахстан от 15 ноября 2010 года №351-IV «О государственном регулировании производства и оборота биотоплива» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.01.2014) URL: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30851504 (дата обращения: 25.04.2014).
3. Инженерный центр ПРОГРЕСС URL: <http://www.ec-progress.ru/> (дата обращения: 25.04.2014).
4. Веденеев, А.Г., Маслов А.Н. Строительство биогазовых установок. — Бишкек: Типография «Евро», 2006. — 28 с.
5. Веденеев, А.Г., Веденеева Т.А. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике — Бишкек: Типография «Евро», 2006. — 90 с.
6. СНиП РК 2.04–01–2010 Строительная климатология.
7. Ривкин, С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. М.: Энергоатомиздат. 1984. — 80 с.
8. Баадер, В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика. — М.: Колос, 1982. — 148 с.
9. Проект биогазовой установки. Сайт Компания «Биокомплекс» URL: <http://biogaz-russia.ru> (дата обращения: 25.04.2014).
10. Исаченко, В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. — М.: Энергоатомиздат., 1981. — 417 с.
11. Александров, А.А., Клименко А.В., Зорина В.М. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. — 3 изд. — М.: изд-во МЭИ, 2001. — 561 с.

Планирование оптимального соотношения компонентов в полиуретановой системе

Зубарев Павел Александрович, инженер;

Петренко Вероника Олеговна, инженер;

Лахно Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент;

Рылякин Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В статье описывается методика проведения и результаты реализованного оптимального эксперимента по определению рационального состава компонентов полиуретановой системы. Выявлены наиболее управляемые факторы варьирования и даны практические рекомендации по формированию полимерных композиций.

Ключевые слова: технологические параметры, полиэфир, модификатор, полиуретан, экспериментальные исследования.

В современном строительстве, машиностроении и в других областях народного хозяйства постоянно увеличивается ассортимент полимерных композиций. Сочетание высокой стойкости к различным агрессивным средам (в том числе полярным органическим растворителям), термическим и механическим нагрузкам присуще главным образом полимерам на основе полиуретанов. Однако достижение всего выше перечисленного в сочетании с экономической составляющей возможно путём химической модификации полимеров, позволяющей получать продукты с необходимыми целевыми свойствами путем варьирования количеством и типами компонентов-модификаторов [1,2].

Структуру и свойства композитов на основе полиуретанов можно менять в широких пределах путем подбора соответствующих исходных веществ: изоцианатного и гидроксильного компонентов, модификаторов и пластификаторов. Полиуретаны относятся к числу полимеров, у которых возможно направленно регулировать количе-

ство продольных и поперечных связей, гибкость полимерных молекул и характер межмолекулярных связей. Что дает возможность получить на ПУ основе ценные технические материалы: жёсткие и эластичные пенопласты, антикоррозионные покрытия (Пк), синтетические клеи, компаунды, каучуки, герметики и резины, плёнки и волокна, армированные и наполненные пластики [3].

В полиуретанах помимо уретановых и мочевиновых групп и сшивок часто присутствуют различные аллофанатные, биуретовые, а также изоцианураты.

Получаемый в рамках работы полиэфирный компонент помимо традиционных соединений, свойственных полиэфирам, имеется ряд сложно учитываемых активных групп таких, как свободные гидроксилы эпоксидного олигомера и вновь образовавшихся гидроксильных, в результате раскрытия эпоксидного цикла, самих эпоксидных циклов, аминных соединений МОКА и полиметилсилазана. Поэтому для выявления наиболее рационального соотношения отвердителя полиизоцианата (ПИЦ)/Модифици-

рованный полиэфир были проведены экспериментальные исследования [3,4,5]. Для выявления оптимального количества отвердителя при различном количестве эпоксидного модификатора проводилось математическое планирование эксперимента с последующей обработкой данных на ЭВМ.

В качестве варьируемых переменных были приняты:

x_1 — соотношение ПИЦ/Модифицированный полиэфир;

x_2 — количество ЭД–20, масс. ч;

Для определения функциональной зависимости типа $y = f(x_1; x_2)$ (1)

было использовано ортогональное центральное композиционное планирование эксперимента с варьированием каждой независимой переменной на трех уровнях. Пределы варьирования факторов представлены в табл. 1

При этом используется матрица планирования, общий вид которой приведен в таблице 2. В качестве выходного параметра был исследован предел прочности при одноосном сжатии.

Предполагаем, что зависимость предела прочности при растяжении от исследуемых факторов представлена в виде полинома второй степени. Расчет коэффициентов уравнения регрессии $y = f(x_1; x_2)$ и их статистический анализ проводился на ЭВМ.

После обработки экспериментальных данных получены математические модели изменения предела прочности при одноосном сжатии от количества ЭД–20 модифицированного полиэфира и соотношения ПИЦ/Модифицированный полиэфир.

Уравнение полученной зависимости имеет вид:

$$R = 55,2156 - 0,2671 X_1 - 5,2429 X_2 - 2,3010 X_1^2 + 2,3542 X_1 X_2 - 0,1921 X_2^2, \quad (2)$$

Приемлемость полученных уравнений подтверждена проверкой гипотезы адекватности по критерию Фишера.

Результаты планирования представлены на рисунке 1.

Экспериментально установлено, что при варьировании (в пределах оптимальной зоны) количеством отвердителя — полиизоцианата приводит к изменению физико-механических свойств отвержденных полиуретанов, в частности предела прочности при одноосном сжатии. Выявлено, что оптимальное количество отвердителя (ПИЦ) составляет 80...110% от количества модифицированного полиэфира. Введение большего количества полиизоцианата приводит к избытку изоцианатных групп, которые в конечном итоге реагируя с влагой окружающей среды, приводят к снижению прочностных характеристик. Меньшее количество ПИЦ приводит к образованию непрореагировавших, то есть свободных гидроксильных и эпоксидных соединений, которые негативно влияют на прочностные характеристики композита, а в последствии являясь активными и неустойчивыми соединениями, снижают химическую стойкость. При этом на одну масс часть полиэфира модифицированного эпоксидной смолой требуется меньшее количество ПИЦ, чем на масс часть полиэфира без эпоксидного олигомера.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что варьирование соотношением компонентов — увеличение количества эпоксидного олигомера и уменьшение количества полиэфира приводит к увеличению более разветвленных и хрупких эпоксиуретановых соединений, что приводит к снижению прочности и относительного удлинения при растяжении. Таким образом, модифицирование простого полиэфира эпоксидной смолой

Таблица 1. Пределы варьирования переменных

Варьируемый фактор	Кодовое обозначение	Натуральные значения переменных, соответствующие кодовым		
		-1	0	+1
ПИЦ/Модифицированный полиэфир	x_1	1,1/1	0,9/1	0,7/1
Количество ЭД–20, масс. ч.	x_2	0	15	30

Таблица 2. План эксперимента определения оптимального количества ПИЦ

№ состава	Матрица планирования		Функции отклика R
	X_1	X_2	
1	0	0	55,1021
2	1	1	49,0044
3	-1	1	46,8195
4	-1	-1	61,0922
5	1	-1	53,8604
6	1	0	54,6937
7	0	1	48,9159
8	-1	0	51,2491
9	0	-1	61,2445

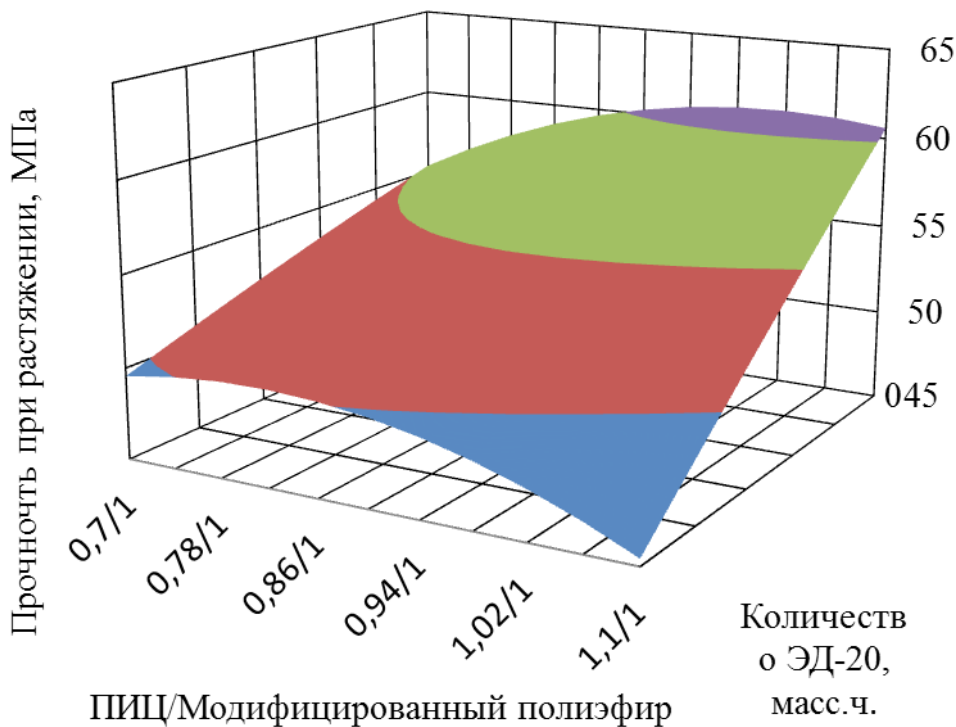


Рис. 1. Изменение предела прочности при растяжении полиуретановых композитов с разным количеством ЭД–20 от количества ПИЦ

не позволило добиться повышения эксплуатационных характеристик полиуретановых систем. Так же использование ЭД–20 привело к снижению таких технологических параметров как время хранения, при хранении полиэфиров модифицированных эпоксидной смолой про-

исходит её отверждение аминосодержащими веществами, необходимыми для пеногашения, и вязкости. При введении 20 масс частей ЭД–20 к 100 масс частям Лапрола 805А модифицированного МСН 7–80 происходит увеличение относительной вязкости с ≈ 120 до ≈ 160 секунд.

Литература:

1. Саундерс Дж. Х., Фриш К. К. Химия полиуретанов. Пер с англ. М: «Химия», 1968. — 470 с.
2. Технология пластических масс/Под ред. Брацыхина Е. А. Издательство «Химия», 1982. 325 с.
3. Зубарев, П. А. Производственный процесс получения защитных полиуретановых покрытий [Текст]/П. А. Зубарев, А. В. Лахно, Е. Г. Рылякин // Молодой ученый. — 2014. — №5. — с. 57–59.
4. Зубарев, П. А. Защитные износостойкие покрытия на основе модифицированных полиуретанов/Автореф. дис. ... канд. техн. наук/П. А. Зубарев — Пенза, 2014. — 16 с.
5. Петренко, В. О. Моделирование оптимальной концентрации компонентов ремонтного клеевого состава./Петренко В. О., Лахно А. В., Новиков Е. В. Международный технико-экономический журнал. 2011. №3. с. 110–112.

Водостойкость связующих, наполненных отходом производства оптического стекла и техническим углеродом

Игнатьева Елизавета Александровна, студент;
Круглова Альбина Николаевна, кандидат технических наук;
Лева Галина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В статье приводятся результаты исследований водостойкости эпоксидных связующих на основе отходов производства оптического стекла и технического углерода.

Ключевые слова: водостойкость, эпоксидное связующее, композиционный материал

Композиционные материалы занимают все более значительное место в нашей повседневной жизни, а также в различных отраслях современной промышленности. Поэтому задача совершенствования физико-механических и других свойств таких материалов является одной из приоритетных в области современного материаловедения. Особое место среди таких материалов занимают материалы, предназначенные для защиты от различных видов излучения. Такие материалы должны помимо радиационно-защитных свойств обладать еще и достаточно хорошими эксплуатационными свойствами, например, водостойкостью. Рассмотрим такое исследование на примере композиционных материалов с эпоксидной матрицей. В качестве наполнителя были использованы отходы производства оптического стекла (ОПОС) или технический углерод (ТУ). Целесообразность использования таких видов наполнителей продиктована высоким содержанием в ОПОС оксида свинца, который снижает энергию гамма-излучения, а ТУ — способностью замедления быстрых нейтронов. С целью повышения физико-механических и эксплуатационных характеристик эпоксидных связующих (ЭС) на поверхность ОПОС был нанесен слой аппрета (полиметилфенилсилоксана), а ТУ был модифицирован фторхлоруглеродной жидкостью (ФХУЖ).

Воздействие воды на композиционные материалы многообразно по характеру. Проникая по дефектам структуры, вода повышает подвижность структурных элементов, снижает прочность межмолекулярных связей. Это приводит к снижению энергии разрушения материала. Являясь полярной жидкостью, вода в большей степени оказывает влияние на процессы деструкции полярных полимеров. Влияние воды в меньшей степени сказывается на деструкции высокомолекулярных полимеров с жесткими цепями. Известно, что вода снижает свободную поверхностную энергию, облегчает развитие поверхностей разрушения и приводит к снижению прочности. В результате проникновения влаги в материал увеличиваются напряжения в вершинах микротрещин. Процесс деструкции определяется также интенсивностью химического взаимодействия полимера и среды, наличием и интенсивностью растворения полимера, поверхностно-

адсорбционными эффектами, скоростью проникновения к перенапряженным участкам.

Известно, что эксплуатационные свойства (в частности — коэффициент диффузии и стойкость к воздействию агрессивной среды) композитов существенно ухудшаются, если в материале присутствуют закапсулированные агрегаты из не смоченных частиц наполнителя или сухие контакты между зернами наполнителя; количество подобных агрегатов начинает быстро возрастать после достижения некоторого предельного значения объемной степени наполнения.

Под действием воды в КМ могут изменяться свойства как полимерной матрицы, так и дисперсных фаз. Проникновение по микротрещинам и поверхности наполнителя уменьшает адгезию дисперсной фазы к матрице. Вследствие набухания связующего могут возникать значительные напряжения, под действием которых появляются трещины, облегчающие разрушение материала.

Сравнительно высокая стойкость эпоксидных смол и материалов на их основе к воздействию воды обусловлена способностью эпоксидной матрицы к локализации и агрегированию воды у активных групп и инородных включений.

В данной статье приводятся результаты исследования водостойкости эпоксидных композитов. Для каждой из двадцати серий ЭС (табл. 1) коэффициент стойкости определялся по результатам параллельных испытаний двух наборов образцов [1]. Один из наборов являлся контрольным, образцы второго подвергались выдержке в воде в течение 360 сут. Температура при выдержке совпадала с температурой атмосферного воздуха.

По завершению выдержки образцы были испытаны на осевое сжатие. Коэффициент водостойкости определялся как частное от деления

$$K = \frac{R}{R_0},$$

где R — предел прочности при сжатии, R_0 — предел прочности при сжатии соответствующего образца контрольной серии.

Перед построением трех- и двухфакторных моделей коэффициента стойкости для каждой из 10 точек плана

Таблица 1. Действующие переменные при исследовании связующих

ЭС, наполненное аппретированным ОПОС		
№ серии	Объемная степень наполнения	Расчётная толщина слоя, нм
1	0,527	6,4
2	0,173	6,4
3	0,527	1,1
4	0,173	1,1
5	0,35	7,5
6	0,35	0
7	0,6	3,75
8	0,1	3,75
9	0,475	3,75
10	0,225	3,75
ЭС, наполненное техническим углеродом и модифицированное ФХУЖ		
№ серии	Объемная степень наполнения	Концентрация ФХУЖ, %
11	0,221	2,56
12	0,08	2,56
13	0,221	0,44
14	0,08	0,44
15	0,15	3
16	0,15	0
17	0,25	1,5
18	0,05	1,5
19	0,2	1,5
20	0,1	1,5

эксперимента на уровне значимости 0,2 проверялась статистическая гипотеза о значимости различия средних значений прочности при сжатии образцов контрольного набора и набора, подвергнутого воздействию воды. Если гипотеза о значимости различия отвергалась, то в данной точке плана эксперимента коэффициент стойкости принимался равным единице.

ЭС-модели коэффициента водостойкости имеют вид:

— связующее на основе ОПОС:

— связующее на основе ТУ:

$$K = 0,9 - 0,04x_1 + 0,02x_1x_2 - 0,04x_1^2 - 0,03x_2^2 + 0,02x_1^2x_2 - 0,03x_1x_2^2 \quad (1)$$

$$K = 0,9 - 0,02x_1 - 0,01x_2 + 0,01x_1x_2 - 0,02x_1^2 - 0,02x_2^2 \quad (2)$$

Линии равной водостойкости ЭС серий 1...20, построенные в координатах (v_f, l_a) и (v_f, c_a) по моделям (1) и (2), приведены на рис. 1 и 2.

Водостойкость немодифицированных ЭС как на основе ОПОС, так и на основе ТУ нелинейно снижается вместе с увеличением объемной доли дисперсной фазы. Отрицательное влияние наиболее выражено для высоконаполненных составов. Это можно объяснить появлением

развитой поровой структуры при введении больших количеств ОПОС (v_f более 0,5). Введение соответствующих количеств ТУ (v_f более 0,18) сохраняет сравнительно высокую непроницаемость материала.

Средние значения коэффициента водостойкости (по изменению предела прочности при сжатии) как для ЭС на основе ОПОС, так и для ЭС на основе ТУ, сравнительно малы. При этом в исследованных факторных областях экстремумы водостойкости не достигаются. Наименьшей водостойкостью обладают составы с наибольшей объёмной долей дисперсной фазы [2].

Подводя итог проведенным исследованиям, следует сказать, что аппретирование наполнителя является эффективным методом управления свойствами дисперсно-наполненных эпоксидных связующих. Нанесение на поверхность наполнителя слоя ПМФС оптимальной толщины сопровождается снижением дефектности материала и способствует росту водостойкости. Нанесение слоя аппрета оптимальной толщины (5 нм для состава с $v_i=0,5$) увеличивает водостойкость ЭС после года экспозиции на 12% (до 0,77) по сравнению с контрольными составами с аналогичной же объёмной степенью наполнения [3].

Таким образом, низкая пористость и плотная структура эпоксидных связующих на аппретированном наполнителе позволяют создать радиационно-защитный материал с малой проницаемостью, высокой стойкостью к действию влаги и атмосферных факторов [4].

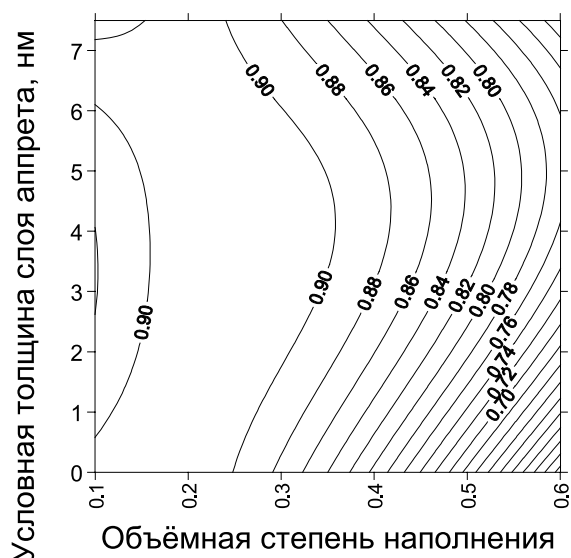


Рис. 1. Водостойкость ЭС, наполненного ОПОС

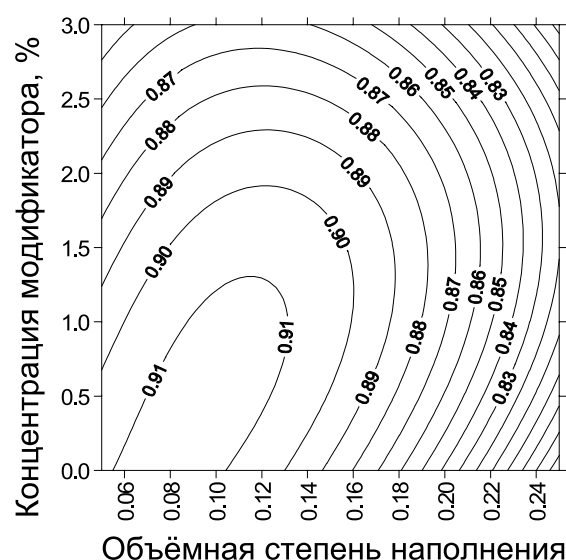


Рис. 2. Водостойкость ЭС, наполненного ТУ

Литература:

1. Круглова, А.Н. Структура и свойства радиционно-защитных эпоксидных композитов на аппретированном наполнителе [Текст]: дисс. — канд. техн. наук.: 05.23.05/Круглова Альбина Николаевна. — Пенза, 2011. — 269 с
2. Данилов, А. М. Радиационно-защитные композиты на эпоксидном вяжущем: модификация, моделирование, оптимизация структуры и свойств [Текст]/А. М. Данилов, А. Н. Круглова, В. П. Селяев, В. В. Цыганов. — Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. — 214 с.
3. Селяев, В.П. Управление качеством эпоксидных композиционных материалов на основе аппретирования [Текст]/В.П. Селяев, А. М. Данилов, А. Н. Круглова // Региональная архитектура и строительство — 2013 — №1. — с. 67–74.
4. Гарькина, И. А. Математическое программирование в управлении качеством материалов [Текст]/И. А. Гарькина, А. М. Данилов, К. В. Жегера // Региональная архитектура и строительство — 2014 — №1. — с. 30–36.

Разработка лабораторного оборудования для получения и исследования материалов микро- и нанoeлектроники

Кондрашин Владислав Игоревич, аспирант;
 Ракша Сергей Владимирович, аспирант;
 Шикин Максим Юрьевич, магистрант
 Пензенский государственный университет

Современный мир невозможно представить без технологий, приборов и устройств микро и нанoeлектроники, к которым относятся новейшие образцы быстродействующих процессоров, мощные полупроводниковые лазеры, оптоэлектронные и фотонные транзисторы, высокоэффективные фотоприемные элементы и принципиально новое медицинское оборудование и инструменты. С каждым годом эта область электронной промышленности развивается все стремительнее и стремительнее.

В последнее десятилетие отечественной нанoeлектронной промышленности стало уделяться большое внимание, как со стороны государственных структур, так и со стороны коммерческих организаций, активно занимающихся исследованиями, разработками и внедрением различного вида изделий. Однако, не смотря на их поддержку, материально-техническая база многих российских институтов, осуществляющих подготовку специалистов в области микро и нанoeлектроники, все еще заметно отстает в своем развитии от зарубежных заведений. В связи с этим оснащение техноло-

гическим и исследовательским оборудованием учебных лабораторий является актуальной задачей в системе высшего профессионального образования, решение которой позволит повысить не только качество учебного процесса при подготовке кадров, но и качество проводимой в институтах научно-исследовательской работы.

При отсутствии возможности приобретения высокотехнологического оборудования для выполнения исследований в рамках приоритетных направлений развития науки, технологии и техники в Российской Федерации, для инновационной деятельности и для учебных занятий оснащение лабораторий должно происходить трудовыми коллективами институтов за счет собственных разработок.

Кафедра «Нано– и микроэлектроника» Пензенского государственного университета функционирует в подобных условиях. Учеными кафедры в последнее десятилетие проводятся фундаментальные и прикладные исследования по следующим направлениям:

1. «Получение и исследование наноструктурированных материалов».
2. «Разработка и изготовление автоматизированных измерительных систем для исследования наноструктурированных материалов».

По первому направлению успешно ведутся работы по реализации химических методов (золь-гель метод [1], анодное оксидирование [2] и др.) формирования композитных материалов, пористых матриц для использования их в качестве чувствительных элементов датчиков давления, сенсоров влажности и газа.

На кафедре разработаны уникальные лабораторные стенды для измерения электрофизических параметров полупроводниковых структур методом вольт-фарадных характеристик, методом эффекта Холла, стенды для иссле-

дования фотоэлектрических явлений в полупроводниках, характеристик газовых сенсоров и т.д. Измерительные системы выполнены на базе персональных компьютеров и имеют программно-методическое обеспечение. Автоматизированный режим во время эксперимента обеспечивает проведение исследований с последующей математической обработкой параметров изучаемых объектов [3]. На рисунке 1 в качестве примера представлена фотография стенда для исследования полупроводниковых материалов методом эффекта Холла.

Совместно с зондовой микроскопией данные измерительные системы позволяют установить корреляцию условий получения материалов микро и нанoeлектроники с морфологией поверхности, с электрофизическими свойствами, и, следовательно, с выходными параметрами приборов и устройств на их основе.

Последней на сегодняшний день разработкой кафедры является экспериментальная установка, реализующая метод спрей пиролиза, который считается одним из перспективных способов получения различных классов наноструктурированных материалов.

Данный метод в основном используется для формирования тонких пленок простых оксидов металлов (ZnO , SnO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , и др.), имеющих широкое практическое применение в качестве прозрачных электропроводящих и антибликовых покрытиях, чувствительных элементов газовых сенсоров, структур для оптоэлектроники, твердооксидных топливных элементов и фотоэлектрических преобразователей. Также спрей пиролизом можно получать пленки смешанных оксидов ($SrTiO_3$, $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$), бинарных халькогенидов (CdS , $CdSe$, $CdTe$), сверхпроводящие оксидные пленки ($YBa_2Cu_3O_{7-x}$) и др. [4, 5].

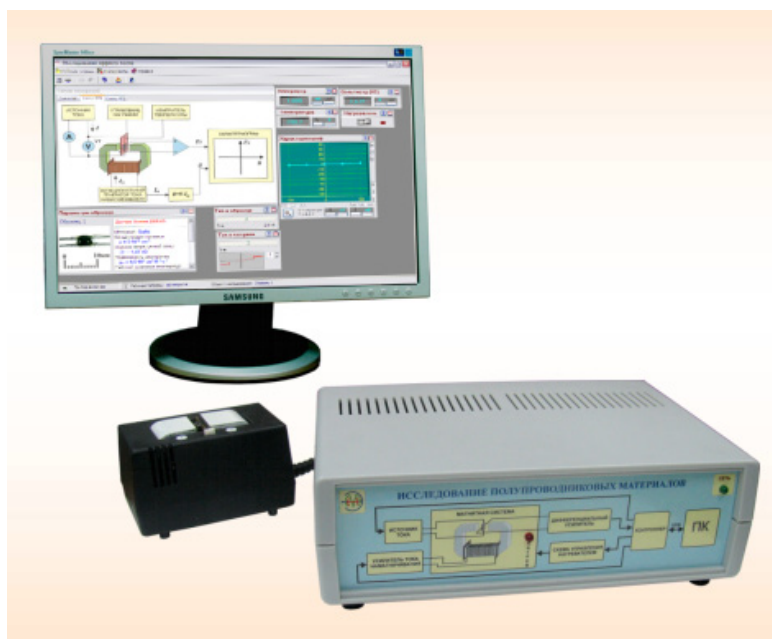


Рис. 1. Фотография стенда для исследования полупроводниковых материалов методом эффекта Холла

Формирование пленок в случае спрей пиролиза происходит в результате термического разложения прекурсоров, содержащихся в аэрозоле при его распылении на нагретую подложку. По сравнению с другими методами спрей пиролиз обладает такими преимуществами, как простота используемого оборудования, экономичность, легкость регулирования скорости осаждения, толщины и процесса модифицирования пленок, возможность формирования сложных по составу пленок, потенциал для массового производства и т. д.

Разработанная авторами экспериментальная установка (рисунок 2) состоит из следующих основных элементов: а) реакционной камеры, б) пневматического распылителя жидкостей, в) нагревателя подложек и г) автоматизированной системы стабилизации температуры нагревателя.

Распылитель предназначен для образования капель аэрозоля, и принцип его работы основан на эффекте Вентури. Нагреватель необходим для обеспечения реакции разложения прекурсора требуемой тепловой энергией. Нагревательным элементом является резистивная спираль, уложенная внутри каналов плоского керамического корпуса. Распылитель и нагреватель располагаются внутри реакционной камеры, поэтому именно в ней протекают основные этапы, приводящие к формированию пленки на подложке: а) распыление раствора прекурсора,

б) движение капель аэрозоля к нагретой подложке с одновременным испарением растворителя, в) разложение прекурсора [6]. На рисунке 3 изображена фотография разработанной установки.

Система стабилизации температуры нагревателя используется для управления нагревом и включает в себя электронный блок и приложение, разработанное в среде графического программирования *LabVIEW*. В системе возможен ручной и автоматический режим работы. При использовании ручного режима, пользователь самостоятельно может управлять мощностью, подаваемой на нагревательный элемент. А в случае автоматического режима, пользователем только вводится определенное значение температуры нагревателя, при достижении которой система переходит в режим стабилизации, и тогда температура удерживается на длительный промежуток времени за счет автоматического регулирования мощности. Стоит отметить, что данная система также используется и в других экспериментальных установках, разработанных на кафедре, например для термического окисления кремниевых пластин и для измерения характеристик газовых сенсоров.

Структура и свойства получаемых пленок (толщина, морфология поверхности, размер и ориентация кристаллитов, электрофизические характеристики и т. д.) зависят от следующих технологических режимов: а) температуры

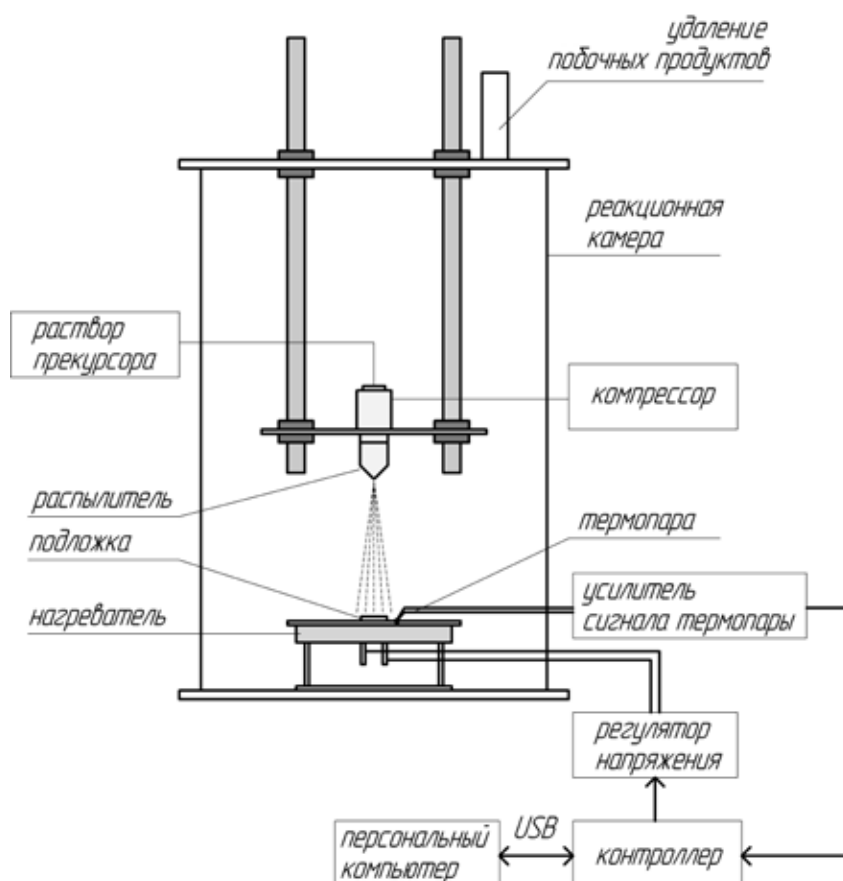


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки для спрей пиролиза

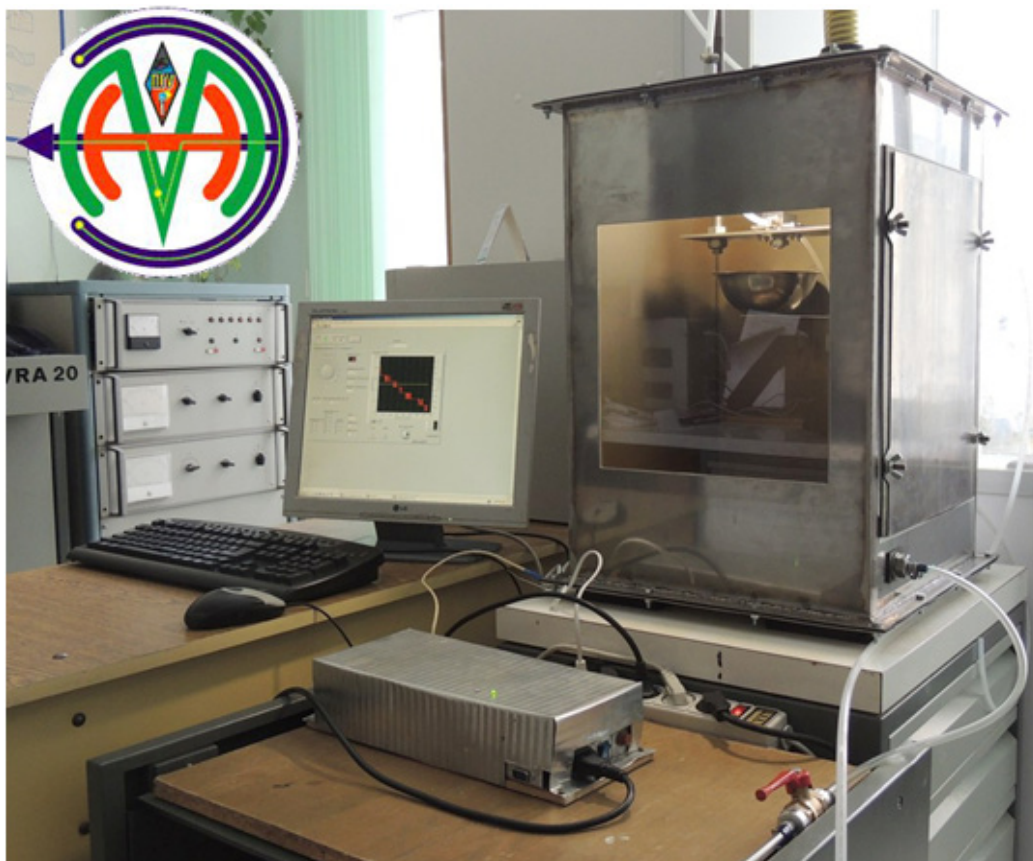


Рис. 3. Фотография экспериментальной установки для спрей пиролиза

подложки, б) состава, концентрации и объема распыляемого раствора, в) параметров распыления [7, 8]. Путем направленного подбора этих режимов можно добиться формирования пленок, состоящих из кристаллитов нанометрового размера, достигая тем самым изменения свойств получаемых материалов и, следовательно, функциональных характеристик приборов и устройств, в которых они используются.

В настоящее время на кафедре ведутся работы по изучению физико-химических закономерностей формирования пленок из простых и смешанных оксидов металлов и установлению корреляции между их свойствами и различными режимами получения. Исследования проводятся с помощью сканирующего электронного и атомно-силового микроскопа. В результате данных работ методом спрей пиролиза будут получены материалы микро и нанoeлектроники с управляемыми свойствами.

Литература:

1. Пронин, И.А. Управляемый синтез газочувствительных пленок диоксида олова, полученных методом золь-гель-технологии // Молодой ученый. — 2012. — №5. — с. 57–60.
2. Аверин, И.А., Губич И.А., Печерская Р.М. Формирование и исследование пористых оксидных пленок на алюминии // Нано- и микросистемная техника. — 2012. — №6 (243). — с. 11–14.
3. Автоматизированные лабораторные стенды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://dep_nime.pnzgu.ru/page/1555
4. Pramod, S. Patil. Versatility of chemical spray pyrolysis technique // Materials Chemistry and Physics. — 1999. — №59. — P. 185–198.
5. Kozhukharov, S., Tchaoushev S. Spray pyrolysis equipment for various applications // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. — 2013. — Vol. 48. — P. 111–118.
6. Кондрашин, В.И., Метальников А.М., Печерская Р.М., Соловьев В.А. Аппаратное обеспечение метода спрей пиролиза // Университетское образование (МКУО–2014): сборник статей XVIII Международной научно-методической конференции — Пенза: Изд-во ПГУ, 2014. — с. 290–292.
7. Печерская, Р.М., Печерская Е.А., Соловьев В.А., Метальников А.М., Кондрашин В.И. Синтез и свойства нанокристаллических пленок диоксида олова, полученных методом пиролиза аэрозолей // Известия высших

учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. — №4. — с. 237–241.

8. Korotchenkov, G., Brinzari V., Schwank J., DiBattista M., Vasiliev A. Peculiarities of SnO₂ thin film deposition by spray pyrolysis for gas sensor application // Sensors and Actuators B. — 2001. — Vol. 77. — P. 244–252.

Особенности организации воздухообмена в теплонапряженных производственных помещениях

Копин Сергей Владимирович, кандидат технических наук, научный сотрудник
ФГУП Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины (г. Санкт-Петербург)

В статье представлены сведения о существенном влиянии тепловых потоков от оборудования на распределение воздушных масс в промышленном помещении. На основании ранее выполненных расчетных работ параметров тепловых струй, оценено влияние тепловых потоков на воздухообмен в здании и даны рекомендации по организации эффективного проветривания помещения.

Ключевые слова: вентиляция, конвекция, воздухораспределение, воздухообмен.

Распределение полей скоростей и температур в промышленных сооружениях формируются как результат взаимодействия распространяющихся в них вентиляционных и конвективных потоков от источников теплоты. Система вентиляционных потоков в зданиях создается источниками (подача воздуха через распределительные устройства и распространяющиеся по инерции) и стоками (отвод воздуха под влиянием разряжения через систему воздухоотводящих устройств). Конвективные потоки от источников теплоты создаются нагретыми поверхностями под действием гравитационных сил.

Проветривание цеха основного производства ОАО «АЭХК» осуществляется за счет подачи наружного воздуха, имеющего температуру меньше, чем нагретый воздух в цехе и отбираемый воздух по системе воздухопроводов, под плитой покрытия [1]. При работе основного оборудования, в процессе производства, их нагретые поверхности являются побудителями движения воздуха, за счет сил конвекции.

Расчет параметров конвективных потоков [2], образующихся при этом, определил их основные характеристики (выделение тепла в помещении равно 55,4 кВт) как несколько ниже нижней границы (от 70 кВт), по классификации помещений по выделению тепла от оборудования [3,4], при которых следует относить данное производство к производствам, где нагретое оборудование или технологический процесс является мощным источником образования конвективных потоков в основном определяющим процесс воздухообмена в цехе. Данные расчета параметров конвективных потоков, формирующихся от нагретых поверхностей оборудования цеха, проведены по общеизвестным формулам теплопередачи и достаточно подробно описаны в статье [2]. Здесь же приведены основные результаты этого расчета, которые

сведены в табличной форме и представлены ниже (см. таблицу 1).

Проведенные ориентировочные расчеты значений критерияльной зависимости соотношения тепловых и инерционных механизмов взаимодействия в потоке воздуха, поступающего в цех, в работе [1] достаточно ясно указали, что конвективные силы существенно задействованы в процессе проветривания цеха и без их учета невозможно организовать эффективное проветривание помещения

В этих условиях схема организации движения воздуха в цехе, по классификации авторов [3,5], может быть условно отнесена к одной из разновидностей вентиляции цехов — системе вытесняющей вентиляции. В первом приближении следует принять, как наиболее вероятную следующую схему организации процесса распределения потоков в цехе, представленную на рисунке 1.

Конечно, в нашем случае имеют место значительные отличия от классического процесса распределения потоков, предлагаемых авторами [6,7,8], за счет наличия ограничивающих поверхностей в виде перекрытий со вторым светом в помещении и специфики размещения оборудования (в виде рядов, по сути перегородок, разделяющей его на секции), распределении источников конвективного побуждения по помещению и их пространственного расположения, а так же входных и выходных пунктов подачи и отбора воздуха.

В литературных источниках [5, 9] указывается, что в аналогичных нашим условиях локализовать или исключить тепловой фактор от оборудования в процессе проветривания помещения значительно трудоемкая и дорогостоящая задача. Более разумно организовать процесс управления перераспределением потоков воздуха в цехе без разрушения естественного формирования конвективных струй, за счет активных средств побуждения его движения [3]. В качестве такого побудителя можно ис-

Таблица 1. Расход и скорость движения воздуха на разгонном участке формирования конвективного потока по его длине

Наименование оборудования	Площадь нагрева $F, \text{ м}^2$	Температура нагрева $t, \text{ }^\circ\text{C}$	$Z = 1 \text{ м}$		$Z = 5 \text{ м}$		$Z = 10 \text{ м}$		$Q, \text{ кВт}$
			$L, \text{ м}^3/\text{с}$	$\omega, \text{ м/с}$	$L, \text{ м}^3/\text{с}$	$\omega, \text{ м/с}$	$L, \text{ м}^3/\text{с}$	$\omega, \text{ м/с}$	
Аппарат ВР	38,6	50	0,84	0,39	1,43	0,67	1,78	0,83	6,56
Аппарат А-27 №1	17,6	45	0,69	0,32	1,17	0,52	1,45	0,64	2,99
Аппарат А-27 №2	17,6	45	0,69	0,32	1,17	0,52	1,45	0,64	2,99
Аппарат А-27 №3	17,6	45	0,69	0,32	1,17	0,52	1,45	0,64	2,99
Аппарат А-27 №4	17,6	45	0,69	0,32	1,17	0,52	1,45	0,64	2,99
Аппарат А-27 №5	17,6	45	0,69	0,32	1,17	0,52	1,45	0,64	2,99
Аппарат УП	35	45	0,79	0,37	1,34	0,63	1,66	0,78	5,84
Трубопроводы горячей воды и пара	176,4	45	0,52	0,24	0,88	0,41	1,08	0,5	28,1
Всего	—	—	5,6	—	9,5	—	11,8	—	55,4

пользовать достаточно хорошо себя зарекомендовавшие, в промышленных условиях эксплуатации, многодиффузионные патрубки марки «Novojet» фирмы «Ecotherm» [10]. Система предназначена для сосредоточенного распределения приточного воздуха в помещениях большой высоты. По данным фирмы дальность приточных струй с помощью таких патрубков достигает 50–70 м. Шарнирное присоединение к корпусу патрубка позволяет изменять направление струи на 30° . Представляемая система сосредоточенной подачи воздуха способна решать целый спектр задач от выравнивания температур воздуха по всему объему помещения до распределения потоков поступающего на проветривания воздуха без про-

тяженных приточных воздуховодов. Режимы работы системы предполагают как очистку забираемого из помещения нагретого воздуха, при смешивании с имеющим более низкую температуру подаваемого на проветривание наружного воздуха, так и подогрев или охлаждение подаваемого потока свежего воздуха без перемешивания с воздухом в помещении. Возможна подача распределяемого воздуха с помощью многодиффузионных патрубков в обе стороны цеха.

Однако еще раз хочется отметить, что расположение и схему окончательной установки вышеперечисленной системы сосредоточенной подачи воздуха, а также рекомендации по её производительности, невозможны без серии

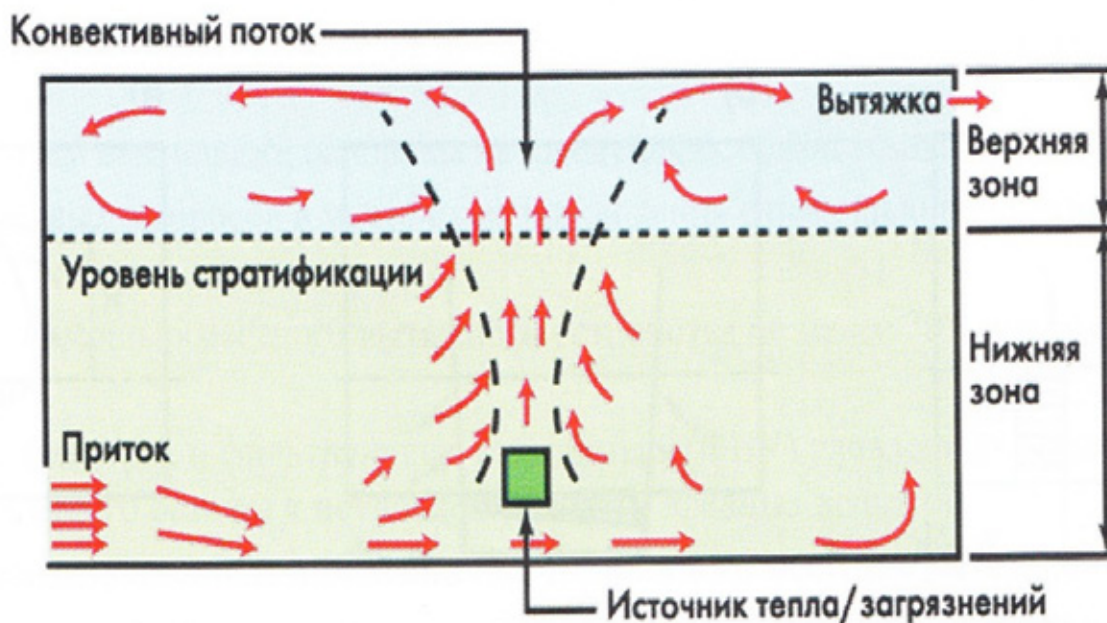


Рис. 1. Принципиальная схема воздушораспределения потоков в помещении

промышленных экспериментов, для уточнения специфики организации схемы проветривания цеха. Несомненно и то, что рекомендации по применению многодиффузионных патрубков марки «Novojet» фирмы «Ecotherm» будут различаться в зависимости от сезона (теплый или холодный) его использования.

Литература:

1. Копин, С. В. Расчет процессов воздухообмена в теплонапряженных производственных помещениях// Сборник статей ФГУП НИИ ПММ, С-Пб, 2013. — с. 81–82.
2. Копин, С. В. Расчёт параметров конвективных потоков, формирующихся от нагретых поверхностей оборудования в промышленном здании // Ж. «АВОК», С-Пб, 2013, №5 с. 86–89.
3. Староверов, И. Г. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 частях. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1.: Справочник проектировщика/В. Н. Богословский, А. И. Перумов, В. Н. Подсохин и др./Под редакцией Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. — М.: Стройиздат, 1992. — 416 с.
4. Участкин, П. В. Вентиляция, кондиционирование воздуха и отопление на предприятиях легкой промышленности. — М.: Легкая индустрия, 1980. — 343 с.
5. Шепелев, И. А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. — М.: Стройиздат, 1978. — 210 с.
6. Банхиди, Л. Тепловой микроклимат помещений./Под редакцией В. И. Прохорова, А. Л. Наумова. — М.: Стройиздат, 1981. — 248 с.
7. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика. — М.: Высшая школа, 1982. — 416 с.
8. Эльтерман, В. М. Вентиляция химических производств. — М.: Химия, 1980. — 285 с.
9. Кузьмина, Л. В., Валюжевич, Е. Е., Гегин, А. Д. Организация воздухообмена в цехах с газовой выделением. — М.: ОНТИ ВЦНИИОТ ВЦСПС, 1976. — 43 с.
10. Раяк, М. Б. Развитие зарубежных и отечественных систем отопления и вентиляции гражданских и производственных зданий. — М.: Новости теплоснабжения, 2007. — 183 с.

Система управления статическим компенсатором реактивной мощности для симметрирования трёхфазной нагрузки

Кузьмин Станислав Валерьевич, аспирант, ассистент
 Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Рассматриваются режим работы компенсатора типа статком при симметрировании несбалансированной нагрузки. Основное внимание уделено синтезу системы автоматического управления. Приводится методика определения коэффициентов регуляторов.

Ключевые слова: статком, компенсатор реактивной мощности, симметрирование трёхфазной нагрузки

Основным документом, регламентирующим требования к качеству электроэнергии на территории РФ, является ГОСТ Р 54149–2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» (введён в действие с 01.01.2013 г.). ГОСТ устанавливает показатели и нормы качества электроэнергии в точках передачи электрической энергии пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжений систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц.

Протекание несимметричных токов в сетях общего назначения приводит к возникновению несимметрии напряжений и является причиной нарушения одного из показателей качества электроэнергии — коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} . Допустимое значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности составляет 2%, предельное — 4%. В условиях, когда соизмеримы мощности источника и приёмника электроэнергии, несимметричный ток приведёт к искажению питающего напряжения вплоть до шин генераторов.

Традиционно симметрирование токов в трёхфазных сетях осуществлялось путём с помощью конденсаторных батарей, соединённых по схеме треугольника [1]. Недостатком такого способа является сложность выбора конденсаторов для разных случаев несимметрии. Кроме того дополнительная функция данного варианта — это генерирование реактивной мощности в сеть, поэтому для одних случаев эта дополнительная функция является положительной, а для других — отрицательной.

Так же известны устройства симметрирования на базе встречно-параллельных тиристоров и последовательно включённого к ним дросселя [2]. Недостатком такого устройства является искажение формы кривой тока и значительное потребление реактивной мощности.

Развитие элементной базы силовой электроники и новых методов высокочастотной модуляции привели к созданию нового класса устройств, улучшающих качество электроэнергии [2]. В зависимости от требуемых функций такие преобразователи получили различные названия: активные фильтры, статические компенсаторы реактивной мощности (статком), сетевые инверторы, кондиционеры сети.

В основе всех вышеназванных устройств по своей сути лежит схема трёхфазного (однофазного) автономного инвертора напряжения или тока, построенного либо на IGBT или MOSFET транзисторах, либо на IGCT или GTO тиристорах. Применение полностью управляемых полупроводниковых приборов позволяет создавать требуемые компенсирующие токи с малым содержанием высших гармонических составляющих за счёт использования методов широтно-импульсной модуляции.

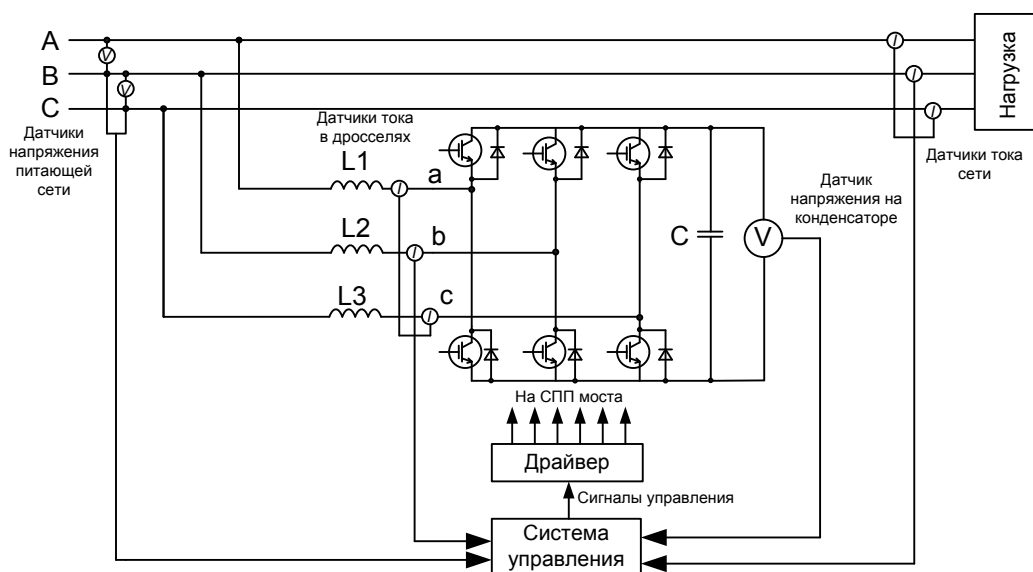


Рис. 1. Схема силовых цепей статком

Анализ литературы по данному вопросу показал, что на сегодняшний день не исследованным остался вопрос о применении вышеназванных типов преобразователей в качестве устройств, снижающих несимметрию потребляемых тяговой подстанцией токов. В связи с этим актуальной научной задачей является разработка системы управления статком в режимах симметрирования нагрузки. Решению данной задачи и посвящена настоящая статья.

Рассмотрим структуру и функционирование системы управления статком для режима симметрирования нагрузки. На рис. 2 представлена функциональная схема разработанной системы. Контуры регулирования координат образуют концентрическую систему, в которой каждый внутренний контур управляется сигналом от внешнего контура, т. е. является подчиненным по отношению к нему. В электроприводе такие системы строятся по принципу подчинённого регулирования координат.

Внешний контур — это контур регулирования напряжения на выходном конденсаторе. Как правило, используется ПИ-регулятор напряжения (*PH*). На вход *PH* поступает разность сигнала задания напряжения на конденсаторе и сигнала текущего напряжения на конденсаторе с датчика напряжения (*V1*). На выходе регулятора напряжения получаем значение d-составляющей тока статком i_d^* , которая обеспечит заряд конденсатора до требуемого уровня напряжения. Внутренний подчинённый контур — это контур регулирования тока сети. Регулирование осуществляется по двум проекциям на оси системы координат *dq*, вращающейся с круговой частотой сети [3]. Ось *od* этой системы координат с помощью блока синхронизации совмещается с обобщённым вектором фазного напряжения сети.

Датчики тока *A1*, *A2* (третий ток вычисляется из условия равенства нулю суммы токов) измеряют фазные токи нагрузки, из которых выделяется основная гармоника $i_{a(1)}$, $i_{b(1)}$, $i_{c(1)}$. Компенсирующие токи находятся путём выделения соответствующих составляющих ($\tilde{I}_{d(1)}$, $\tilde{I}_{q(1)}$, $\tilde{I}_{q(1)}$) из проекций обобщённого вектора токов нагрузки $I_{d(1)}$, $I_{q(1)}$ с помощью блока выделения. Далее сигнал $\tilde{I}_{d(1)}$ поступает на сумматор *C2*, где складывается с сигналом i_d^* .

В цепи обратной связи по току предусмотрен преобразователь координат *ПК1* вектора токов преобразователя, измеряемых датчиками тока *A3* и *A4* (третий ток вычисляется из условия равенства нулю суммы токов). В координатном преобразователе тока *ПК2* осуществляется переход от проекций обобщённого вектора тока преобразователя на оси вращающейся системы координат. Сигналы о значении токов преобразователя I_{dn}, I_{qn} поступают на сумматоры *S3* и *S4*, на выходе которых получаем значение рассогласования между заданным компенсирующим током и реальным в цепи преобразователя. Регулирование осуществляется по двум проекциям на оси системы координат dq . На выходе регуляторов тока получаем значение напряжений статком (u_{nd}^*, u_{nq}^*) , обеспечивающих формирование требуемых компенсационных токов, в двухфазной системе координат. В преобразователе координат *ПК3* осуществляется переход от двухфазной вращающейся (u_{nd}^*, u_{nq}^*) к трёхфазной системе координат $(u_{nA}^*, u_{nB}^*, u_{nC}^*)$. На вход ШИМ-модулятора поступают трёхфазные изменяющиеся по синусоидальному закону с частотой сети модулирующие сигналы $u_{nA}^*, u_{nB}^*, u_{nC}^*$. На выходе ШИМ модулятора формируются коммутационные функции F_{nA}, F_{nB}, F_{nC} и на основании их импульсы напряжения, подаваемые на ключи силового преобразователя.

В теории автоматического управления для замкнутого контура с передаточной функцией $W_z = \frac{a_0 + \sum_{i=1}^m a_i p^i}{d_0 + \sum_{i=1}^n d_i p^i}$ из-

вестны различные критерии оптимизации с помощью настройки регулятора, последовательно включённого с объектом управления [5, 6]. Широкое применение для настройки регуляторов, управляющих различными преобразователями, в том числе автономными инверторами в электроприводе нашёл метод коррекции, называемый динамическим, или модульным оптимумом [5, 6].

Настройка регулятора САУ на модульный оптимум (МО) означает придание ей свойств фильтра Баттерворта, что существенно упрощает синтез САУ. В радиотехнике и связи фильтры Баттерворта используются потому, что их частотная характеристика близка к прямоугольной, что позволяет осуществлять избирательный прием сигналов от разных радиостанций. Чем выше порядок фильтра, тем лучше избирательность. Прямоугольность частотной характеристики для САУ не является важнейшим свойством. Для САУ важнее обеспечить требуемое время переходного процесса и минимизировать ошибки переходного и установившегося режимов. Фильтры Баттерворта первых порядков имеют неплохие в этом смысле характеристики, поэтому они и используются в качестве цели при синтезе САУ. Фильтр Баттерворта любого порядка устойчив. Это значит, что при настройке САУ на модульный оптимум отпадает необходимость проверки ее устойчивости.

Известно, что для настройки на технический оптимум передаточная функция всей замкнутой системы с одним контуром управления должна быть равна [5,6]:

$$W_{z_тока}(p) = \frac{1}{2T_\mu p \cdot (T_\mu p + 1) + 1} \tag{1}$$

где T_μ — постоянная времени такой части объекта управления, которая характеризуется малой инерционностью, обусловленной фильтрами датчиков и преобразователей сигналов, ШИМ-модулятором и т. д.

Из (1) можно получить передаточную функцию разомкнутой системы:

$$W_{p_тока}(p) = \frac{1}{2T_\mu p \cdot (T_\mu p + 1)} \tag{2}$$

Передаточная функция статком из [4] при пренебрежении влиянием перекрёстных связей равна:

$$W_c(p) = \frac{1}{(T_\mu p + 1)} \cdot \frac{1/R}{T_0 p + 1}, \tag{3}$$

где T_0 — постоянная времени статком со стороны цепи переменного тока.

$$T_0 = \frac{L}{R}.$$

Из (2) и (3) можно найти передаточную функцию регулятора тока:

$$W_{PT}(p) = \frac{T_0 p + 1}{2 \frac{T_\mu p}{R}} \tag{4}$$

Контур напряжения на нагрузке является внешним по отношению к контуру тока.

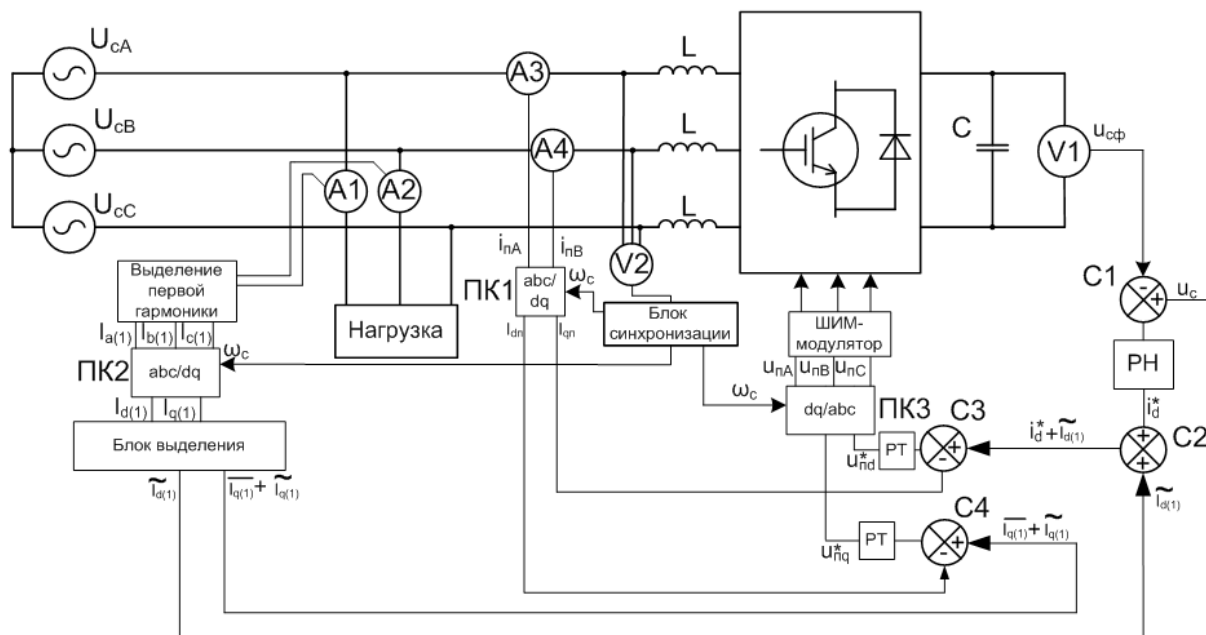


Рис. 2. Функциональная схема САУ статком

При настройке контура напряжения на модульный оптимум желаемая передаточная функция замкнутой системы будет иметь вид [5,6]:

$$W_{раз_напр}(p) = \frac{1}{4T_\mu p \cdot D_T(p)}, \tag{5}$$

где $D_T(p) = 2T_\mu p(T_\mu p + 1) + 1$ – характеристический полином оптимизированного замкнутого контура тока.

Передаточная функция разомкнутого контура регулирования напряжения в соответствии с [4] имеет вид:

$$W_{раз_напр}(p) = W_{PH} W_{зам_тока}(p) \frac{3/2 u_{cd}}{u_c p C} \tag{6}$$

Из формул (5) и (6) определяем тип и параметры регулятора напряжения:

$$W_{PH}(p) = \frac{W_{раз_напр}(p) p C u_c}{W_{зам_тока} \frac{3/2 u_{cd}}{u_c p C}} = \frac{p C \cdot D_T(p) u_c}{4T_\mu p \cdot D_T(p) \frac{3/2 u_{cd}}{u_c p C}} = \frac{u_c C}{6T_\mu u_{cd}} = k_{PH} \tag{7}$$

Таким образом, для получения модульного оптимума в контуре регулирования напряжения требуется П-регулятор. Для получения астатического регулирования напряжения может быть использована настройка системы с помощью ПИ-регулятора, которая называется настройкой на симметричный оптимум. Этому названию соответствует симметричная относительно точки частоты среза ЛАЧХ оптимизированного разомкнутого контура. Передаточная функция разомкнутой системы при этом должна быть равна [4,5]:

$$W_{раз_напр}(p) = \frac{8T_\mu p + 1}{32T_\mu^2 p^2 D_T(p)} \tag{8}$$

Передаточная функция регулятора напряжения с учётом (5), (7), (8) определяется как:

$$W_{PH}(p) = \frac{W_{раз_напр}(p) p C u_c}{W_{зам_тока} \frac{3/2 u_{cd}}{u_c p C}} = \frac{(8T_\mu p + 1) \cdot D_T(p) \cdot p C u_c}{32 \cdot T_\mu^2 p^2 \cdot D_T(p) \cdot \frac{3/2 u_{cd}}{u_c p C}} = \frac{(8T_\mu p + 1)}{8T_\mu p} \cdot \frac{u_c C}{6T_\mu u_{cd}} = \tag{9}$$

$$= \frac{(8T_\mu p + 1)}{8T_\mu p} \cdot k_{PH} = k_{PH} + \frac{k_{PH}}{8T_\mu p}$$

Для переходных характеристик систем, настроенных на симметричный оптимум характерно значительное перерегулирование, что в ряде случаев может быть недопустимо. Значительное перерегулирование связано с наличием

в числителе (9) форсирующего звена 1-го порядка. Для того чтобы компенсировать влияние этого звена необходимо использовать фильтр на входе системы по задающему воздействию [4,5]. Передаточная функция фильтра имеет вид:

$$W_{\phi}(p) = \frac{1}{8T_{\mu}p + 1} \quad (10)$$

Вывод

Разработана система управления статком для режима симметрирования трёхфазной нагрузки по методу подчинённого регулирования координат с двумя контурами. Установлено, что настройку на динамический оптимум внутреннего контура обеспечивает ПИ-регулятор, а внешнего контура — П-регулятор, что не обеспечивает астатического регулирования внешнего контура. Разработанная система управления статического компенсатора реактивной мощности обеспечивает снижение токов обратной последовательности в сетях общего назначения.

Литература:

1. Шидловский, А. К., Федий В. С. Регулируемые источники реактивной мощности/А. К. Шидловский, В. С. Федий // Электричество. — 2009. — № 1. с. 15–20.
2. Кочкин, В. И. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий/Кочкин В. И., О. П. Нечаев. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. — 248 с.
3. Кузьмин, С. В., Марикин А. Н., Виноградов С. А. Применение преобразования Парка-Горева для управления статическим компенсатором реактивной мощности тяговой сети переменного тока //Вестник РГУПС. — 2013. — № 2. с. 47–54.
4. Шрейнер, Р. Т., Ефимов А. А. Активный фильтр как новый элемент энергосберегающих систем электропривода/Р. Т. Шрейнер, А. А. Ефимов // Электричество. — 2000. — № 3. — с. 46–54.
5. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы/Д. П. Ким. — М.: Физматлит, 2007. — 288 с.
6. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов/В. М. Терехов, О. И. Осипов. — М.: Академия, 2005. — 300 с.

Изучение температуропроводности белых грибов Восточного Казахстана

Левченко Светлана Петровна, магистрант;
Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук;
Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент
Государственный университет имени Шакарима города Семей (г. Казахстан)

*В статье определено численное значение коэффициента температуропроводности белых грибов (*Boletus edulis*) и представлены аналитические зависимости для расчета этой теплофизической характеристики в интервале положительных и отрицательных температур.*

Ключевые слова: замораживание, диапазон положительных температур, диапазон отрицательных температур, теплофизические характеристики, коэффициент температуропроводности.

Для пищевых материалов теплофизические характеристики в каждом отдельном случае зависят от влажности, температуры, плотности, жирности и других свойств. Процессы фазовых переходов также влияют на их значения.

Наиболее важными теплофизическими характеристиками пищевых продуктов являются: удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности и коэффициент температуропроводности. Они позволяют провести боль-

шинство calorиметрических и технологических расчетов, встречающихся в холодильной технологии пищевых продуктов [2].

Дикорастущие грибы являются ценным белковым продуктом растительного происхождения со значительным содержанием влаги, не выдерживающим длительного хранения без термической обработки. Поэтому определение коэффициента температуропроводности этих пищевых продуктов является актуальным, так

как эта теплофизическая характеристика позволяет проводить расчеты, на основании которых могут быть выбраны оптимальные условия низкотемпературного хранения.

Целью данной работы является определение коэффициента температуропроводности грибов в диапазоне положительных и отрицательных температур.

В качестве объекта исследования выбран белый гриб (*Boletus edulis*), произрастающий в лесах Бородулихинского района Восточного Казахстана. Исследования проводили с экземплярами белых грибов различной формы, возраста и степени зрелости.

Коэффициент температуропроводности определяли методом регулярного режима в *a* — калориметре [3, 4, 5, 6]. Для нахождения этой характеристики в области отрицательных температур использовали специально разработанную экспериментальную установку [7, 8].

В результате проведения экспериментальных исследований были получены значения изменения температуры

ножки и шляпки гриба в *a* — калориметре и определена избыточная температура. По полученным данным были построены графики для определения темпа охлаждения (рисунки 1, 2).

Линейные участки на полученных графиках соответствуют регулярному тепловому режиму, угловые коэффициенты равны темпу охлаждения *m*.

На основании полученного темпа охлаждения определили коэффициент температуропроводности. Результаты полученных данных представлены на рисунке 3.

Из анализа рисунка 3 видно, что коэффициент температуропроводности в интервале положительных температур (до криоскопической) незначительно увеличивается. При понижении температуры ниже криоскопической коэффициент температуропроводности начинает резко увеличиваться. При криоскопической температуре наблюдается скачкообразное изменение коэффициента температуропроводности, что можно объяснить началом кристаллизации влаги в грибах и различием

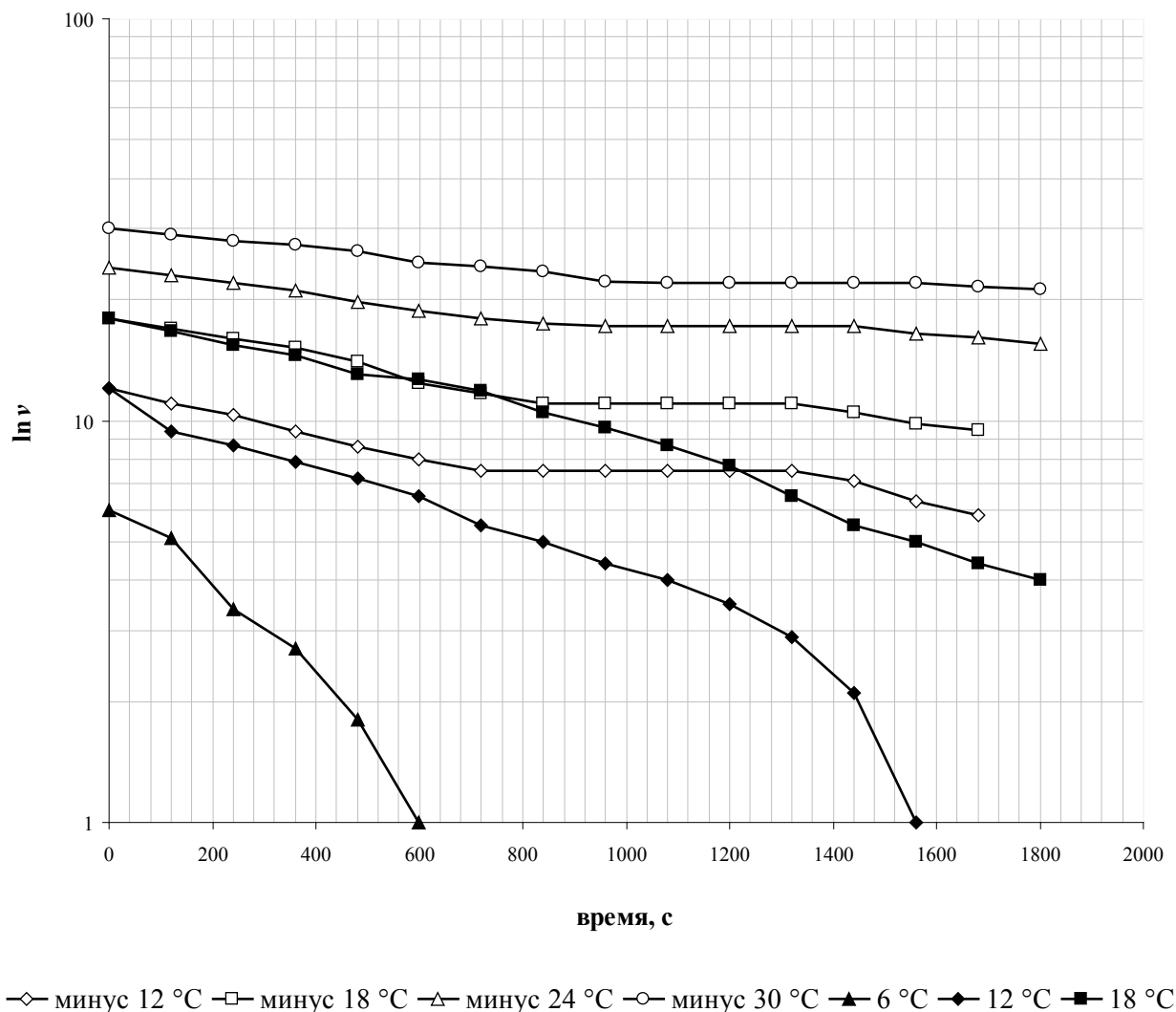


Рис 1. Зависимость логарифма избыточной температуры от времени при регулярном режиме охлаждения для ножки гриба

свойств воды и льда. При этом значения коэффициента для ножки имеет большие значения, чем для шляпки гриба. Это объясняется большей пористостью шляпки и соответственно меньшей влагоемкостью по сравнению с ножкой.

В результате математической обработки экспериментальных данных были получены уравнения для расчета коэффициента температуропроводности:

— в диапазоне отрицательных температур (243÷272,35) К:

для ножки белого гриба:

$$a = -0,212 \cdot T + 60,271;$$

для шляпки белого гриба:

$$a = -0,2063 \cdot T + 58,428;$$

— в диапазоне положительных температур (272,35÷291) К:

для ножки белого гриба:

$$a = -0,0561 \cdot T + 17,972;$$

для шляпки белого гриба:

$$a = -0,0475 \cdot T + 15,344;$$

где T — температура, К.

Выводы:

1. В результате проведенных исследований была установлена зависимость теплофизических характеристик от влажности и пористости плодового тела белого гриба: чем выше влажность продукта, тем большую величина коэффициента температуропроводности.

2. Получены аналитические зависимости для расчета коэффициента температуропроводности, пригодные для определения теплофизических характеристик белого гриба в диапазоне отрицательных и положительных температур с погрешностью 3%.

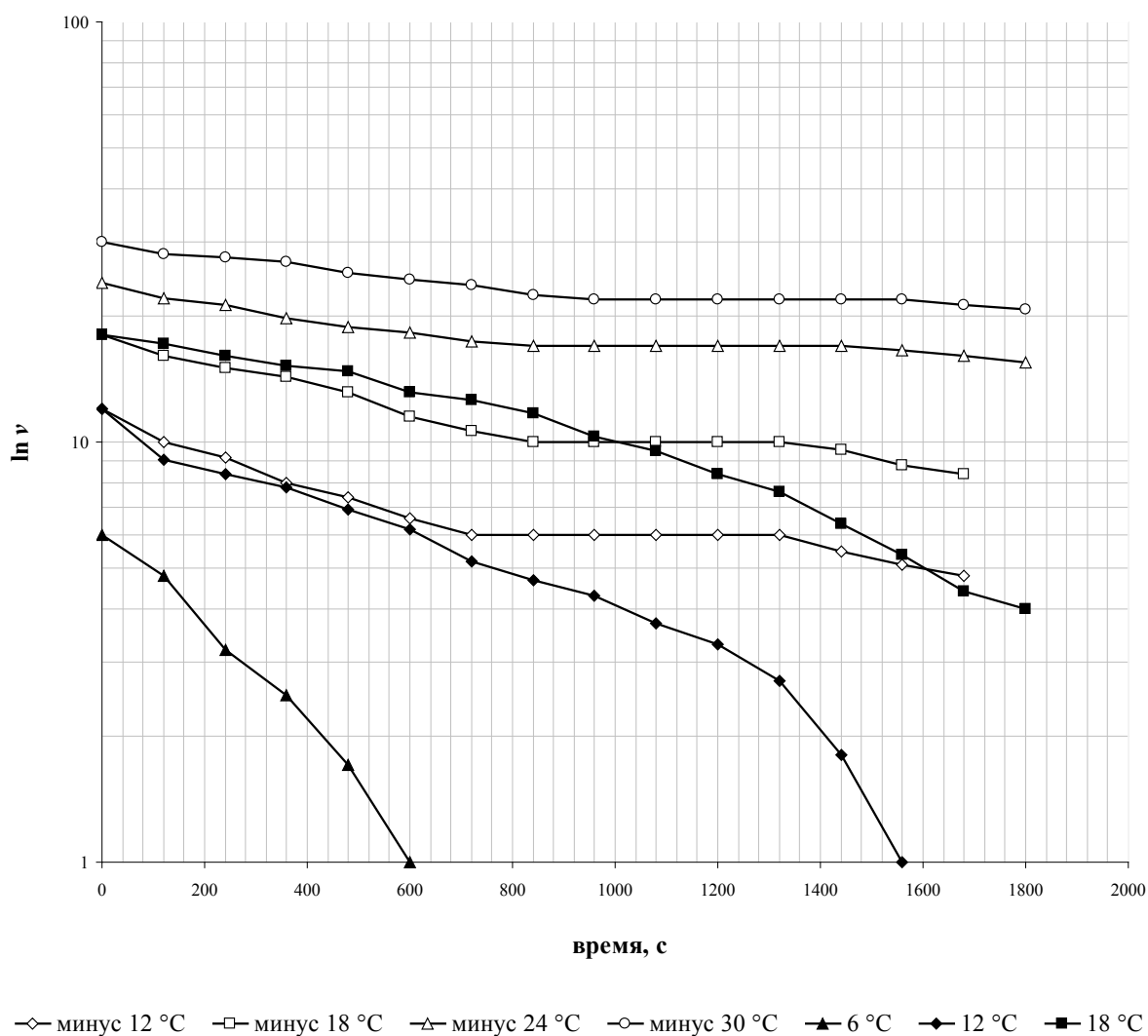


Рис. 2. Зависимость логарифма избыточной температуры от времени при регулярном режиме охлаждения для шляпки гриба

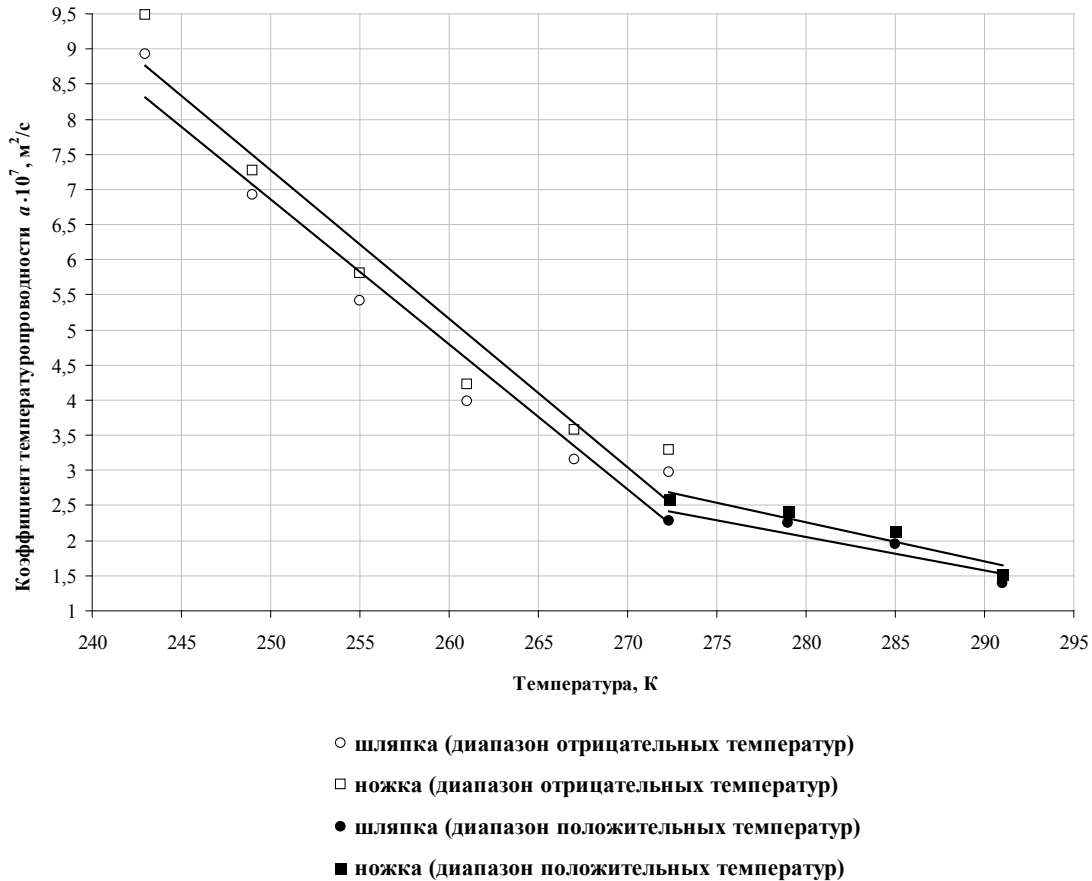


Рис. 3. Изменение коэффициента температуропроводности белого гриба

Литература:

1. Рогов, И. А., Куцакова В. Е., Филиппов В. И., Фролов С. В. Консервирование пищевых продуктов холодом. М.: Колос, 1999. — 176 с.
2. Латышев, В. П. Научные теплофизические основы холодильной обработки и хранения пищевых продуктов: автореф. дис... д-р. техн. — Санкт-Петербург, 1992. — 44 с.
3. Гинзбург, А. С., Громов М. А., Красовская Г. И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 288 с.
4. Степанова, О. А., Ермоленко М. В., Корчагина Л. В. Определение теплофизических характеристик мясорастительных полуфабрикатов при низких температурах. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2003. — №2. — с. 303–304.
5. Степанова, О. А., Ермоленко М. В., Золотов А. Д. Определение коэффициента температуропроводности мясорастительных фаршей. // Вестник СГУ им. Шакарима. — 2003. №3. — с. 40–44.
6. Бабарин, В. П., Громаков В. Ю., Гельфанд С. Ю. Изучение температуропроводности кабачковой икры // Пищевая промышленность. — 2001. — №8. с. 34.
7. Асамбаев, А. Ж., Степанова О. А., Ермоленко М. В., Корчагина Л. В. Установка для определения теплофизических характеристик мясных и мясорастительных фаршей при низких температурах. // Вестник СГУ им. Шакарима. — 2003. №3. — с. 44–50.
8. Предварительный патент РК №13584. Холодильная установка для низкотемпературных испытаний./Ермоленко М. В., Дубровин П. В.; опуб. 15.10.03, бюл. №10. — 3 с.

Приложения линейного программирования к решению архитектурно-строительных задач

Маркелова Иветта Владимировна, аспирант;
Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, профессор
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Метод решения рассматриваемых ниже задач связан с именем российского Лауреата Нобелевской премии по экономике Л. В. Канторовича (за вклад в теорию оптимального распределения ресурсов; 1975 г.; взгляд на математику как на единую дисциплину, все разделы которой взаимосвязаны, взаимозависимы; универсализация математического мышления, взаимопроникновение математики, науки, техники, технологии, экономики и производства).

При их решении осуществляется перенос методов исследования из одной отрасли в другую, что позволяет организацию междисциплинарных исследований [1...6].

Проектирование строительных смесей. Задачи этого вида, известны также под названием задач «о диете». Они состоят в определении оптимального состава смеси, удовлетворяющего определённым требованиям.

Пусть смесь образуется из компонентов, которые могут входить в её состав в различных пропорциях. Допустим, что свойства каждого компонента и всей смеси в целом можно характеризовать m показателями (содержание питательного вещества, калорийность и т. д.). Обозначим через a_{ik} содержание k -го показателя ($k = \overline{1, m}$ в единице i -го компонента ($i = \overline{1, n}$) и через a_k — содержание того же показателя в единице смеси. Заданием матрицы $A = \|a_{ik}\|$ определяются свойства всех компонентов по указанным m признакам. Обозначим через x_i ($i = \overline{1, n}$) количество i -го компонента, входящего в состав данной смеси.

Во многих случаях можно полагать, что *свойства смеси зависят линейно* от свойств, входящих в неё компонентов. Это условие линейности выражается соотношениями $a_k = a_{1k}x_1 + a_{2k}x_2 + \dots + a_{ik}x_i + \dots + a_{nk}x_n$, $k = \overline{1, m}$. Так, например, если k -й показатель характеризует содержание какого-то вещества, то, очевидно, это условие будет выполняться.

Введём в рассмотрение n величин c_i ($i = \overline{1, n}$), оценивающих единицу соответствующего i -го компонента (например, цена, себестоимость и т. д.). Оценка смеси будет определяться линейной функцией $z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$.

Возникает задача определения состава смеси (значения x_1, x_2, \dots, x_n), для которой оценка z принимает наивыгоднейшее (наибольшее или наименьшее) значение. При этом на переменные x_i обычно накладываются нижеприведённые условия.

1. Ограничения, вытекающие из требуемых свойств смеси по каждому из m показателей. Для каждого показателя a_k это условие может быть задано в одном из следующих видов: $a_k \leq D_k$, $a_k \geq d_k$, $a_k = d_k$, или, наконец, $d_k \leq a_k \leq D_k$. Поставив в каждое из таких условий в развёрнутое выражение для a_k , получим окончательно систему линейных неравенств и уравнений, которым должны удовлетворять искомые величины x_i .

2. Ограничения, налагаемые на количество единиц i -го компонента, входящего в состав смеси. Эти ограничения могут диктоваться либо ограниченными ресурсами данного компонента, либо другими соображениями. Как правило, они будут выражаться в виде неравенств $x_i \leq b_i$.

3. Условия не отрицательности $x_i \geq 0$.

Таким образом, мы приходим к следующей задаче линейного программирования: максимизировать (или минимизировать) линейную функцию z в области решений системы неравенств вида

$$\sum_i a_{ik} \leq D_k \text{ или } \sum_i a_{ik}x_i \geq d_k \text{ (} x_i \leq b_i \text{), } x_i \geq 0.$$

Можно указать и ряд других практических задач, укладывающихся в описанную общую схему (например, задача определения оптимального состава композиционного строительного материала, обладающего необходимыми физико-химическими характеристиками [4,7,8]). Большую актуальность приобретают указанные задачи и в связи с утилизацией промышленных отходов при производстве строительных материалов и конструкций.

Транспортная задача. Имеющийся в пунктах P_1, P_2, \dots, P_l однородный груз в количестве a_1, a_2, \dots, a_l единиц необходимо перевести в пункты Q_1, Q_2, \dots, Q_r в количествах b_1, b_2, \dots, b_r так, чтобы общая стоимость перевозок

была минимальна. Предполагается, что количество требуемого груза равно имеющимся запасам ($\sum_{i=1}^l a_i = \sum_{j=1}^r b_j$).

В задаче имеются следующие ограничения:

- количество груза x_{ij} , отправляемого из пункта P_i на все пункты назначения Q_j , должно быть равно имеющимся запасам a_i ($\sum_{j=1}^r x_{ij} = a_i, i = \overline{1, l}$);
- количество груза, прибывающего в Q_j со всех пунктов отправления, должно равняться потребности b_j ($\sum_{i=1}^l x_{ij} = b_j, j = \overline{1, r}$).

Целевая функция определяет полную стоимость перевозки всех грузов: $f = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^l c_{ij} x_{ij}$, c_{ij} — стоимость перевозки единицы груза.

Формулировка задачи остаётся прежней, если количество имеющегося груза превышает потребности. Для этого вводится фиктивная станция назначения Q_{r+1} , на которую отправляется излишек груза b_{r+1} со стоимостью перевозок $c_{i,r+1} = 0, i = \overline{1, l}$.

Размещение сети культурно-бытового обслуживания. Пусть известны численность A населения города и численность B населения, обслуживаемого культурно-бытовыми учреждениями. Должны иметь $B=A$. Пусть далее: n — число жилых районов города, j — номера районов, a_j — население j -го района, m — число культурно-бытовых учреждений, b_i — численность населения, обслуживаемого культурно-бытовым центром, $\sum_{i=1}^m b_i = B$ ($A = \sum_{j=1}^n a_j = \sum_{i=1}^m b_i = B$), \tilde{n}_{ij} — минимальные затраты времени на передвижение из каждого j -го населённого места в каждый i -й центр культурно-бытового обслуживания. Требуется определить численность x_{ij} населения j -го жилого района, обслуживаемого i -м культурно-бытовым центром, обеспечивающую суммарный минимум времени на передвижение населения к центрам культурно-бытового обслуживания. Снова пришли к задаче линейного программирования: из условий минимума $f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$ требуется определить значения x_{ij} при ограничениях

$$f = \sum_{j=1}^n x_{ij} = b_i, \sum_{i=1}^m x_{ij} = a_j, x_{ij} \geq 0.$$

Модульное строительство. Пусть для строительства архитектурных сооружений двух типов имеется 100 модулей. На строительство сооружений первого типа расходуется 2 модуля, а на второй тип — 4 модуля. Составить план производства, обеспечивающий получение наибольшей прибыли, если прибыль от строительства сооружений первого типа составляет 300 тыс. рублей, а от строительства второго типа — 200 тыс. рублей. Причем сооружений первого типа требуется не более 40, а сооружений второго типа — не более 20.

Пусть x_1, x_2 — количество сооружений первого и второго типа соответственно. Тогда $x_1 \leq 40, x_2 \leq 20, 2x_1 + 4x_2 = 100, f = 300x_1 + 200x_2$.

Выберем за базисные переменные x_1, x_2, x_3 . Получим

$$x_1 = 40 - x_3; x_2 = 20 - x_4; 50 = x_1 + 2x_2 = 80 - x_3 - 2x_4; x_3 + 2x_4 = 30; x_3 = 30 - 2x_4.$$

Так что будем иметь $x_1 = 40 - x_3, x_2 = 20 - x_4, x_3 = 30 - 2x_4$.

Первое допустимое решение $x_1 = 10, x_2 = 20, x_3 = 30, x_4 = 0; f = 7000 + x_4$.

Увеличения f можно достичь путем увеличения x_1 за счет увеличения x_4 . Но увеличивать x_4 можно лишь до тех пор, пока x_2 или x_3 не обратятся в нуль (x_1 при увеличении x_4 в нуль не обратится). Из $x_2 = 20 - x_4, x_3 = 30 - 2x_4$ следует, что $x_2 = 0$ при $x_4 = 20; x_3 = 0$ при $x_4 = 15$; то есть x_4 можно увеличивать

до $x_4 = 15$. При этом $f = 300 \cdot 40 + 200 \cdot 5 = 13000$. Получим второе допустимое решение $x_1 = 40, x_2 = 5, x_3 = 0, x_4 = 15$.

Введем в базис x_4 , исключив x_3 . Имеем $x_3 = 30 - 2x_4$. Откуда $x_4 = 15 - 0,5x_3$. При этом $x_1 = 10 + 2x_4 = 40 - x_3$; $x_2 = 20 - x_4 = 5 + 0,5x_3$. Таким образом, $x_1 = 40 - x_3, x_2 = 5 + 0,5x_3$,

$x_4 = 15 - 0,5x_3$; $f = 1300 - 200x_3$. Коэффициент при x_3 отрицателен. Увеличение x_3 лишь уменьшает f . Поэтому оптимальным решением является $x_1 = 40, x_2 = 5$ ($x_3 = 0, x_4 = 15$); $f_{\max} = 13000$ тыс.руб.

Распределение выпуска продукции по предприятиям. Предполагается за время T выпуск l видов продукции A_1, A_2, \dots, A_l на r однородных предприятиях $\check{I}_1, \check{I}_2, \dots, \check{I}_r$ соответственно в количествах N_1, N_2, \dots, N_l штук. При этом ни одно предприятие не может одновременно выпускать несколько видов продукции. Пусть известны: a_{ij} — количество, продукции A_i , выпускаемой на предприятии \check{I}_i в единицу времени; b_{ij} — стоимость единицы продукции вида A_i , выпущенной на предприятии \check{I}_i . x_{ij} — время работы предприятия \check{I}_i по выпуску продукции A_i . Время работы каждого предприятия не должно превышать T : $\sum_{i=1}^l x_{ij} \leq T, j = \overline{1, r}$. Количество выпускаемой продукции долж-

но соответствовать номенклатуре: $\sum_{j=1}^r a_{ij} x_{ij} = N_i, i = \overline{1, l}$. Требуется найти такие значения x_{ij} , при которых стоимость выпускаемой продукции будет минимальной. Здесь целевая функция представляет собой общую стоимость выпущенной продукции. С учетом, что величина $a_{ij} b_{ij} x_{ij}$ представляет собой стоимость часть продукции A_i , выпускаемой

предприятием \check{I}_i , общая стоимость выпускаемой продукции $f = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^l a_{ij} b_{ij} x_{ij}$.

По условиям задачи эта величина должна быть минимизирована при выполнении ограничений: $\sum_{i=1}^l x_{ij} \leq T, j = \overline{1, r}$;

$\sum_{j=1}^r a_{ij} x_{ij} = N_i, i = \overline{1, l}$. Как и выше задача свелась к задаче линейного программирования.

Решение указанных задач может производиться известными методами; наиболее распространенным является симплекс-метод (существуют стандартные программы)

Литература:

1. Гарькина, И.А., Данилов А.М. Современная общая методология идентификации систем: моделирование свойств материалов/Региональная архитектура и строительство. — 2010. — №1. — с. 11–13.
2. Гарькина, И.А., Данилов А.М. Формализованная оценка качества сложных систем: состояние и перспективы/Региональная архитектура и строительство. — 2012. — №2. — с. 34–37.
3. Будылина, Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М. Моделирование с позиций управления в технических системах/Региональная архитектура и строительство. — 2013. — №2 (16). — с. 138–142.
4. Гарькина, И.А., Данилов А.М. Опыт разработки композиционных материалов: некоторые аспекты математического моделирования/Известия ВУЗов. Строительство. — 2013. — №8 (656). — с. 28–33.
5. Будылина, Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М., Махонин А.С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях/Молодой ученый. — 2013. — №5. — с. 42–45.
6. Гарькина, И.А., Данилов А.М., Домке Э.Р. Промышленные приложения системных методологий, теорий идентификации и управления/Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2009. — №2. — с. 77–81.
7. Гарькина, И.А., Данилов А.М., Королев Е.В., Смирнов В.А. Преодоление неопределенностей целей в задачах многокритериальной оптимизации на примере разработки сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации/Строительные материалы. — 2006. — №8. — с. 23–26.
8. Гарькина, И.А., Данилов А.М., Смирнов В.А. Флокуляция в дисперсных системах/Системы управления и информационные технологии. — 2008. — №2.3 (32). — с. 344–347.

Исследование параметров гигиенических свойств выбранных тканей и определение уровня надежности ткани по их физико-механическим свойствам

Матчанова Наргиз Нартаевна, ассистент
Джизакский политехнический институт (Узбекистан)

Для настоящих условий проектирования женской одежды необходимо наличие достоверной информации о стандартных показателях предлагаемых материалов. При проведении исследований по определению структурных и размерных характеристик тканей использовались нормативные условия ГОСТ 3811–72 [1]. Предлагаемые материалы обладают такими преимуществами как относительная низкая поверхностная плотность и малая толщина (таблица 1).

Предложенные образцы выбраны на отечественных ярмарках текстильного сырья. В волокнистом составе тканей установлены как натуральные, так и химические волокна, что определяет их повышенную прочность.

При выборе материалов для женской одежды большое значение имеют капиллярность, усадка и прочностные показатели. Уровень и динамика влажностных свойств таких материалов оказывают непосредственное влияние на комфортность носки одежды из них. Структурные и размерные характеристики предлагаемых материалов находятся в соответствии с новыми разработками в области текстильного производства. Цветовая гамма исследуемых материалов

также подобрана с учетом маркетинговых исследований. Материалы с низкой «дыхательной активностью» целесообразно применять в прохладную погоду с дождем, ветром; в жаркую погоду необходимы материалы с высокой «дыхательной активностью». Этот показатель определяется гигроскопическими свойствами тканей [5].

Гигроскопические свойства текстильных тканей определялись по ГОСТ 21790–2005 [6]. За стандартный показатель капиллярности принимаем высоту подъема жидкости по образцу в течение 60 минут с начала испытания. Для изучения динамики процесса высоту подъема жидкости измеряли через определенные отрезки времени — 10, 20, 30, 40, 50, 60 минут.

При этом большую роль играет процентное соотношение натуральных и химических волокон в составе материала. Впитывание и поглощение влаги происходит по продольным капиллярам. Между нитями влага не перемещается. Капиллярная влага относится к физико-механической связанной влаге.

Усадкой называется изменение линейных размеров изделий вследствие каких-либо воздействий. Наибольшее

Таблица 1. Сравнительная характеристика некоторых физических свойств тканей

Вид ткани	Поверхностная плотность, г/м ² ,	Разрывная нагрузка, Н, Р _р	Прочность на истирание, цикл, С	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с В _р	Площадь фигуры, см ² , в маш./натур.	Обобщенный показатель качества, %
Ситец	103	65	850	420	2,57/771	84
Шифон	80	38	650	560	2,44/732	80
«Полянка»	250	94	900	380	2,71/813	89
Поплин	105	71	1500	270	3/915	100

Таблица 2. Структурные и размерные характеристики объектов исследования

N/п	Наименование ткани, код	Пов. плот. г/м ²	Толщина ткани, мм	В _р , дм ³ /(м ² ×с)	Волокнистый состав, %		Плотность нитей	
					По осн.	По утку	По осн.	По утку
1	Ситец- (1-А)	103	0,3	420	ВХ — 100	ВХ–100	320	300
2	Шифон- (2-Б)	80	0,16	560	ВХ — 90	ВЛс–10	180	120
3	Чалма- (3-В)	80	0,16	520	ВХ — 60	ВПф–40	180	100
4	Батист- (4-Г)	90	0,18	480	ВХ — 80	ВВис–20	200	180
5	«Полянка» — (5-Д)	200	0,26	380	ВСиб–33	ВХ–67	380	360
6	Кашемир- (6-Е)	132	0,28	350	ВХ —60	ВВис — 40	380	360
7	Поплин- (7-К)	105	0,3	270	ВХ —33	ВЛс — 67	340	320

изменение размеров наблюдается после стирки и замачивания изделий. Усадка является результатом проявления комплекса явлений, основными из которых являются релаксационные процессы и набухание волокон и нитей. Усадку определяли по ГОСТ 9733.4–83 [4].

Капиллярность оценивается высотой подъема жидкости в образце материала по основе. Конец полости ткани (размером 50x300 мм) погружают на 2 см в бахромат калия (с концентрацией 5 г/л). Показатели снимались по 10 пробам, затем рассчитывались средние статистические.

Результаты испытаний ткани приведены в таблице 3.

По данным исследования хлопчатобумажные ткани имеют ряд положительных свойств, что и определило их широкое распространение. Они обладают достаточной прочностью, износостойкостью, удовлетворяют гигиеническим требованиям, имеют хорошую гигроскопичность: быстро намокают, быстро высыхают, хорошо переносят стирку и влажно — тепловую обработку при высоких температурах. Наиболее распространенными тканями этой подгруппы являются ситец, батист, поплин, шифон.

Среди новых разработок отмечены ткани чалма, «Полянка», хлопчатобумажный кашемир.

Результаты исследований усадки тканей по основе и по утку представлены в таблице 4.

Выбранные материалы по результатам исследований следует отнести к средне усадочным. После второй стирки они имеют нулевые показатели усадки, а непосредственно на третьей — устанавливается единый показатель, $U=0,1\%$. Это говорит о правильном выборе материалов для женской одежды.

Известны три уровня «дыхательной активности» [3]. Все предложенные материалы соответствуют предъявляемым требованиям гигиены. Однако установлены три вида тканей, имеющих очень высокий уровень воздухопроницаемости. Это такие материалы, как шифон, чалма и батист, которые могут быть предложены для изготовления женских платьев расклешенного и свободного силуэта.

В настоящей работе проведены исследования физико-механических свойств тканей, а именно: разрывной нагрузки, разрывного удлинения, износостойкости. Разрывная нагрузка P_r (кг) — наибольшее усиление, выдерживаемое пробной полоской до разрыва. Рабочие размеры пробной полоски 5x30 см; число пробных полосок тканей по основе — 3, по утку — 4, [2].

Стойкость к истиранию (износостойкость) — это способность материала сопротивляться разрушению от трения. При трении окружающие предметы ткани истираются в точках контакта соприкасающихся поверхностей. Характер разрушения волокон зависит от структуры

Таблица 3. Динамика капиллярности тканей

Код ткани	Капиллярность, h мм, в течение 1 минуты					
	10	20	30	40	50	60
1	2	3	4	5	6	7
1-А	30	48	57	65	70	72
2-Б	25	35	42	47	50	61
3-В	17	26	33	37	40	42
4-Г	22	32	38	43	45	47
5-Д	10	18	23	26	28	29
6-Е	15	24	29	31	32	33
7-К	8	15	20	22	24	24

Таблица 4. Показатели усадки исследуемых материалов женской одежды

Код ткани	Усадка, %, после 5 стирок									
	По основе					По утку				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1-А	4	2,4	0,2	0	0	1,5	0,7	0,1	0	0
2-Б	3	1,3	1	0	0	1,0	0	0	0	0
3-В	3	1,3	0	0	0	1,2	0,4	0	0	0
4-Г	3	1,3	0	0	0	1,0	0	0	0	0
5-Д	2	0,3	0	0	0	1,5	0,7	0,1	0	0
6-Е	2,3	1,1	0	0	0	1,25	0,7	0,2	0	0
7-К	2,0	1,3	0	0	0	0,5	0,2	0	0	0

Таблица 5. Физико-механические показатели материалов для женской одежды

№ Код	Вид ткани	Разрывная нагрузка, Н.		Стойкость к истиранию по плоскости, $C_{цик}$
		По основе,	По утку	
1	Ситец	65	41	850
2	Шифон	38	26	650
3	Чалма	40	51	700
4	Батист	40	28	580
5	«Полянка»	94	48	900
6	Кашемир	68	32	1200
7	Поплин	71	33	1500

материала и вида стирающихся поверхностей. Для текстильных материалов наиболее характерным является усталость и износ, при которых происходит объемное и поверхностное деформирование волокон. Образцы испытывались на приборе «Н 235/3» [2]. При проведении испытания в зависимости от вида ткани выбирают грузики 9 кПа для плательных и 12 кПа для костюмных тканей. Износ ткани происходит за счет передвижения образца по поверхности абразива, вращающегося вокруг своей оси. Образцы готовятся с помощью специальных резаков размером $\varnothing 38$ мм и $\varnothing 140$ мм. При образовании дыры прибор автоматически останавливается. С увеличением статической нагрузки сила трения растёт, и разрушение

образца происходит быстрее. Для оценки износоустойчивости материала важны его количественные характеристики сопротивления истиранию.

Как видно по результатам исследований наиболее прочными являются ткани «Полянка», кашемир и поплин. Это объясняется, в первую очередь, структурными характеристиками тканей, толщиной, поверхностной плотностью и волокнистым составом материалов. Остальные образцы материалов имеют допустимые значения прочностных показателей, согласуемых с нормативными данными.

В настоящей работе не рассматривалась работа пакета одежды (верхний слой + белье), так как нет полного контакта между ними за счет прибавок на свободу движения.

Литература:

1. ГОСТ 3811–72. «Ткани нетканые полотна и штучные изделия текстильные. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей».
2. ГОСТ 18976–73. Ткани текстильные «Метод определения стойкости к истиранию».
3. Соловьев, А. Н., Кирюхин С. М. «Оценка качества и стандартизация текстильных материалов». М., «Легкая индустрия», 1974.
4. ГОСТ 9733.4–83 — Материалы текстильные. «Методы испытания устойчивости окраски к стиркам».
5. Скляников, В. П. и др. Гигиеническая оценка материалов для одежды. М.: Легпромбытиздат, 1985.
6. ГОСТ 21790–2005. Межгосударственный стандарт. Ткани хлопчатобумажные и смешанные одежные. Общие технические условия.

Изучение напорно-расходной характеристики роторно-пульсационного аппарата

Мейрамхан Рустем Мейрамханулы, магистрант;
Касенов Амиржан Леонидович, доктор технических наук, профессор
Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

Введение

В современных рыночных условиях в пищевом производстве акцентировано на энерго- и ресурсбережении. Вследствии чего, постоянно растут требования к качеству измельчения пищевого сырья, снижению энергозатратов [1, с. 19]. В связи с этим, появилась необходимость

исследования имеющейся установки роторно-пульсационного типа [2].

Экспериментальные данные

Исследование гидродинамического положения заключающихся при прохождении жидких веществ через

устройства состоящих из ротора и статора имеет важную точку зрения в изучении закономерностей принципа работы роторно-пульсационного аппарата. Для достижения упрощения исследования, рассмотрим среднее значение потока среды через роторно-пульсационного аппарата (далее РПА) не учитывая воздействия пульсаций, образующихся при периодическом перекрытии каналов ротора и статора. Будем считать условно, что РПА по принципу своей работы является одним из насосов центробежного типа.

Безусловно, одними из основных технических характеристик насосов центробежного типа являются напор H , энергия. Потребляемая мощностью привода N , подача q , гидравлический коэффициент насоса η .

Для приобретения данных характеристик в процессе исследования реализовывалась поэтапное размеренное перекрытие задвижки на патрубке напора и при непрерывном числе оборотов приводного механизма записывались показатели его употребляемой мощности, температуры, расхода и напора. Геометрические виды РПА менялись таким видом, чтобы данные снимались для максимального, среднего и минимального зазора между крайними поверхностями зубьев.

Насосная подача q , измерялась по показанию расхода жидких веществ через патрубков для выхода продукта при помощи манометра. Показатели напора H , определяли из выражения. Эти выражения основываются на перепадах энергий единицы массы жидких веществ в диаметре потока перед прохождением роторным устройством и после:

$$H = (z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}, \text{ м} \quad (1)$$

Где, z_2 и z_1 — координаты высотных показателей, рассматриваемых диаметров до и после прохождения через каналы роторного устройства, m ($z_2 - z_1$) = 0,6 м; p_2 и p_1 — абсолютное давление жидких веществ, рассматриваемых диаметров до и после прохождения через каналы роторного устройства, $p_1 = 10^5$ Па, p_2 — измеряется манометром находящимся на патрубке для выхода веществ; v_2 и v_1 — скорость течения, рассматриваемых диаметров до и после прохождения жидкости через каналы роторного устройства, м/с, $v_1 = 0$, v_2 — определяли из выражения:

$$v_1 = \frac{q}{\pi d^2 g}, \text{ м/с} \quad (2)$$

Где, d — диаметр патрубка для выхода жидкостей, $d = 0,05$ м; g — плотность жидких веществ, кг/м³, $g = 1000$ кг/м³.

Рассчитанные данные показаны в таблице 1, на основании которых, изображены на рис 1 напорные и расходные характеристики роторного устройства.

По данным из графика на рис 1, расход продукции изменяется при разной величин межцилиндровых зазоров. При полном открытом прохождении подача меняется от пятидесяти до ста кубических метров в час.

Одна пара ротора и статора имеет значительное вспомогательное сопротивление, чем можно дать объяснение понижения напора при небольших показателях расходной характеристики при зазоре $Z = 1,82$ мм. Поскольку сопротивление статора в качестве запорного механизма при небольших расходных характеристик менее, то при затворенных задвижках обратный возврат жидких веществ через систему ротора и статора в подвод не мало значительно повышается и напротив, фактический напор и расход снижаются.

На основе полученных данных, выстроена группа заменяемых функций, которая описывает перемену напора в зависимости от зазора между крайними поверхностями зубьев, при разных данных подачи роторного механизма в интервале от 0 до 50 м³ на рис. 2.

На основе полученных графиков, имеется возможность ясно выявить максимальные данные напора и соответственно их геометрию роторного механизма. После определения экстремумов были установлены эти точки. Перемены максимального напора в лимитированной области ($50 \geq q \geq 0$; $1.82 \geq Z \geq 0,06$) изображены на рис. 3.

Анализируя рис. 3, в данном интервале подачи роторно-пульсационного устройства (РПУ) предельный напор жидких веществ зафиксирован при нулевом течении и зазора между крайними поверхностями зубьев при значении $Z = 0,8$ мм и соответственно $H = 29,5$ м показателя жидкости. При последующих увеличениях зазора идет снижение по линейной зависимости образующегося предельного давления.

Если учитывать полученные данные, то можно рекомендовать те или др. режимы, а также оптимальны, для применения имеющейся установки для перемещения жидких сред. Таким образом, к примеру, при восстановлении цельного молока образуется дополнительное требование его подачи к резервуару.

Заключение

В целом, анализ исследования напорной и расходной характеристики роторного механизма показали:

- изменение зазора в большой степени имеет воздействие на расход РПА. Если при наименьшем зазоре он увеличится на 201,1 % и итого составляет 101,84 м³/час;

- предельный напор установки при полном закрытии крана отмечено на зазоре 0,8 мм и 28,4 м водного столба соответственно. При дальнейшем повышении зазора образуется спад напора, в связи открытием каналов ротора и статора;

- полученные зависимости напорных и расходных характеристик на рис. 1 и 2, дают возможность дать оценку на гидродинамическое условие в РПА для всего интервала зазоров между крайними поверхностями зубьев, данные которых отражены на рис. 3, дают возможность установить оптимальные режимы переработки изделий.

Таким образом, проведенный эксперимент по определению оптимальных характеристики РПА, дал воз-

Таблица 1. Показатели технической характеристики роторного устройства в зависимости от величины зазора между крайними поверхностями зубьев Z

№экспери-мента	Зазор между зубьями, Z, мм	Расходные показа-тели, кг/м ³	Давление в патрубке для выхода жидкости, p ₂	Напор насоса, Н, м
1	0,06	50,41	141000	6,67
2	0,06	34,29	184000	9,87
3	0,06	11,59	271000	17,60
4	0,06	2,47	354000	26,05
5	0,06	0	370000	27,57
6	0,22	55,82	141000	7,25
7	0,22	52,00	181000	10,82
8	0,22	17,18	271000	17,65
9	0,22	5,61	341000	25,50
10	0,22	0	391000	29,58
11	0,33	63,14	131000	7,84
12	0,33	0	386000	28,07
13	0,95	88,12	141000	12,84
14	0,95	79,05	151000	12,54
15	0,95	35,21	271000	18,57
16	0,95	4,37	391000	29,67
17	0,95	0	401000	30,62
18	1,56	95,78	166000	16,20
19	1,56	4,05	346000	25,08
20	1,56	0	376000	28,07
21	1,82	92,53	201000	18,96
22	1,82	92,53	201000	18,96
23	1,82	43,65	271000	19,32
24	1,82	0,88	346000	25,02
25	1,82	0	356000	26,03

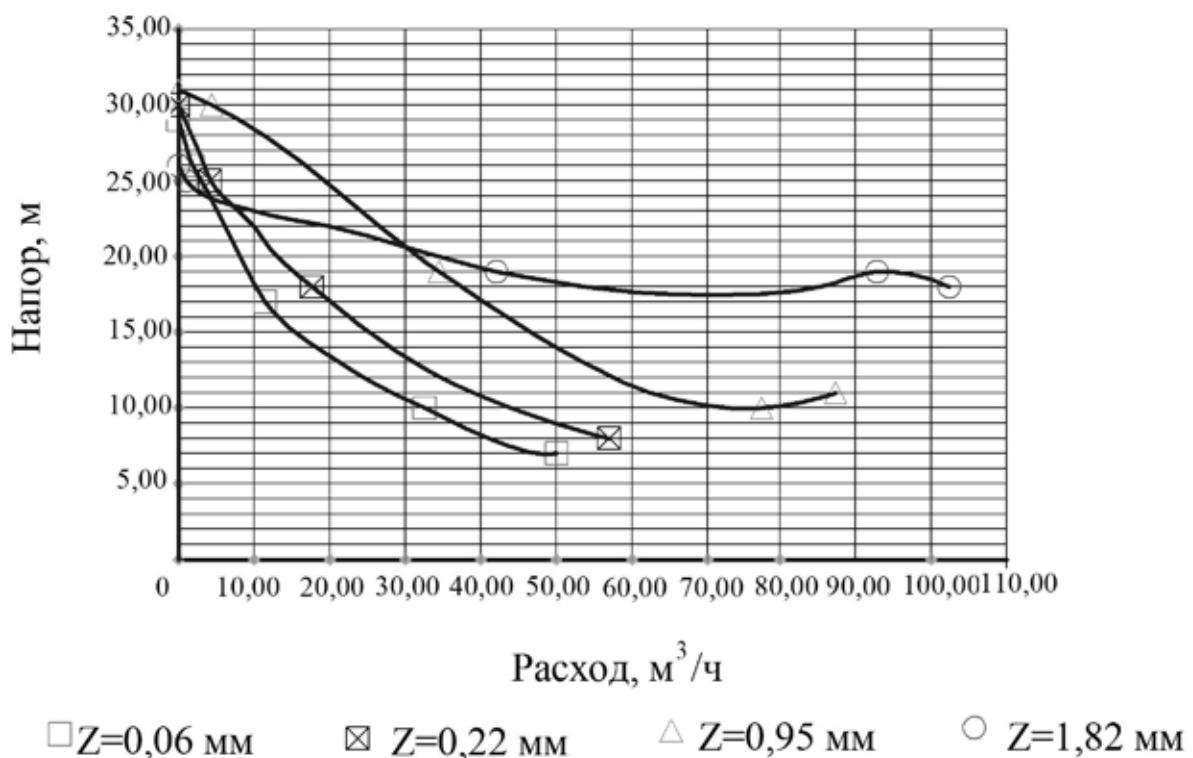


Рис. 1. Кривая напорно-расходной характеристики роторного механизма

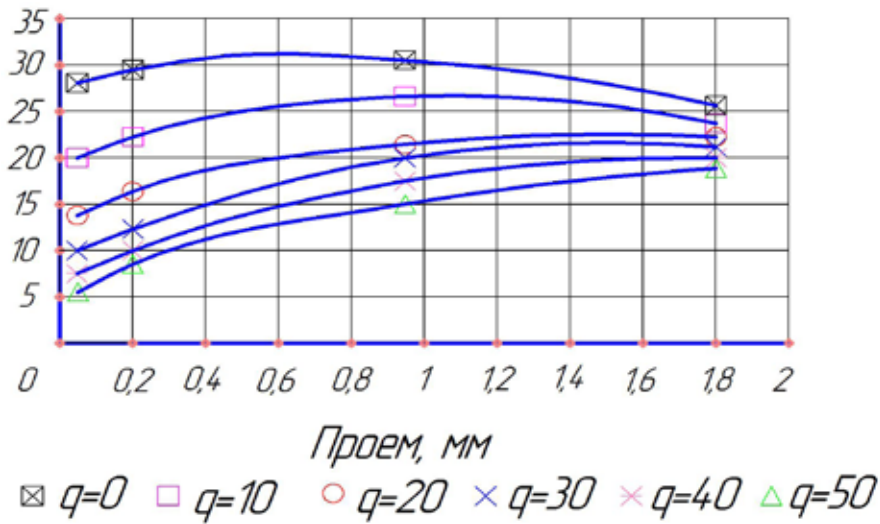
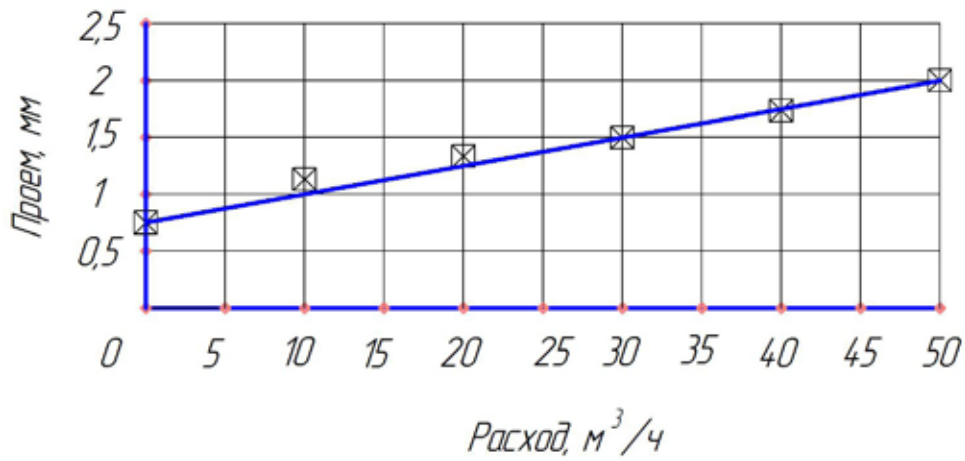
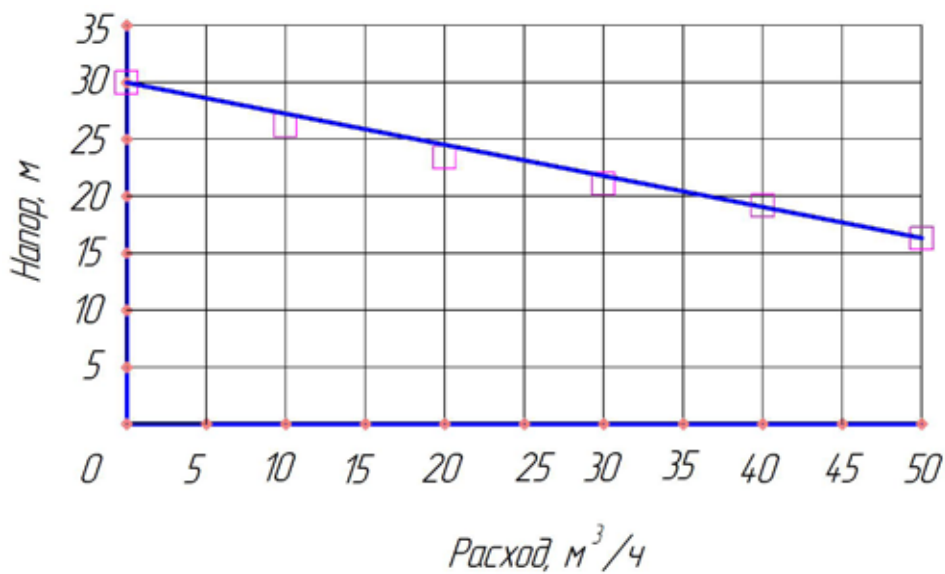


Рис. 2. Изменение напорных характеристик в зависимости от зазора при различных расходах



а



б

Рис. 3. Наилучшие режимы работы роторного механизма для образования предельного напора, а — график зависимости наилучшего значения зазора от расхода, для приобретения предельного напора, б — график зависимости предельной напорной характеристики от расходной при определенных зазорах

возможность установить напорную и расходную характеристику РПА по всей зоне изменения проходимого сечения между крайними поверхностями статора и ротора; уста-

новить факторы, которые оказывают воздействия на напорную характеристику данной установки; открыть целесообразные режимы переработки изделия.

Литература:

1. Ободович, А. Н., Лымарь А. Ю. Исследование гидравлических характеристик роторно-пульсационного аппарата при обработке водозерновой смеси. Восточно-Европейский Журнал Передовых Технологий. Выпуск №7 (67)/том 1/2014
2. Инновационный патент РК №21924 Устройство для производства взбитых молочных продуктов.

Принципы работы и применяемость DNG-метаматериалов

Михайлов Дмитрий Сергеевич, аспирант;

Лившичев Александр Николаевич, аспирант

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В статье представлена история возникновения метаматериалов, обобщены принципы их работы. Рассмотрены способы создания метаматериалов при помощи массивов резонаторных ячеек. Показаны существующие разновидности SRR-колец.

Ключевые слова: метаматериал, DNG-материал, SRR-кольца.

Теоритические основы работы DNG-метаматериалов

Важнейшими параметрами, характеризующими электродинамические свойства материалов, являются диэлектрическая ϵ и магнитная μ проницаемости. В зависимости от знака этих проницаемостей, гипотетически могут существовать 4 типа материалов: DNG (Double Negative), DPS (Double Positive), MNG (μ Negative) и ENG (Negative). Рассматриваемые DNG-материалы не существуют в природе, следовательно, могут быть получены лишь искусственно [2]. При этом наиболее распространены в природе DPS-материалы. Достичь DNG свойств позволяют метаматериалы, представляющие собой искусственные структуры, электромагнитные свойства которых выходят за рамки обычных представлений. При этом размер структурной единицы метаматериала должен быть существенно меньше длины волны излучения, благодаря чему волна будет воспринимать материал как однородный, обладающий некоторыми эффективными значениями диэлектрической и магнитной проницаемостей, не отличая его от обычных природных материалов. Сам термин метаматериалы был предложен руководителем Центра электромагнитных материалов и устройств в Остине (штат Техас, США) Роджером Уолсером в 2000 г.

Впервые существование материалов в одновременной отрицательностью диэлектрической и магнитной проницаемостей предположил советский физик Виктор Веселаго в 1967г в работе [1]. 32 года работа Веселаго оставалась без должного внимания в силу отсутствия ответствующего материала. Однако, в 1999 г. англий-

ский физик Джон Брайан Пендри с коллегами опубликовали статью [3], посвященную физике отрицательных диэлектрической и магнитной проницаемостей, где также предложили возможные конструкции метаматериалов, обладающими левыми свойствами (LHM—Left-handed metaterial), в частности, в этой статье впервые были предложены SRR-кольца (Split Ring Resonator), обладающие отрицательной μ (см. рис. 1).

Примерно через год после этого Дэвид Смит с соавторами в статье [4] предложили DNG-метаматериал, в котором были использованы придуманные Пендри SRR-кольца для получения отрицательной магнитной проницаемости и отрезки прямых проводников для получения отрицательной диэлектрической проницаемости. Эффект отрицательного преломления в этой статье был зафиксирован в диапазоне от 4,8 до 5,1 ГГц. Вскоре после этого LHM-материалы и отрицательное преломление (достигается при одновременной отрицательности ϵ и μ) были продемонстрированы экспериментально.

Особенность LHM-метаматериалов состоит в том, что векторы H , E и k (определяющий направление групповой скорости волны) в них образуют не правую, а левую тройку векторов. При этом вектор Пойнтинга, определяющий направление распространения энергии ЭМВ и направление ее групповой скорости, по-прежнему образует с векторами E и H правую тройку. Следовательно, групповая и фазовая скорости в LHM-метаматериале направлены противоположно.

Однако, величина волнового сопротивления среды не может быть отрицательна, и у DNG-метаматериала

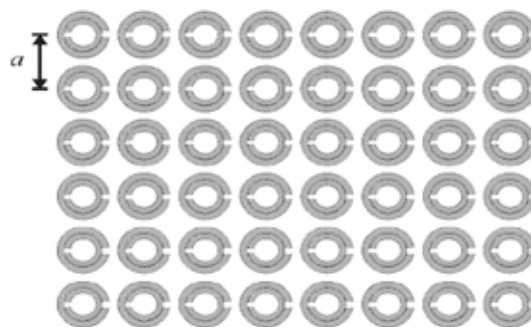


Рис. 1. Массив SRR-колец Пендри [3]

она положительна. Как известно, волновое сопротивление среды определяется по формуле:

$$z = \sqrt{\mu/\epsilon} \tag{1}$$

Отсюда легко понять, что если ЭМВ падает на границу раздела двух сред, одна из которых имеет положительные значения ϵ и μ , а вторая — DNG-метаматериал со значениями ϵ и μ , равными по модулю и противоположными по знаку значениям проницаемостей для первой среды, то ЭМВ не претерпевает отражения от границы раздела, так как волновые сопротивления сред оказываются одинаковы. Таким образом, преломленная волна распространяется во второй среде по той же стороне от нормали к границе раздела, что и падающая.

Рассмотренные в вышеупомянутой статье [4] кольца демонстрировали положительную μ на частотах ниже резонансной, и, совершенно неожиданно, отрицательную μ на частотах, совсем немного больших резонансной (см. рис. 2).

На рис. 2, ω_0 — резонансная частота, а ω_{mp} — магнитная плазменная частота, на которой эффективная магнитная проницаемость среды обращается в нуль, по аналогии с тем, как диэлектрическая проницаемость плазмы обращается в нуль на плазменной частоте. Как видно на графике, именно в интервале между ω_0 и ω_{mp} эффек-

тивная магнитная проницаемость принимает отрицательные значения. Оба параметра определяются геометрией метаматериала, например, для SRR-колец они определяются по следующим формулам:

$$\omega_0 = \frac{c}{\pi} \sqrt{\frac{3d}{8r^2\epsilon}}, \tag{2}$$

$$\omega_{мп} = \frac{\omega_0}{\sqrt{1-F}}, \tag{3}$$

$$F = \pi \left(\frac{r}{a}\right)^2, \tag{4}$$

где d — ширина промежутка между соосными кольцами, a — период решетки SRR-колец, r — радиус внутреннего кольца.

А $\mu_{эфф}$ определяется по формуле:

$$\mu_{эфф}(\omega) = 1 + \frac{F\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \tag{5}$$

Эквивалентная схема SRR-колец показана на рис. 3.

Необходимо отметить, что LC-резонансы идеально проводящих металлов (например, SRR-колец) представляют собой геометрические LC-резонансы (GLC-резонансы). Частоты LC-резонансов определяются геометрией разомкнутого кольца и его размерами, а не электромаг-

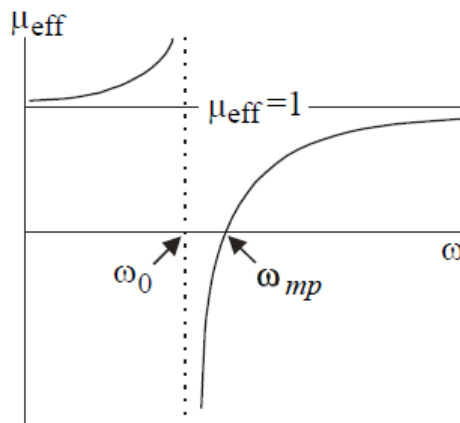


Рис. 2. Зависимость $\mu_{эфф}$ от частоты для массива SRR-колец [3, с. 8]

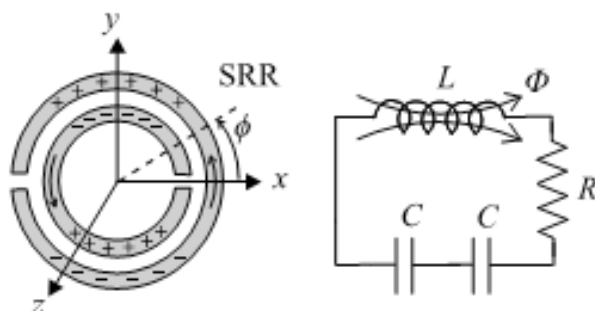


Рис. 3. Эквивалентная схема SRR [6]

нитными свойствами металла. На эту модель можно полагаться лишь в том диапазоне частот, в котором металл можно считать проводником. Традиционно такие структуры предлагались для СВЧ, затем подобный метод получения отрицательной μ был распространен на средний ИК диапазон [7,8]. Но при переходе в оптический диапазон спектра, ввиду того, что размеры наноструктур становятся меньше глубины скин-слоя, электромагнитный отклик в металлах имеет плазменную природу, и ключевую роль в электродинамических свойствах метаматериала играет не GLC, а плазменные резонансы — электрический поверхностный плазмонный резонанс (ППР) и магнитный плазмонный резонанс (МПР). Необходимо помнить, что с ростом частоты растут и потери.

Необычность электродинамических свойств SRR-колец заключается также в том, что обычные, природные материалы на гигагерцевых и выше частотах не проявляют магнитных свойств, для них $\mu=1$. Исключение здесь составляют ферриты, магнетизм которых исчезает на частотах выше 10 ГГц. И только метаматериалы обладают магнитными свойствами на частотах гораздо выше 10 ГГц, охватывая ИК и даже оптический диапазон, в зависимости от свойств металла и геометрии структур.

Достичь отрицательности эффективной диэлектрической проницаемости среды позволяет композитный мате-

риал, составленный из прямых отрезков проводников (см. рис. 4).

Для отрезков прямых проводников GLC-резонансы определяются толщиной провода, которая намного больше глубины скин-слоя. А при переходе в оптическую область частот, при возникновении уже плазмонных резонансов, фактор усиления зависит только от диэлектрической проницаемости металла и отношения линейных размеров проводника. На рис. 5 показана аналогия между плазмонным резонансом в металлической наночастице и резонансом в RLC-контуре [4].

При $\epsilon(\omega) > 0$, в диапазоне частот $\omega_0 < \omega < \omega_{пл}$ дисперсионная зависимость для метаматериала будет иметь запрещенную зону (стоп-зону), или диапазон запрещенных частот, в котором метаматериал будет работать как полосозаграждающий фильтр. А с введением в структуру массива отрезков прямых проводников, обладающих отрицательной ϵ (то есть при превращении материала с отрицательной μ в DNG-ММ), ММ начинает вести себя уже как полосопропускающий фильтр в том же диапазоне частот [6]. Геометрия такого DNG метаматериала приведена на рис. 6. Чтобы избежать влияния отрезков прямых проводников на магнитные свойства SRR-колец, необходимо вынести отрезки из областей концентрации магнитного поля в кольцах.

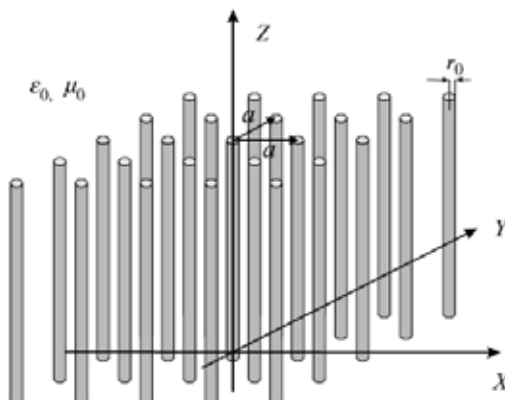


Рис. 4. Массив проводников обеспечивающий отрицательность $\epsilon_{эфф}$ [6]

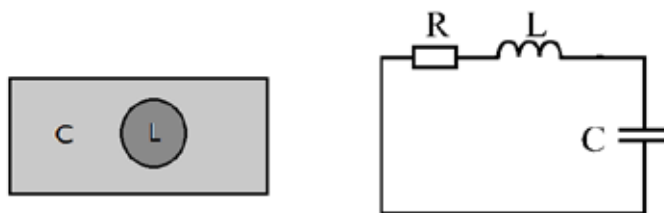


Рис. 5. Аналогия между плазмонным резонансом и резонансом RLC-контура [4, с. 18]



Рис. 6. Экспериментальный образец DNG-метаматериала

Для резонансного возбуждения прямых отрезков проводников необходимо, чтобы длина волны излучения была кратна половине длины отрезков:

$$\lambda = na, \tag{6}$$

где a — половина длины стержня. Чаще всего рассматривают диапазон длин волн $\lambda > 2a$, который включает наиболее важный полуволновой резонанс при $\lambda \cong 4a$.

Низкочастотная диэлектрическая проницаемость не зависит от частоты, однако на высоких частотах становится дисперсионной. Необходимо максимально приблизить диапазон отрицательности диэлектрической проницаемости, заключенному между электронной резонансной частотой и электронной плазменной частотой. Эффективная плазменная частота электронов в прямом отрезке металлической проволоки:

$$\omega_{\text{пл}} \sim d^2 \sqrt{L}, \tag{7}$$

где L — коэффициент самоиндукции на единицу длины, d — длина отрезка проводника.

Поскольку диэлектрическая и магнитная проницаемость — комплексные величины, требуется преобладание в них действительных частей — большая величина мнимых частей не позволяет наблюдать отрицательное преломление. Минимизировать потери в метаматериале можно, например, охлаждая ММ до сверхнизких температур. Наиболее подробно электродинамика метаматериалов описана в книгах [4] и [5].

Обзор публикаций

Остановимся более подробно на примерах практической реализации метаматериалов. Существует множество вариаций традиционной конструкции кольцевых резонаторов. В зависимости от того, какую необходимо получить резонансную частоту ω_0 (для излучения в СВЧ диапазоне), варьируются такие параметры как: диаметр колец, расстояние между внешним и внутренним кольцом, количество и величина разрезов колец и т.д. Примеры использования различных исполнений кольцевых резонаторов можно найти в статьях [9–14].

Напомним, что массив SRR колец обеспечивает только отрицательную магнитную проницаемость μ и для того, чтобы реализовать DNG-среду понадобится дополнить ее массивом из электрических резонаторов. Чтобы избежать такого усложнения конструкции, в статьях [15–17] предлагается создать массив из включений в форме «S» (см. рис 7а), который характеризуется одновременной отрицательностью ϵ и μ . Проведено моделирование, представлены полученные результаты подтверждающие левый характер полученной среды.

Другой отрицательной особенностью использования массивов традиционных SRR является бианизотропность (одновременное присутствие диэлектрической и магнитной анизотропии) полученных сред. В статьях [18,19] описывается это явление и предлагается улучшенная конструкция SRR-колец — BC-SRR (Broadside-Coupled SRR). Основное ее отличие от SRR, предложенных Пендри, состоит

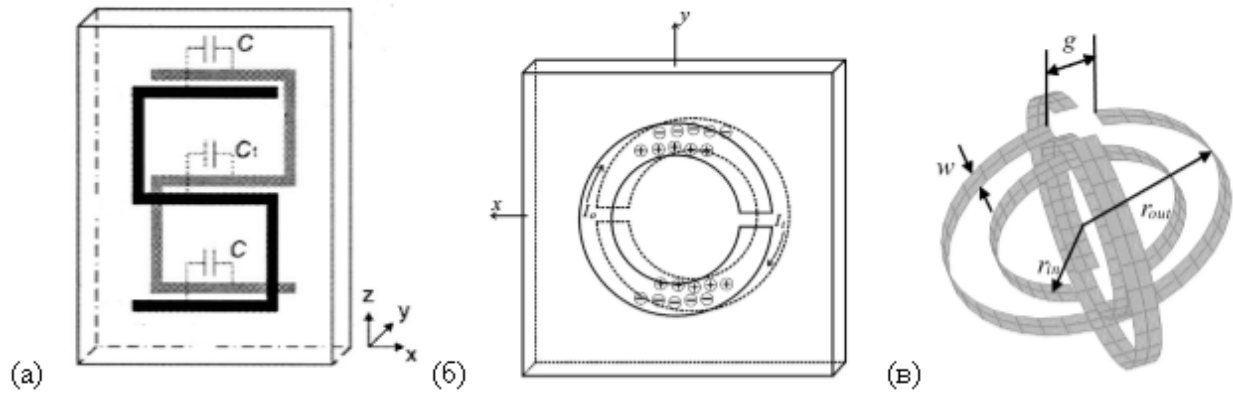


Рис. 7. Модифицированные SRR. S-образная конструкция [15] (а); конструкция BC-SRR и распределение в нем зарядов [18] (б); двумерная конструкция CSRR [21] (в)

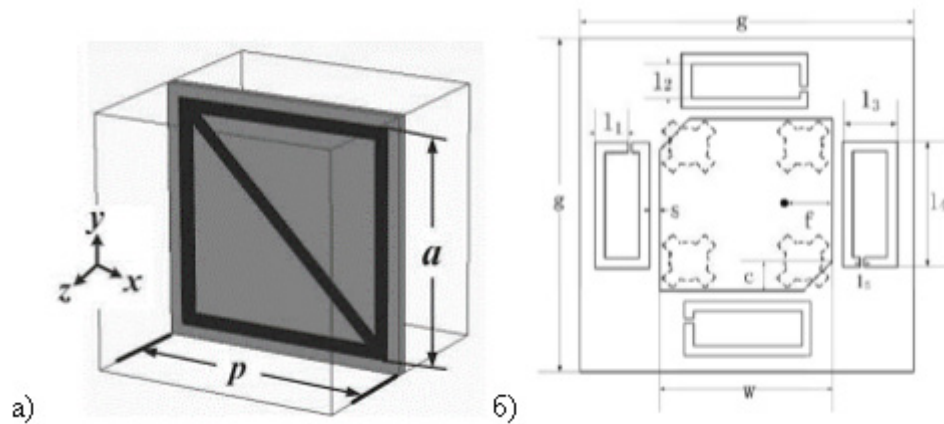


Рис. 8. Варианты конструкции колец для излучения с круговой поляризацией. Резонатор в виде квадратной рамки (а); прямоугольные SRR, расположенные вокруг печатной антенны [23] (б)

в том, что вместо внутреннего кольца используется другое, по обратную сторону подложки (см. рис 7б).

Такая модификация позволила избавиться от бианизотропности среды и, как следствие, нежелательных кросс поляризационных эффектов.

Еще одна модификация колец, предложена в статьях [20,21]. В них метаматериал формируется при помощи двумерных пересекающихся двойных колец — CSRR (Crossed-SRR). Конструкция колец изображена на рис. 7 в. Явным преимуществом рассмотренной конструкции является то, что среда, полученная из трехмерного массива таких колец, обладает изотропностью под любым углом распространения излучения.

Отдельного внимания заслуживают особенности использования метаматериалов для работы с излучением имеющим круговую поляризацию. В статье [22] описан один из способов создания такой среды. Вместо традиционных SRR — колец в ней применен массив из замкнутых рамок с диагональной полосой внутри (рис. 8а). Использование метаматериала позволило улучшить импеданс и коэффициент усиления антенны.

Еще один пример использования метаматериала для поляризованного излучения описан в статье [23]. В ней используются 4 квадратных кольца с разрезами, расположенные вокруг печатной антенны. С их помощью удалось увеличить ширину рабочего диапазона частот антенны без увеличения габаритов. Способ расположения колец представлен на рис. 8б.

Заключение

В заключение хотелось бы отметить, что в данной обзорной статье представлены только самые базовые сведения о технологии метаматериалов. Их популярность увеличивается с каждым днем и растущее число научных статей на эту тему доказывает это. К числу уже открытых применений ММ можно отнести создание частотно-селективных поверхностей, всевозможные улучшения свойств антенн, линзы со сверхразрешением и многое другое. Перспективность данного направления трудно переоценить и в ближайшее время вероятно будут обнаружены новые полезные применения метаматериалов.

Литература:

1. В. Г. Веселаго, Электродинамика веществ с одновременными отрицательными значениями ϵ и μ , Успехи Физических Наук, т. 92, вып. 3, с. 517–525, 1967.
2. Allison Denise Kipple, *Fundamental Investigations of Double-Negative (DNG) Metamaterials Including Applications for Antenna Systems — Volume 65. Issue 12.* — P. 6555.; 262 p.
3. J. B. Pendry [et al]. «Magnetism from Conductors and Enhanced Nonlinear Phenomena.» *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 1999 — Volume 47. Issue 11. — P. 2075–2084.
4. Электродинамика метаматериалов/Пер. С англ. В. Г. Аракчеева, Ю. В. Владимировой — М.: Научный мир, 2011—224 с.
5. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы: Учебное пособие/В. А. Астапенко — Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2012. — 584 с.
6. *Metamaterials with negative parameters: theory, design and microwave applications/Ricardo Marque' s, Ferran Martin, Mario Sorolla* — Wiley, 2008. — 315p.
7. S. Linde, C. Enkrich, M. Wegener, J. Zhou, T. Koschny, and C. M. Soukoulis. *Science*, 306:1351, 2004.
8. N. Katsarakis, T. Koschny, M. Kafesaki, E. N. Economou, and C. M. Soukoulis. *Appl. Phys. Lett.*, 84:2943, 2004.
9. Composites with tuned effective magnetic permeability, Alireza V. Amirkhizi and Sia Nemat-Nasser, *J. of App. Phys.* 102, 014901, 2007.
10. Composite Medium with Simultaneously Negative Permeability and Permittivity, D. R. Smith, Willie J. Padilla, D. C. Vier, S. C. Nemat-Nasser, S. Schultz, *Phys. Rev. Lett.* 84, [4184] (1999).
11. Experimental observation of left-handed transmission in a bilayer metamaterial under normal-to-plane propagation, Kaan Guven, M. Deniz Caliskan, and Ekmel Ozbay, *Opt. Express* 14, 8685–8693, 2006.
12. Optical bandpass filter using split ring resonators, A. Zarifkar, A. Rahmani, *Progress In Electromagnetics Research M*, Vol. 2, 93–103, 2008.
13. Enhanced transmission of electromagnetic waves through split-ring resonator-shaped apertures, Levent Sahin, Koray Aydin, Gonul Turhan Sayan, Ekmel Ozbaya, *Journal of Nanophotonics*, 5 (1)[051812], 2011.
14. Transmission Properties Of Stacked Srr Metasurfaces In Free Space, M. Aznabet [et. al], *Progress In Electromagnetics Research M*, Vol. 20, 1–11, 2011.
15. Design and Simulation of Double «S» Shaped Metamaterial. Hayet Benosman, Nouredine Boukli Hacene, *JCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 2, No 1, March 2012.
16. Magnetic Properties Of S-Shaped Split-Ring Resonators, H. S. Chen, L. X. Ran, *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 51, 231–247, 2005.
17. Left-handed materials composed of only S-shaped resonators. Hongsheng Chen, Lixin Ran, *Physical review E* 70, 057605, 2004.
18. [18], R. Marque' s, F. Medina and R. Rafii-El-Idrissi «Role of bi-anisotropy in negative permeability and left handed metamaterials.» *Phys. Rev. B*, vol. 65, paper 144441, 2002.
19. [19], R. Marque' s, F. Mesa, J. Martel, and F. Medina «Comparative analysis of edge and broad-side coupled split ring resonators for metamaterial design. Theory and experiment.» *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 51, pp. 2572–2581, 2003.
20. [20] Performance Analysis of Metamaterials With Two-dimensional Isotropy, Hai-Ying Yao, Le-Wei Li, *High Performance Computation for Engineered Systems*, 2004.
21. [21] Macroscopic Performance Analysis Of Metamaterials Synthesized From Microscopic 2-D Isotropic Cross Split-Ring Resonator Array, H.-Y. Yao, *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 51, 197–217, 2005.
22. [22] Simultaneous gain and bandwidths enhancement of a single-feed circularly polarized microstrip patch antenna using a metamaterial reflective surface, S. Chaimool, K. L. Chung, and P. Akkaraekthalin, *Progress In Electromagnetics Research B*, Vol. 22, 23–37, 2010.
23. [23] A new method for broadening bandwidths of circular polarized microstrip antennas by using DGS & parasitic split-ring resonators, Z.-B. Deng, W. Jiang, S.-X. Gong, Y.-X. Xu, and Y. Zhang, *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 136, 739–751, 2013.

Методология практического применения исторического кроя в проектировании современной одежды

Москвин Алексей Юрьевич, аспирант;

Москвина Мария Александровна, аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна

Статья посвящена разработке методологических основ применения элементов исторического кроя в современном проектировании. На примере видоизменения конструкции современного пиджака вследствие внедрения в нее элементов кроя 19 века, раскрыт механизм формирования компромиссного конструктивного решения. Описаны особенности конструктивного внедрения простых, сложных и комплексных элементов исторического кроя. Разработана концептуальная модель процесса частичной реализации исторического кроя в современном проектировании.

Ключевые слова: проектирование мужской одежды, конструирование одежды, исторический крой, адаптация кроя, параметры конструкции одежды, конструктивное решение одежды, проектирование современного костюма, исторические мотивы в костюме.

Исторические мотивы в современном проектировании — распространенное явление, приводящее к актуализации исследований в области взаимосвязи истории и современности в создании высококачественных предметов потребления. В данной статье представлены разработки, логически продолжающие предшествующие исследования, посвященные формированию методики адаптивного применения исторического кроя в современном проектировании [1; 2; 3 и др.] Несмотря на обширные исследования, проведенные ранее, механизм адаптивного применения элементов исторического кроя в построении современного чертежа модели одежды требует уточнения. Составляющие процесса адаптивного применения исторического кроя должны быть разработаны с учетом специфических особенностей этого процесса.

Целесообразно раскрытие особенностей проектирования современной одежды с историческим кроем на примере конструкции мужского пиджака. Условная модель мужского пиджака (рис. 1), разработанная на основе кроя второй половины 19 века, включает следующие исторические элементы: положение плечевого шва, высота проймы/оката рукава, положение входа в карман и размеры клапана кармана, форма края борта, высота шлицы и длина изделия. Все вышеперечисленные элементы кроя подчинены композиционному решению современного изделия и являются средством достижения художественной выразительности.

В ходе ранее проведенных исследований была разработана классификация элементов кроя, условно разделяющая элементы на основе сложности их конструкции [3]. В данном примере модели мужского пиджака присутствуют элементы всех трех типов: простые, сложные, комплексные. Форма края борта пиджака является простым элементом, положение и размер клапана кармана — сложными элементами, а конструктивное решение оката рукава и проймы, как и форма (положение) плечевого шва являются комплексными элементами кроя.

Адаптивное применение простых и сложных элементов кроя, не задействованных в формообразовании изделия, может быть реализовано посредством переноса исторических форм срезов в современную конструкцию с небольшими видоизменениями, требующимися для достижения соответствия их внешнего вида эскизному проекту. Исторических форм отдельных срезов можно добиться и серией последовательно проведенных операций конструктивного моделирования.

Сложные и комплексные элементы кроя, влияющие на пространственную форму изделия, должны быть описаны параметрически. Известно, что форма одежды характеризуется (и обусловлена) параметрами отдельных участков конструкции, таких, как положение, форма, длины конструктивных отрезков (рис. 2). Эти параметры актуальны и для современных и для исторических конструкций.

В 19 веке не проводилось исследований, посвященных определению параметров конструкции, оптимальных для достижения удовлетворительных эргономических характеристик изделия. Историческими особенностями кроя этой эпохи являются: прилегающий силуэт, минимальные прибавки на свободу облегания, мягкая линия плечевого ската, сравнительно небольшая длина пиджаков в пропорции к костюму. Более важную роль, по сравнению с современными принципами формообразования, занимали операции влажно-тепловой обработки. Эти факты приводят к различиям в конструктивном решении изделий в целом, и расхождениями в эргономических характеристиках современной одежды и изделий 19 века в частности.

Сопоставление конструкций позволяет наглядно продемонстрировать различия между историческим и современным чертежами. Построение чертежа современной конструкции осуществлено по методике «М. Мюллер и сын» [4], исторический пиджак построен по методике «The American coat, west and trousers system» [5]. В каче-

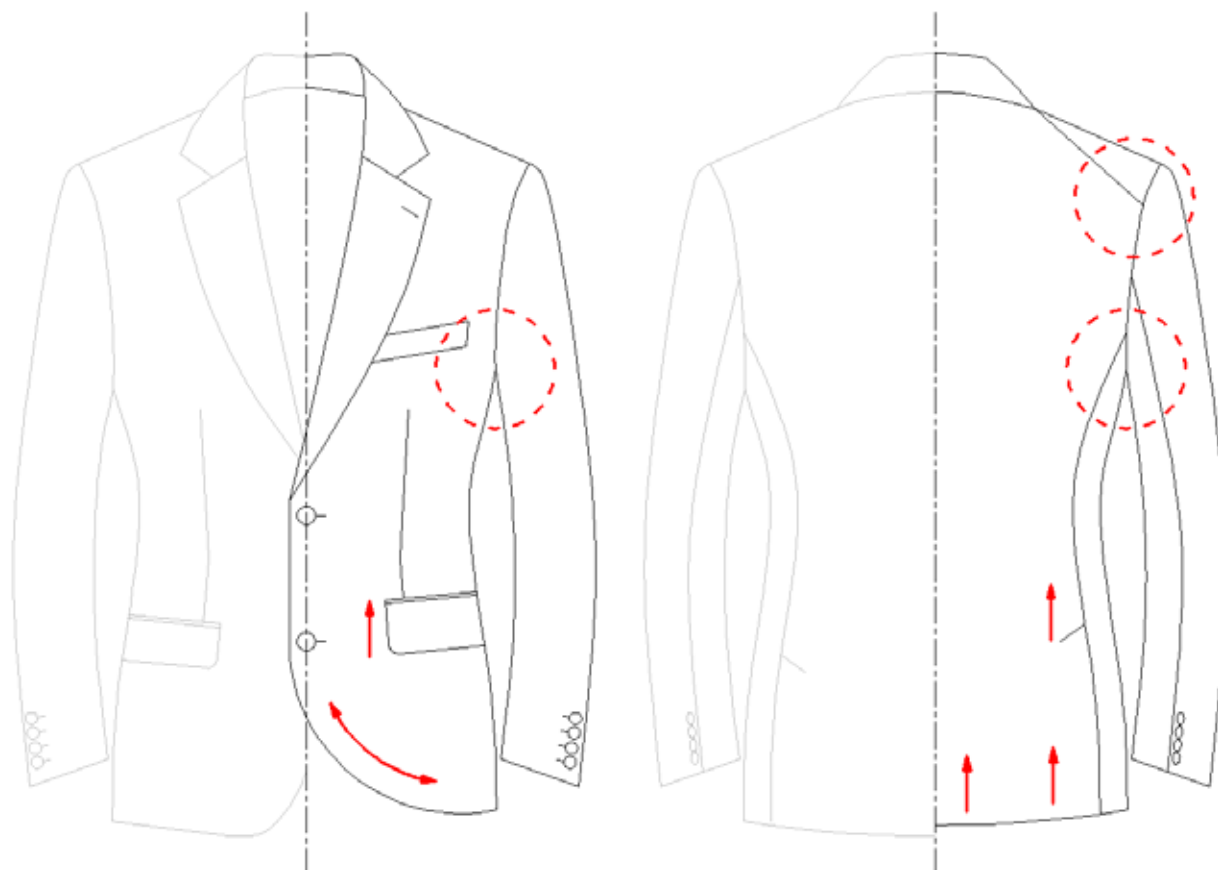


Рис. 1. Технический рисунок классического современного пиджака (слева) и пиджака с элементами кроя 19 века (справа)

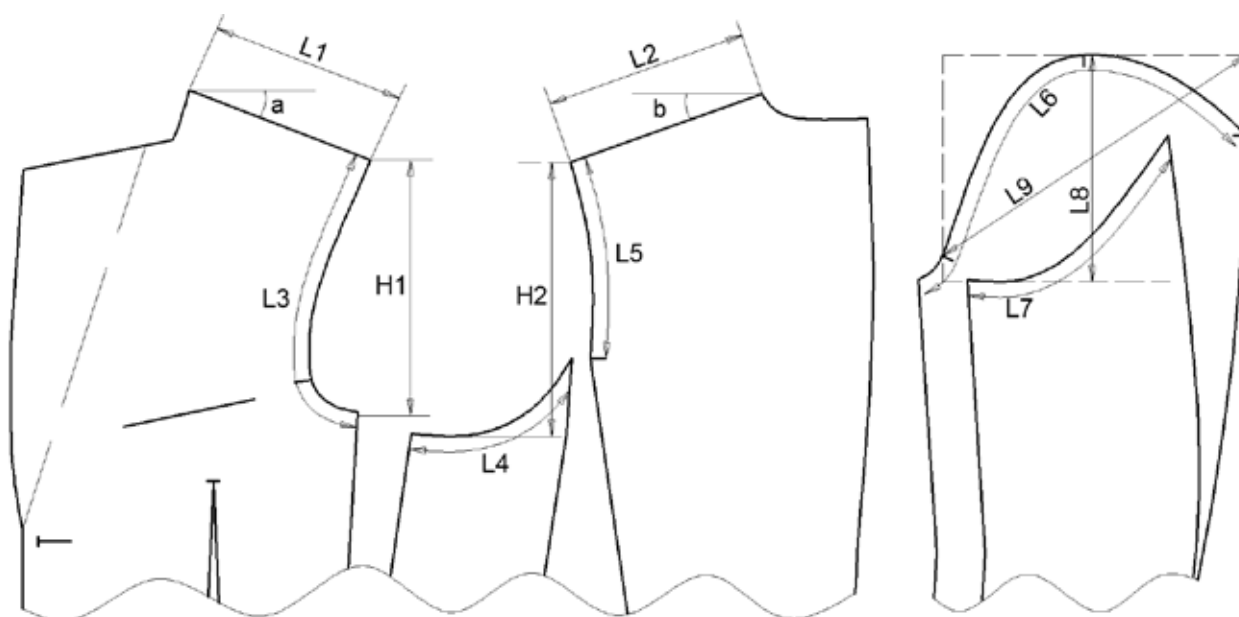


Рис. 2. Параметры конструктивного решения узла окат рукава — пройма и плечевых срезов

Таблица 1. Конструктивные параметры современного и исторического элементов кроя

Обозначение на чертеже	Наименование	Значение в чертеже		Отклонение
		Современном	Историческом	
Стан				
L1	Длина плечевого среза переда	16	17.3	+1.3
L2	Длина плечевого среза спинки	16.7	17.7	+1
L3	Длина проймы переда	23.9	23.5	-0.4
L4	Длина проймы бочка	15.8	8	-7.8
L5	Длина проймы спинки	16.3	10.8	-5.5
-	Длина проймы (общая)	56	42.3	-13.7
H1	Глубина проймы переда	21.3	17.5	-3.8
H2	Глубина проймы спинки	22.5	13	-9.5
-	Глубина проймы (средняя)	21.7	15.2	-6.5
a	Наклон плечевого среза переда	21 град.	11 град.	-10 град.
b	Наклон плечевого среза спинки	20 град.	39 град.	+19 град.
Рукав				
L6	Длина оката верхней части рукава	39.7	34	-5.7
L7	Длина оката нижней части рукава	21.8	16.2	-5.6
-	Длина оката рукава	61.5	50.2	-11.3
-	Величина посадки по окату	5.5	7.1	+1.6
L8	Высота оката рукава	18.5	14.4	-4.1
L9	Ширина рукава по наклонной	29.9	25.9	-4

стве исходных данных использованы величины размерных признаков типовой фигуры 182–100–90, представленные в размерной типологии Центрального Научно-Исследовательского Института Швейной Промышленности [6], разработанной в 2005 г. Параметры элементов полученных современной и исторической конструкций, необходимые для адаптивного применения исторического кроя, представлены в таблице 1, обозначения соответствуют представленным на рисунке 2.

Для определения отличительных особенностей, характерных для кроя костюма — прототипа, закономерно выполнить наложение чертежей (рис. 3). Для соответствия конструктивных параметров исторических и современных элементов кроя необходимо предварительно выполнить унификацию формообразующих растворов, приведя их к современному виду. В рассматриваемом авторском примере, отличительными чертами исторических элементов является смещение плечевого среза на деталь спинки в совокупности с формой плечевого среза переда, а также уменьшенная глубина проймы. Эти особенности заметны на эскизном проекте современного пиджака с историческим кроем (рис. 1) и подтверждены численными значениями отклонений параметров конструкции современного пиджака от исторических значений (табл. 1).

Согласно сущности процесса адаптивного применения исторического кроя в современном проектировании, отличительные конструктивные особенности (соответствующие внешнему виду) элемента исторического кроя должны быть сохранены в современном изделии [см. подробнее, 2]. С другой стороны, исторический

крой не может быть применен в современной конструкции без каких-либо заметных видоизменений.

Существует несколько классификаций требований, предъявляемых к современным швейным изделиям. Однако, общепринятым считается разделение требований на: социальные, функциональные, эргономические, эстетические, эксплуатационные, экономические, конструкторско-технологические [7]. Наиболее актуальна адаптация элементов исторического кроя, задействованных в формообразовании, к эргономическим, эстетическим и конструкторско-технологическим требованиям, предъявляемым к современной одежде. Процесс адаптации элементов к современной конструкции заключается не столько в гармоничном внедрении элементов в современный чертеж, сколько в выработке компромиссного конструктивного решения, удовлетворяющего в равной степени трем перечисленным выше группам требований.

Для рассматриваемого примера применения исторической формы проймы, компромиссное решение (рис. 4) будет заключаться в сохранении отличительных особенностей исторического элемента (относительно небольшая глубина проймы) наряду с изменением форм и длин его отдельных срезов с целью удовлетворения группы антропометрических требований к швейным изделиям. Традиционная прибавка к размерному признаку «высота проймы сзади» (согласно М. Мюллеру), однозначно определяющая глубину проймы, составляет для пиджака не менее трех сантиметров, включающих прибавку да свободу облегания и прибавку на пакет. В мужской одежде

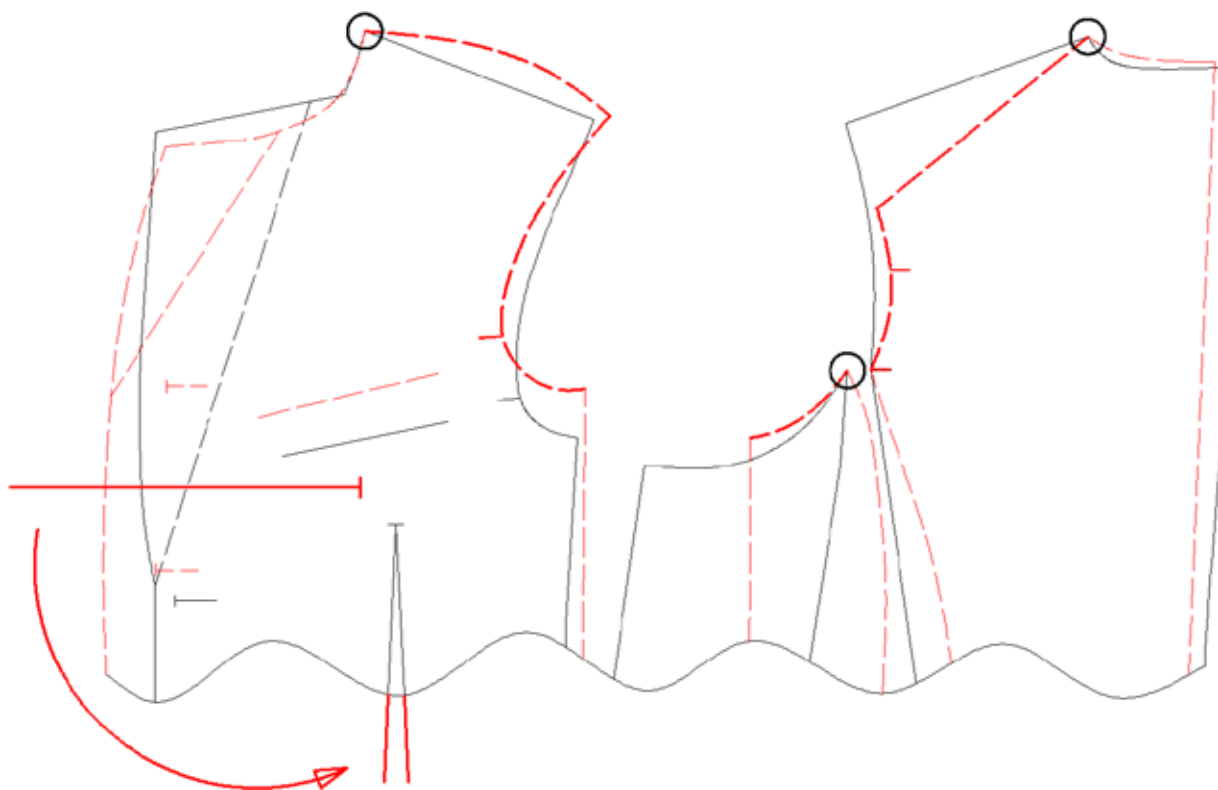


Рис. 3. Сопоставление чертежей конструкций современного мужского пиджака и пиджака-прототипа

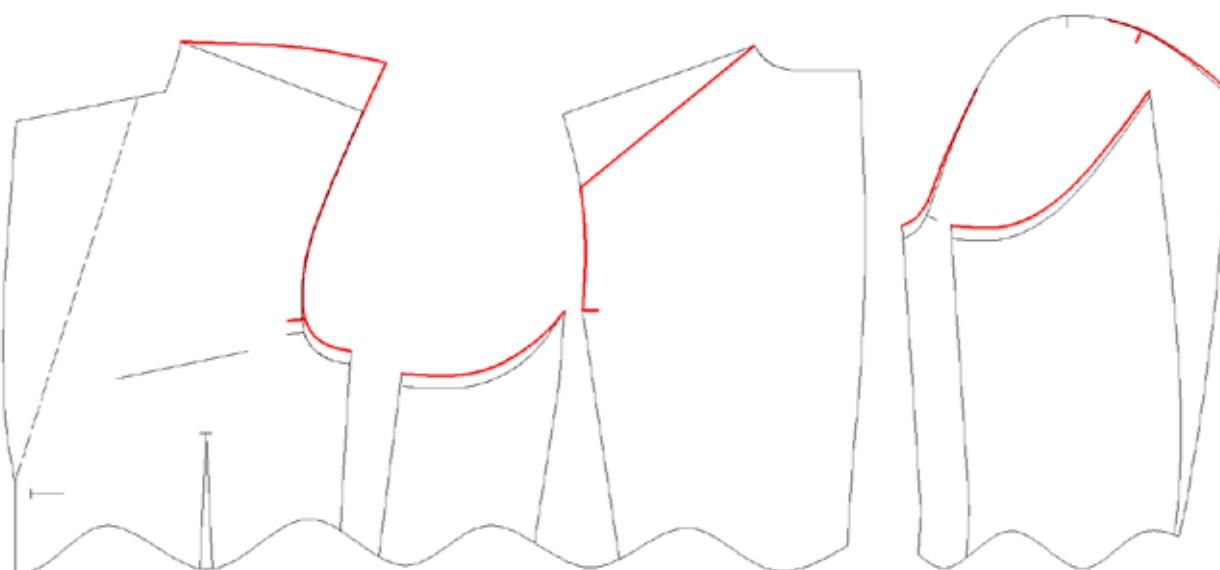


Рис. 4. Чертеж конструкции современного пиджака с внедренными элементами исторического кроя

19 века значения прибавки к глубине проймы колеблется от 0.5 до 3.2 см. Окончательные величины изменений определяются конструктором индивидуально. В данном примере, глубина проймы уменьшена на 1.2 см. Как следствие конструктивных взаимосвязей между проймой и окатом рукава, сохранена пропорция между высотой проймы и высотой оката рукава. Изменения длины оката рукава согласованы с изменениями длины проймы.

Для формы и положения плечевого среза важное значение имеют эстетические требования. Линия плечевого шва перенесена на деталь спинки на 4.5 см. с перерасчетом величины посадки вследствие изменения формы плечевого среза переда. Форма плечевого шва переда видоизменена относительно современной конструкции в пользу исторической, в плечевой срез перенесена часть формообразующего раствора области лопаток.

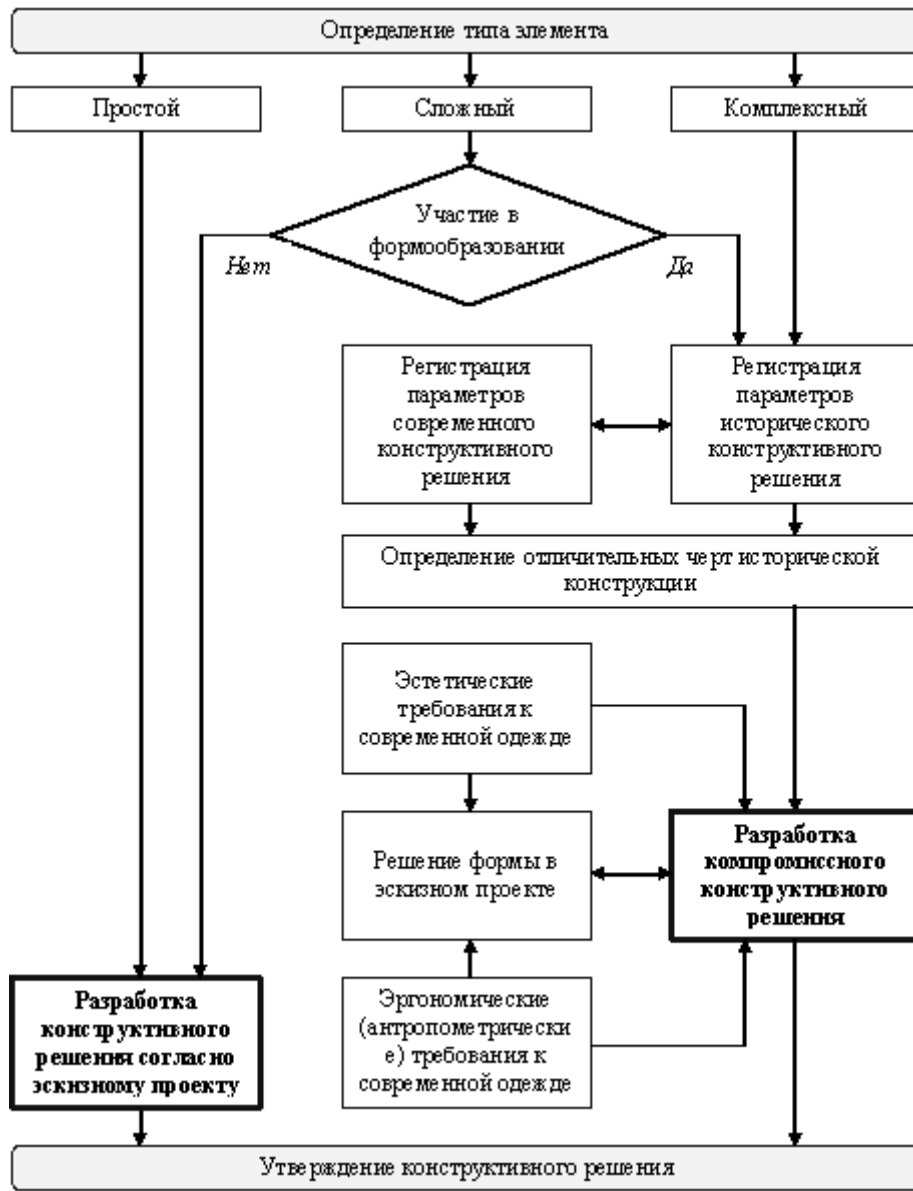


Рис. 5. Концептуальная модель процесса разработки конструктивного решения современной модели одежды с элементами исторического кроя

Итак, последовательность действий при разработке конструктивного решения (рис. 5) определяется тем, задействован ли элемент исторического кроя в формообразовании изделия. В связи с этим, важнейшим этапом разработки конструкции является определение типов внедряемых элементов, а также выявление их отличительных конструктивных особенностей.

Подобная последовательность процесса обусловлена возможностью реализации в современной одежде исторических элементов, параметрическое описание которых имеет важнейшее значение, например: силуэт, пропорции и т.п. Применение таких сложных и комплексных элементов исторического кроя, как окат рукава — пройма, воротник — горловина, конструктивные членения стана,

компоновка срезов рукава изменяет пространственную форму изделия. Такие элементы имеют внутренние конструктивные взаимосвязи, как между срезами одной детали, так и между срезами различных деталей, которые, наряду со значениями параметров конструкции, должны быть учтены в проектировании.

Практическое применение представленных разработок способствует внедрению исторических элементов инженерной деятельности в арсенал современных специалистов, позволяет обогатить современную продукцию, вывести ее на более высокий уровень качества, усиливая конкурентоспособность и провоцируя коммерческий успех.

Литература:

1. Москвин, А. Ю. Ретроспективный анализ проявления исторических мотивов в модной форме костюма/А. Ю. Москвин // Мир науки, культуры, образования. — 2014. — №2. — с. 271–274.
2. Москвин, А. Ю. Анализ практики адаптивного применения исторического кроя в современных коллекциях одежды [Текст]/А. Ю. Москвин // Дизайн. Материалы. Технология. — 2013. — Т. 4 (№29). — с. 22–26.
3. Москвин, А. Ю. Элементный анализ кроя исторического костюма [Текст]/А. Ю. Москвин // Молодой ученый. — 2013. — №12. — с. 152–157.
4. Сборник Ателье 2008. Мюллер и сын. Техника кроя. — М.: ЭДИПРЕСС-КОНЛИГА, 2009. — 165 с.
5. Gordon, S. S. The American coat, vest and trousers system/S. S. Gordon. — New York: J. J. Mitchell, 1895. — 114 p.
6. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды/ОАО «ЦНИИШП». — М.: ОАО «ЦНИИШП», 2005. — 93 с.
7. Куренова, С. В. Конструирование одежды: учебное пособие/С. В. Куренова, Н. Ю. Савельева. — Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 477 с.

Исследование эффективности работы котельного агрегата в зависимости от состояния обмуровки

Мясоедова Екатерина Николаевна, магистрант;

Коротецкий Иван Николаевич, магистрант;

Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент

Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук;

Надырова Акбота Рыспековна, бакалавр

Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Введение

Проблемы повышения эффективности работы теплогенерирующего оборудования являются бесспорным аргументом при разработке новых устройств и модернизации уже существующих. Для определения эффективности котельного агрегата используют коэффициент полезного действия — отношение полезно использованной теплоты ко всей теплоте, внесенной в топку котла при сжигании топлива. Одной из составляющих потерь котла являются потери через ограждающие конструкции. В связи с этим исследование влияния состояния обмуровки котлов на изменение КПД остается одной из актуальных задач для энергетики. Данному вопросу посвящен ряд исследований и работ. Главными причинами потерь энергии являются: использование устаревших обмуровочных и изоляционных материалов, несоблюдение во время пуска режимов разогрева обмуровки котлоагрегатов, а также длительные сроки внедрения научных разработок и новых технологий по повышению эффективности обмуровки оборудования и тепловой изоляции [1, 2, с. 3, 6–8].

Цель и задачи

Цель — исследование влияния состояния обмуровки на эффективность работы котельного агрегата.

Задачи:

- исследование состояния обмуровки котельного агрегата КЕ–25–14С;
- определение КПД котельного агрегата КЕ–25–14С при различном состоянии обмуровки.

Объект исследования

В качестве объекта исследования был взят котел КЕ–25–14С производительностью 25 т/ч и номинальным давлением 14 кг·с/см² со слоевым сжиганием топлива. Котел данной марки установлен в ряде котельных города Семей Республики Казахстан. В качестве топлива используется каменный уголь марки «Д» разреза Каражыра ВКО (Восточно-Казахстанской области). Рабочий состав угля данной марки представлен в таблице 1.

Для определения КПД котельного агрегата был проведен тепловой расчет [3, с. 19–22].

Значение коэффициента избытка воздуха зависит от типа топочного устройства и вида сжигаемого топлива. По мере движения продуктов сгорания по газоходам котельного агрегата коэффициент избытка воздуха увеличивается [3, с. 19]. Это обусловлено тем, что давление в газоходах меньше давления окружающего воздуха и через

Таблица 1. Рабочий состав угля марки «Д» «Каражыра»

Показатели	Единица измерения	Индекс	Рабочая смесь
Влага общая	%	W_t^r	14,0
Зольность	%	A^p	19,1
Сера общая	%	S_t^p	0,2
Углерод	%	C^p	49,1
Водород	%	H^p	3,8
Азот	%	N^p	0,9
Кислород	%	O^p	12,9

неплотности в обмуровке происходят присосы атмосферного воздуха в газовый тракт агрегата. Для слоевого способа сжигания топлива коэффициент избытка воздуха для топки $\alpha_T = 1,3$ [3, с. 19].

При расчёте котлоагрегата присосы воздуха принимались по нормативным данным [3, с.19, 198–199], что составило для котельного агрегата КЕ-25–14С $\Delta = 0,1$. Температура воздуха в котельной принималась равной 30 °С.

Коэффициенты избытка воздуха за каждой поверхностью нагрева α_i :

$$\alpha_i = \alpha_T + \sum_1^i \Delta \alpha_i, \tag{1}$$

где i — номер поверхности нагрева после топки по ходу продуктов сгорания;

α_T — коэффициент избытка воздуха в топке.

В результате были получены коэффициенты избытка воздуха за каждой поверхностью нагрева: $\alpha_n = 1,4$; $\alpha_k = 1,5$; $\alpha_3 = 1,6$.

Согласно [3, с.16] были определены теоретический объем воздуха $V^0 = 4,949$ м³/кг, необходимый для полного сгорания топлива и теоретический объем продуктов сгорания: $V_{N_2} = 3,914$ м³/кг; $V_{RO_2} = 0,92$ м³/кг; $V_{H_2O}^0 = 0,675$ м³/кг.

Избыточное количество воздуха для каждого участка $V_{изб}^e$, м³/кг, [4, с. 88]:

$$V_{изб}^e = V^0 \cdot (\alpha_{cp} - 1) \tag{2}$$

где α_{cp} — средний коэффициент избытка воздуха для каждой поверхности нагрева.

Результаты расчётов действительного объема водяных паров $V_{H_2O}^d$ и действительного суммарного объема

продуктов сгорания [4, с. 88], м³/кг, представлены в таблице 2.

Для всего выбранного диапазона температур вычисляли энтальпию теоретического объема воздуха I_e^0 , кДж/кг, [3, с. 17]:

$$I_e^0 = V^0 \cdot (c\mathcal{G})_e \tag{3}$$

где $(c\mathcal{G})_e$ — энтальпия 1 м³ воздуха, кДж/м³;

Энтальпия теоретического объема продуктов сгорания для всего выбранного диапазона температур I_e^0 , кДж/кг, [2, с. 17]:

$$I_e^0 = V_{RO_2} \cdot (c\mathcal{G})_{RO_2} + V_{N_2}^0 \cdot (c\mathcal{G})_{N_2} + V_{H_2O}^0 \cdot (c\mathcal{G})_{H_2O} \tag{4}$$

где $(c\mathcal{G})_{RO_2}$, $(c\mathcal{G})_{N_2}$, $(c\mathcal{G})_{H_2O}$ — энтальпии 1 м³ трехатомных газов, теоретического объема азота, теоретического объема водяных паров.

Энтальпия избыточного количества воздуха для всего выбранного диапазона температур $I_{изб}^0$, кДж/кг, [3, с. 17]:

$$I_{изб}^0 = (\alpha - 1) \cdot I_e^0 \tag{5}$$

Энтальпия продуктов сгорания при коэффициенте избытка воздуха больше единицы I , кДж/кг [2, с. 17]:

$$I = I_{изб}^0 + I_e^0. \tag{6}$$

По этим результатам расчёта построили $I - \mathcal{G}$ диаграмму продуктов сгорания (рисунок 1).

По этой диаграмме определили все необходимые значения энтальпий и температур, необходимых для проведения теплового расчёта.

По диаграмме (рисунок 1) определили энтальпию уходящих газов I_{yx} при температуре 140 °С ($I_{yx} = 1500$ кДж/кг).

Потеря тепла с уходящими газами q_2 , %, [3, с. 216]:

$$q_2 = \frac{I_{yx} - Q_e}{Q_n^p} \cdot 100 \%, \tag{7}$$

Таблица 2. Объемы продуктов сгорания, объемные доли трехатомных газов

Величина	$\alpha_T = 1,3$	$\alpha_n = 1,4$	$\alpha_k = 1,5$	$\alpha_3 = 1,6$
Коэффициент избытка воздуха	1,3	1,4	1,5	1,6
Избыточное количество воздуха, м ³ /кг	1,23	1,73	2,22	2,72
Объем водяных паров, м ³ /кг	0,694	0,702	0,710	0,718
Полный объем продуктов сгорания, м ³ /кг	6,757	7,265	7,763	8,271

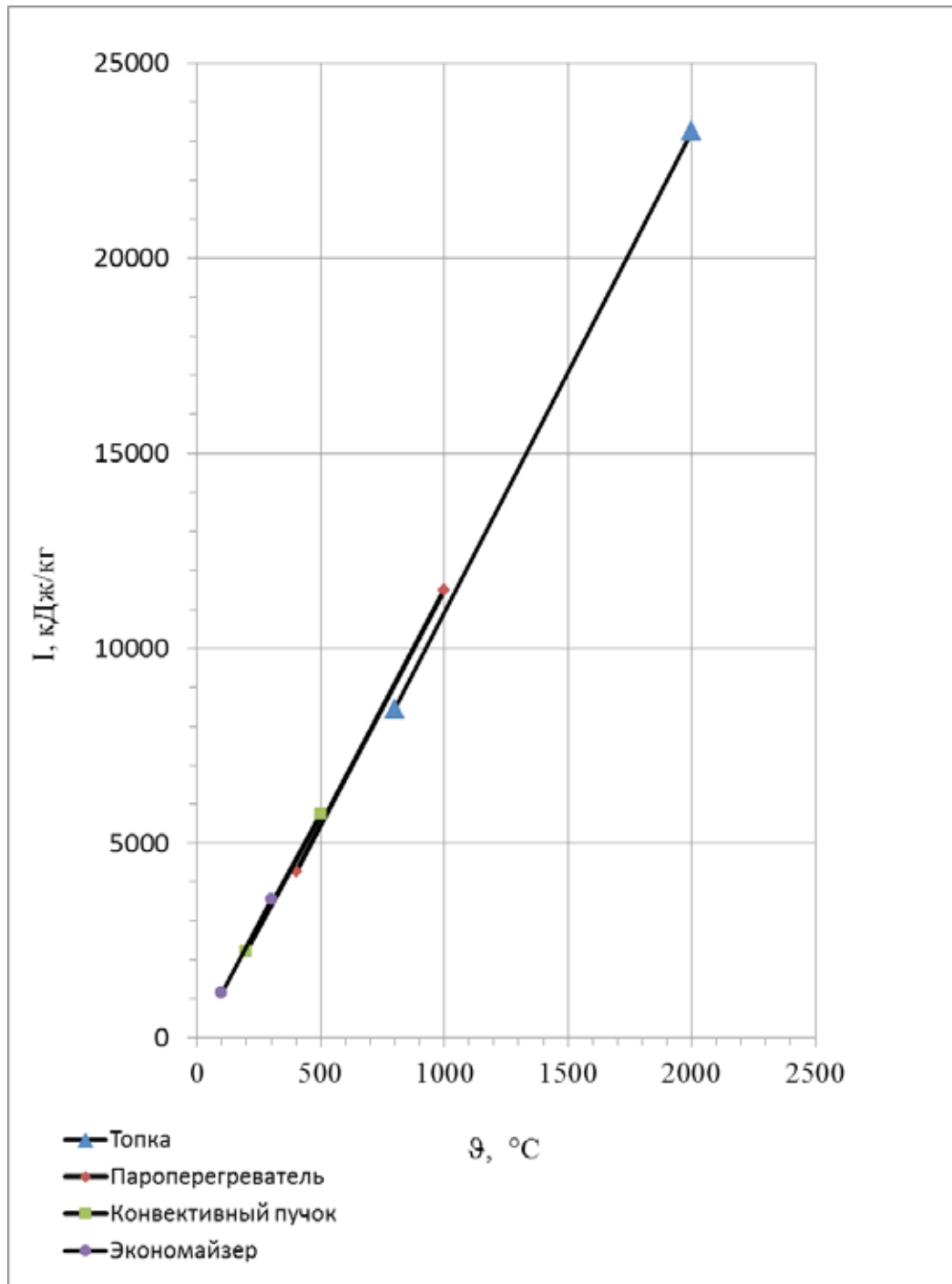


Рис. 1. $I - \theta$ диаграмма для каменного угля марки «Д» разреза Каражыра

где I_{yx} — энтальпия уходящих газов, кДж/кг,

Q_v — теплосодержание поступающего воздуха, кДж/кг;

Q_n^p — низшая теплота сгорания, кДж/кг.

Потери теплоты с уходящими газами q_2 составили 7,7 %.

На основании [3, с. 20–21] определили:

– потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива $q_3 = 0,5$ %;

– потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива $q_4 = 1,5$ %;

– потери теплоты через ограждающие поверхности котельного агрегата $q_5 = 1,2$ %.

Так как котел КЕ-25–14С работает на твердом топливе со слоевым способом сжигания, то необходимо учитывать потери теплоты с теплом шлака q_6 , %, [3, с. 21]:

$$q_6 = \frac{Q_{6шл}}{Q_p^p} \times 100 = \frac{\alpha_{шл}(cv)_{3л} \times A_p}{Q_p^p}, \quad (8)$$

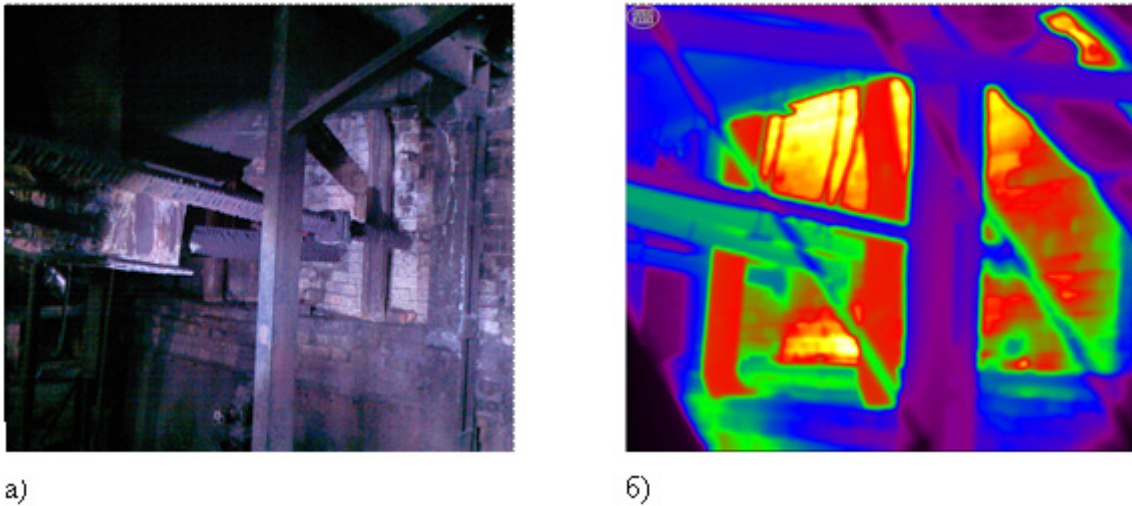


Рис. 2. Котел KE-25-14C (задний экран): а) — Задний экран котла KE-25-14C; б) — Тепловизионная съемка заднего экрана котла KE-25-14C

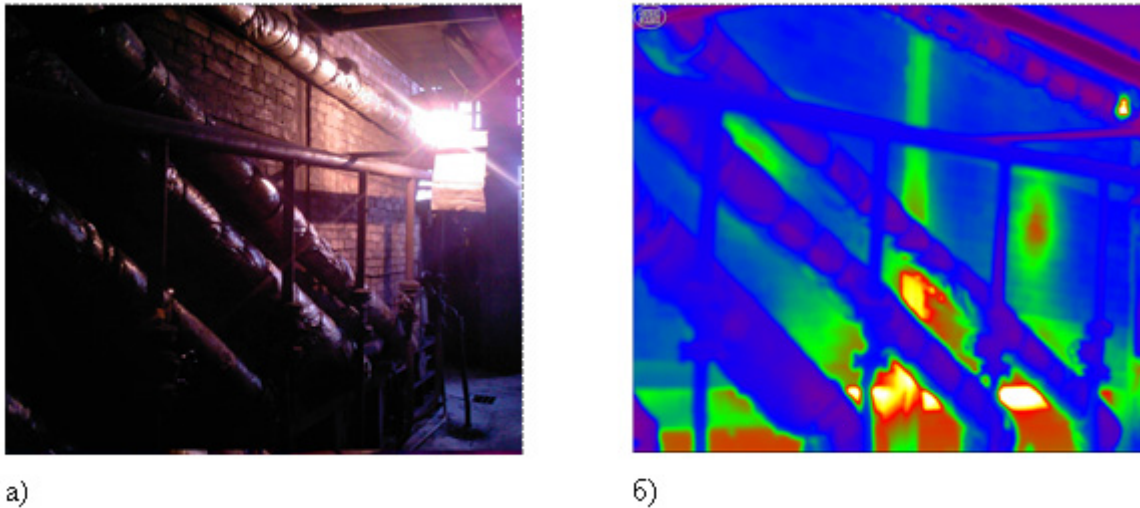


Рис. 3. Котел KE-25-14C (левый экран): а) — Левый экран котла KE-25-14C; б) — Тепловизионная съемка левого экрана котла KE-25-14C

эти потери составили 2,9 %
 Коэффициент полезного действия котельного агрегата $\eta_{к.а.}, \%$:

$$\eta_{к.а.} = 100 - \sum q = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \quad (9)$$

КПД котельного агрегата KE-25-14C при обмуровке без разрушений составил 86,2 %.

На основании тепловизионного обследования (рисунки 2, 3) исследуемого котельного агрегата определили, что разрушение обмуровки котла KE-25-14C составили

20 %. При таком разрушении обмуровки КПД котла снижается до 48 %.

Выводы

На основе тепловизионного обследования котельного агрегата KE-25-14C установили состояние и процент разрушения обмуровки, который равен 20 %.

Определили КПД котла при разном состоянии обмуровки, что составило 86,2 % при целой обмуровки, соответственно при разрушенной — 48 %.

Литература:

1. Высокотемпературные огнеупорные и теплоизоляционные материалы последнего поколения // BARAMIST management. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.baramist.ru/library/778/>. (дата обращения: 15.04.2014)

2. Кинжибекова, А. К. Исследование и разработка температурных режимов разогрева обмуровки энергетических котлов: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.14.04. — Омск, 2009. — 18 с.
3. Кузнецов, Н. В. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод Т 34). — М.: Энергия, 1973. — 295 с.
4. Гусев, Ю. Л. Основы проектирования котельных установок. — 2 изд. — М.: Стройиздат, 1973. — 248 с.

Влияние увлажнения тепловой изоляции на величину тепловых потерь тепловых сетей

Николаенко Руслан Абдулмеджидович, магистрант;
 Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук;
 Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент
 Государственный университет имени Шакарима (г. Семей)

Статья посвящена экспериментальному определению тепловых потерь тепловых сетей в условиях увлажнения теплоизоляции.

Ключевые слова: теплоизоляция, трубопровод, тепловая сеть, потери тепла, экспериментальная установка.

Анализ мирового опыта в решении проблемы энергосбережения показывает, что экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является стратегической задачей государства. Одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования и тепловых сетей, что и является актуальностью данной работы.

Действующие тепловые сети не удовлетворяют современным требованиям надежности и долговечности ни по качеству строительных конструкций теплопроводов, ни по теплофизическим показателям, т. е. не обеспечивают нормативных значений потерь теплоты. На практике часто встречаются случаи непоправимо высоких потерь теплоты, увеличенных по сравнению с нормативными в (2÷4) раза.

Основными причинами отклонения от проектных режимов работы теплосетей являются увлажнение изоляции и грунта из-за нарушения целостности строительной и изоляционной конструкций теплопроводов, быстрое старение и разрушение практически всех применяемых видов теплоизоляционных материалов.

В канальных прокладках коррозия труб обусловлена большой водопроницаемостью железобетонных элементов канала из-за недостаточной заделки стыков стенок и перекрытий. Поэтому тепловая изоляция постепенно увлажняется, теряет свои теплоизоляционные свойства и разрушается.

Эксплуатация трубопроводов тепловых сетей в условиях не только увлажнения изоляции, но и в условиях полного затопления является достаточно распространенным явлением и встречается практически во всех крупных городах и промышленных центрах [2].

Затопление канальной прокладки трубопроводов может быть вызвано хорошей водопроницаемостью железобетонных конструкций ввиду некачественной заделки стыков стенок и швов конструкции при монтаже (в этом случае трубопровод затопливается грунтовыми и поверхностными водами) [5].

Теоретическому анализу работы трубопроводов тепловых сетей во внештатных условиях и в частности в условиях увлажнения изоляции посвящено много публикаций, в которых рассматриваются основные факторы, влияющие на интенсификацию процесса потерь тепловой энергии. В частности главным фактором роста тепловых потерь при эксплуатации трубопровода называется рост эффективного коэффициента теплопроводности тепловой изоляции при насыщении ее влагой [3,1].

Однако экспериментальные работы по определению потерь тепловой энергии трубопроводов тепловых сетей в условиях увлажнения изоляции или затопления каналов трубопроводов в доступной научно-технической литературе встречаются редко.

Целью данной работы является разработка экспериментального стенда по исследованию тепловых режимов трубопроводов тепловых сетей и экспериментальное определение тепловых потерь теплопровода в условиях увлажнения тепловой изоляции.

Для проведения эксперимента по определению тепловых потерь в условиях увлажнения тепловой изоляции была разработана экспериментальная установка (рисунок 1), позволяющая моделировать реальные условия работы трубопроводов тепловых сетей, без серьезных капиталовложений для измерения необходимых величин.

Данная установка представляет собой цилиндрический металлический кожух 1 с внутренним диаметром

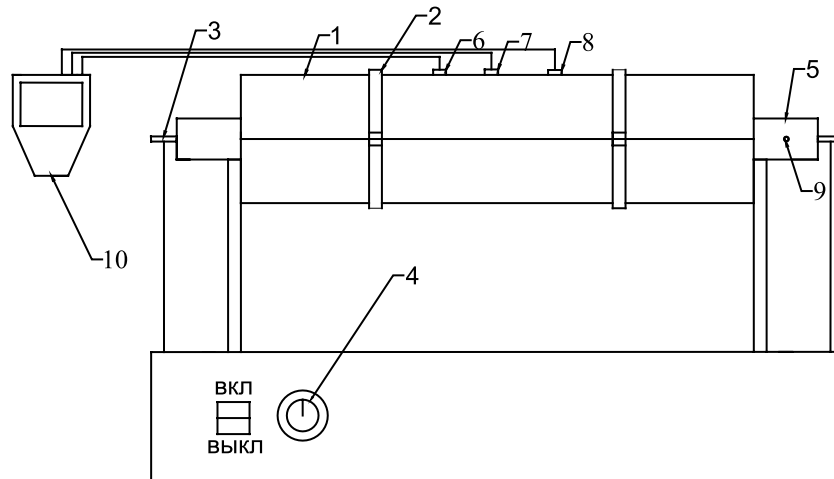


Рис. 1. Внешний вид лабораторной установки: 1 — металлический кожух; 2 — скрепляющие хомуты; 3 — электрический нагреватель; 4 — терморегулятор; 5 — труба имитирующая трубопровод тепловой сети; 6, 7, 8 — разъемы для термопар №1, №2 и №3 соответственно; 9 — разъем для зонда; 10 — термометр КИМО ТМ 200

100 мм, длиной 0,5 м и электрический нагреватель 3, помещенный внутри трубы 5 внутренним диаметром 32 мм, длиной 0,6 м. Внутри металлической трубы, покрытой слоем изоляции в виде минеральной ваты с толщиной 65 мм, располагается трубчатый электронагреватель (ТЭН) мощностью 0,63 кВт. В качестве первичных преобразователей температуры использовались хромель-копелевые термопары и дистанционный зонд (Pt100). Термопара под номером №1 находится на 1/2 толщины изоляции, №2 на внешней поверхности изоляции, №3 на поверхности металлического кожуха. Температура внутри трубы имитирующей трубопровод тепловой сети измерялась при помощи дистанционного зонда 9 (Pt100). Электрический сигнал от термопар регистрировался при помощи прибора КИМО ТМ 200 позволяющего присоединять до шести вводов и контролировать значения в диапазоне изменения температур ($-200 \div 1300$) °С. Температура на поверхности ТЭНа задавалась с помощью терморегулятора 4.

Эксперименты проводились при фиксированных значениях температуры на поверхности ТЭНа, и для периода времени, который соответствовал выходу процесса на стационарный режим теплопроводности. Время выхода процессов на стационарный режим составляло, при различных опытах, от 4 до 6 часов, в зависимости от температуры наружной поверхности ТЭНа. При этом считалось, что стационарный режим наступает тогда, когда в течение 2 часов, значения температуры, в контролируемых точках не изменяется. В качестве изоляционного материала использовалась минеральная вата, так как это самый распространенный изоляционный материал, который применяется при канальной прокладке тепловых сетей. Опыт проводился в следующем порядке: сначала теплоизоляционный материал смачивался водой до полного увлаж-

нения изоляции, далее включался электронагреватель. Эксперименты проводились для температур поверхности трубчатого электронагревателя от 70 °С до 90 °С, с шагом в 5 °С.

На рисунках 2 и 3 представлены результаты изменения температур во времени при температуре поверхности ТЭНа 90 °С.

Из данных приведенных в этих рисунках видно, что стационарный режим теплопроводности наступает через 6 часов при работе экспериментальной установки в условиях увлажнения тепловой изоляции и 1,5 часа при работе экспериментальной установки в условиях сухой тепловой изоляции.

На рисунке 4 представлен график, составленный по результатам исследований величин тепловых потерь, полученных экспериментальным путем в условиях увлажнения изоляции и в условиях сухой изоляции.

В результате математической обработки были получены зависимости тепловых потерь от температуры поверхности ТЭНа:

— при сухой теплоизоляции:

$$Q_1 = 0,953t - 41,60$$

— при увлажненной теплоизоляции:

$$Q_1 = 0,301t - 13,78$$

Выводы:

1. Стационарный режим при работе экспериментальной установки в условиях увлажнения теплоизоляции наступает гораздо позже, чем при работе с сухой теплоизоляции. Исходя из полученных результатов, разница составляет (4 ÷ 4,5) часов;

2. Тепловые потери теплопровода в условиях увлажнения возрастают на величину около 65 %.

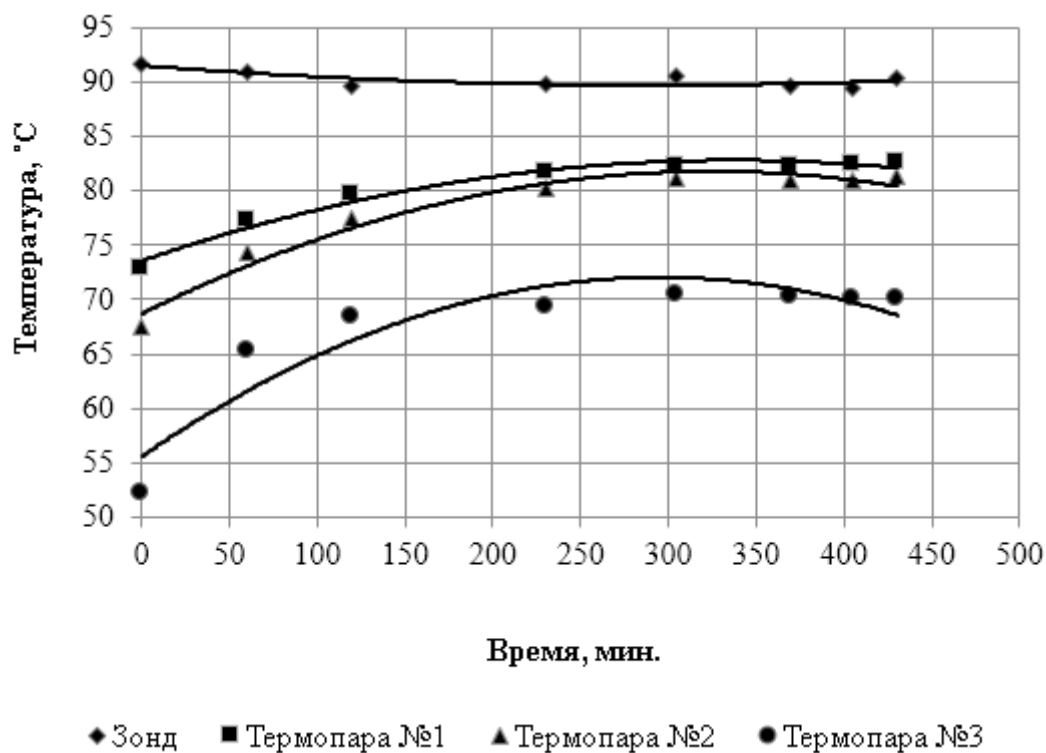


Рис. 2. График изменения измеряемых температур в условиях увлажненной изоляции при температуре поверхности ТЭНа 90 °С

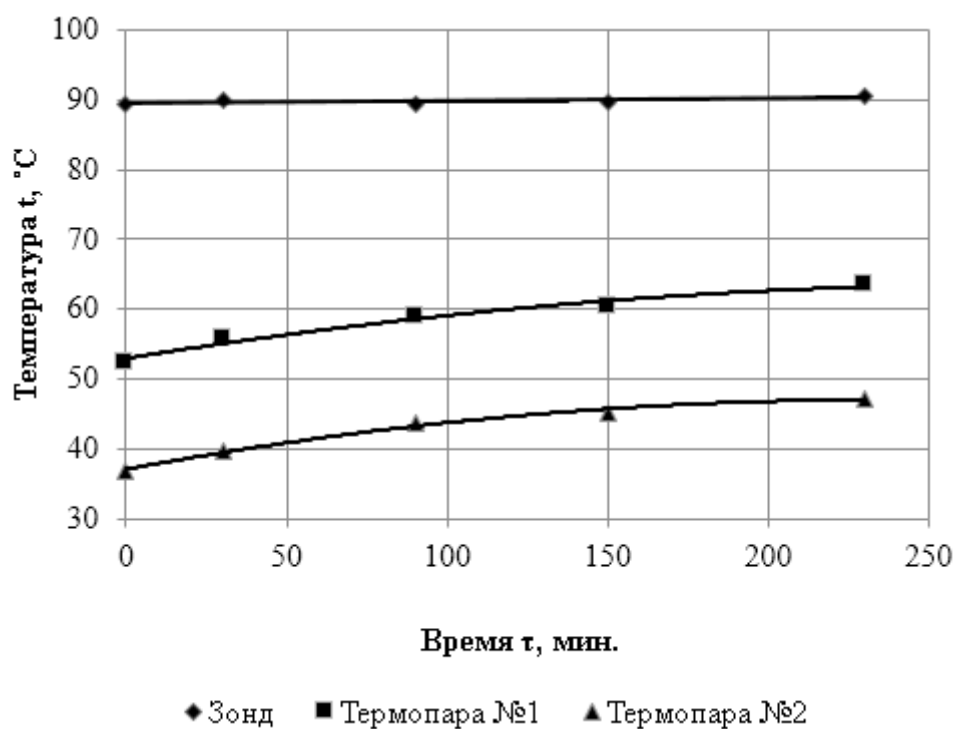


Рис. 3. График изменения измеряемых температур в условиях сухой изоляции при температуре поверхности ТЭНа 90 °С

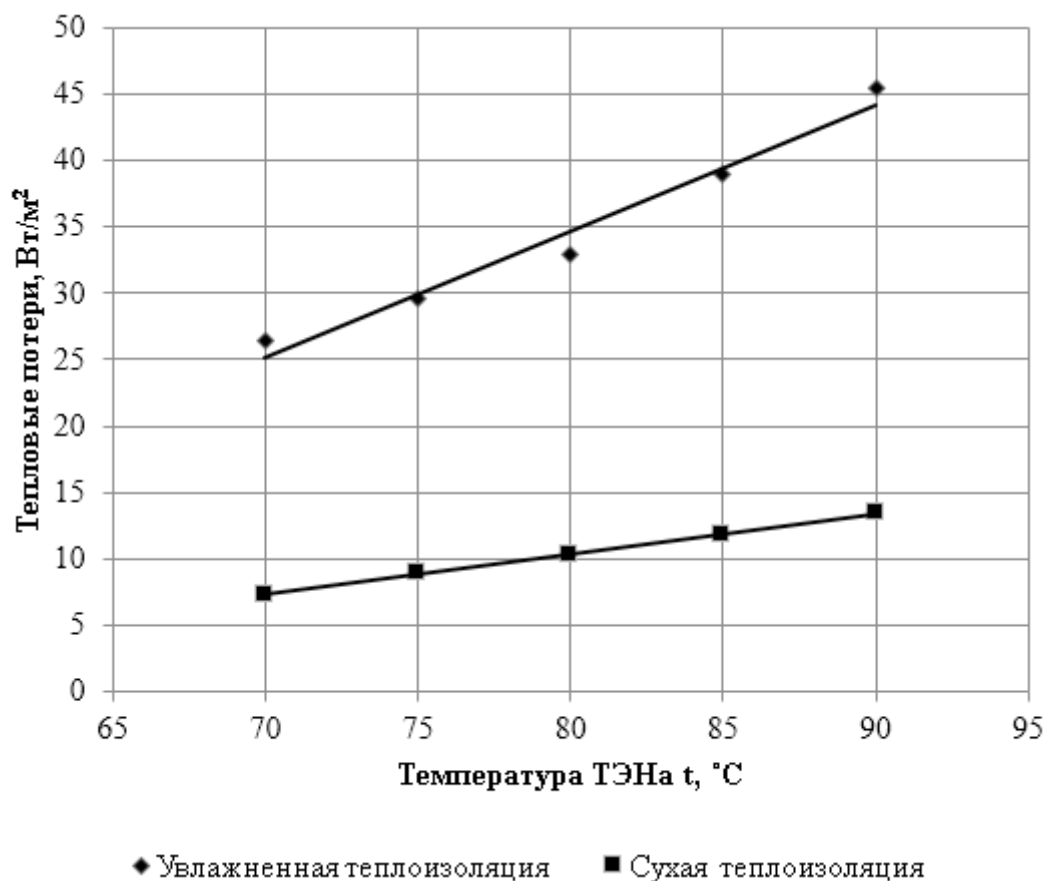


Рис. 4. График величин тепловых потерь полученных экспериментальным путем в условиях увлажнения изоляции и в условиях сухой изоляции

Литература:

1. Иванов, В. В., Букаров Н. В., Василенко В. В. Влияние увлажнения изоляции и грунта на тепловые потери подземных теплотрасс // Новости теплоснабжения. 2002. — №7. — с. 32–33.
2. Кузнецов, Г. В., Половников В. Ю. Затопление каналов тепловых сетей: причины и последствия // Новости теплоснабжения. 2006. — №8.
3. Кузнецов, Г. В., Половников В. Ю. Численный анализ потерь тепла в магистральных теплотрубопроводах, в условиях полного или частичного затопления // ИФЖ. — Том 81. — №2.
4. Петров-Денисов, В. Г., Масленников Л. А. Процессы тепло- и влагообмена в промышленной изоляции. — М.: Энергоатомиздат. 1983. — 156 с.
5. Шишкин, А. В. Определение потерь тепла в сетях централизованного теплоснабжения // Теплоэнергетика. 2003. — №9. 72–77 с.

Влияние на качество волокна размера горловины джина с вращающимися колосниками

Нурбоев Рашид Худайбердиевич, кандидат технических наук, доцент;
Саидкулов Сардор Олтибоевич, магистрант;
Хасанов Мизроб Муродович, магистрант
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В этой статье приведены данные по использованию установки волокноотделителя (джина) с вращающимися колосниками. Излагается сравнительный анализ рабочих параметров установки.

Ключевые слова: хлопок, джинирование, лопасти колосника, анемометр, волокноотделитель

Для бесперебойного поступления хлопка в рабочую камеру (в горловину) приёма хлопка из питателя точка захода хлопка в камеру должна быть такой, чтобы воздушные потоки, создаваемые за счет вращения колосника, не выходили из зоны приема хлопка, а выходили из зоны семенной гребенки. Это обстоятельство позволяет вращающимся колосникам забрать воздух из зоны приёма хлопка, которые увлекается собой хлопок-сырец. Динамический напор, воздуха возникающий вокруг лопасти колосника за счет вращения колосника, определяется по формуле:

$$H_g = \frac{\rho}{2} v^2 \tag{1}$$

где: ρ — плотность воздуха, кг/м³.

v — скорость воздуха, примерно равна линейной скорости лопасти колосника, м/с.

При нормальном атмосферном давлении плотность воздуха $\rho = 1,2$ кг/м³.

Измерение скорости входа воздуха из зоны приёма хлопка с помощью анемометра (крыльчатый) даёт возможность определить точку захода хлопка-сырца в камеру по отношению центра расположения вращающегося колосника, угол расположения приёмного лотка, ширину зазора горловины для захода хлопка и расположения передней стенки (фартука) относительно вращающегося колосника.

С этой целью была изготовлена специальная горловина для поступающего хлопка-сырца из питателя в камеру и установлена на 10-пильной установке. Измеряя угол β относительно вертикальной оси проходящей через центр вращающегося колосника от -15° до $+15^\circ$ и зазор между концами лопасти вращающегося колосника и стенками переднего фартука ($B = 15-35$ мм). С помощью ане-

мометра измеряли скорость всасываемого воздуха в зоне приёма хлопка-сырца в камеру, полученные результаты приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что скорость всасывания воздуха меняется незначительно, но при отрицательном значении угла, т. е. при $\alpha_1 = 1^0-10^0$ и при $A = 35-40$ мм получены результаты лучше, чем остальные. Таким образом, координаты (К) точки захода хлопка-сырца в камеру по отношению оси вращающегося колосника будет:

$$X = P \cdot \sin \beta, Y = P \cdot \cos \beta \tag{2}$$

где: P — расстояние от центра вращающегося колосника до точки К. Следует отметить, что при постоянном угле β величина P будет равна:

$$P = \frac{R_o \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha}$$

где: γ — можно определить совместно, решая треугольники O_1MO_2 и O_1KO_2

По конструкции длина горловины джина будет равна длине пильного цилиндра. Для расчета ширины зазора А-горловины (рис. 1), для поступления хлопка-сырца в камеру, необходимо учесть количество подаваемого хлопка в зависимости от производительности волокноотделителя, которую можно определить по формуле:

$$Q = \frac{\Pi \cdot 100}{B_1} \cdot K \tag{3}$$

где: Π — производительность джина по волокну $\frac{кг}{пила \cdot час}$;

B_1 — выход волокна, В %

K — коэффициент неравномерности.

В расчетах можно принимать $K = 1,02-1,05$. Величину Q можно также найти из следующего выражения:

$$Q = 60 \cdot Z \cdot n \cdot m \cdot N_1 \tag{4}$$

Таблица 1

β°	-15		-10		-5		0		5		10		15	
A_1 мм	15	45	15	45	15	45	15	45	15	45	15	45	15	45
U_B м/с	0,9	0,7	0,9	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6	1,1	0,9	1,2	0,9	1,2	1,0

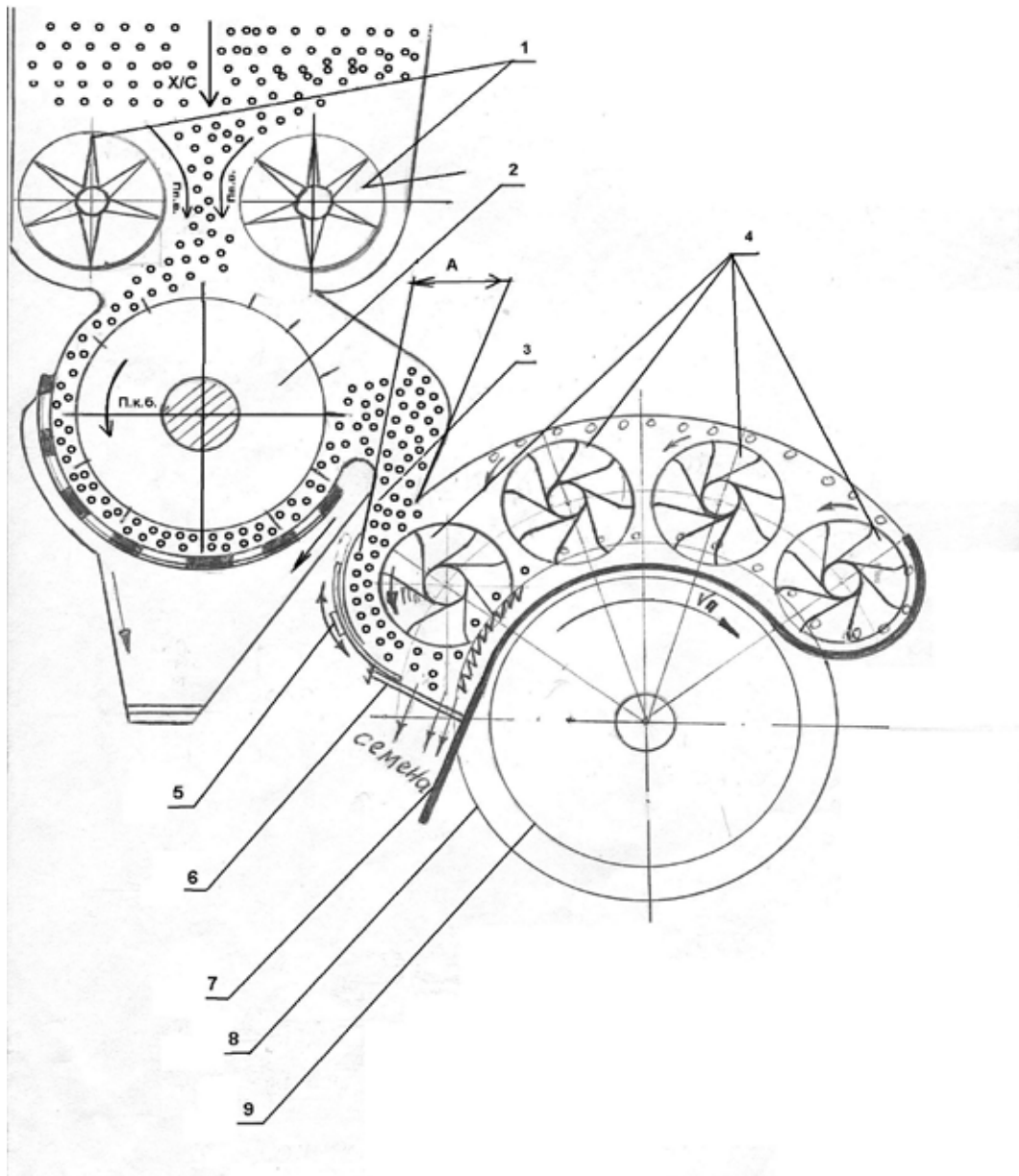


Рис. 1. Волокноотделитель (джин) с вращающимися колосниками: 1 — питающие валики; 2 — колковый барабан; 3 — горловина; 4 — вращающиеся колосники; 5 — направитель; 6 — семенная гребенка; 7 — неподвижный колосник; 8 — пыльный цилиндр; 9 — междупилная прокладка

где: Z — количество лопастей в колоснике, шт;
 n — частота вращения колосникового вала, об/мин;
 m — масса одной летучки, в гр;
 N_1 — количество летучек, находящихся в межлопастном пространстве, шт. Количество летучек N_1 можно определить из следующего уравнения:

$$N_1 = \frac{q}{m} \tag{5}$$

где: q — масса летучек, находящихся в межлопастном пространстве, гр.

Подставив в формулу (3) значение Q из формулы (4), решив её относительно N_1 , определим количество летучек, находящихся в одном межлопастном пространстве:

$$N_1 = \frac{\Pi \cdot 100 \cdot K}{B_1 \cdot 60 \cdot n \cdot Z \cdot m} \tag{6}$$

Подставляя значения: $\Pi=12$ кг/пилачас, $B_1=33$, $n=1040$ об/мин, $Z=8$, $m_л=0,00018$ кг, получим, что $N_1=0,43$ шт. Из расчета видно, что одна лопасть загружается одной летучкой. Известно, что до полного

снятия волокон летучка совершает 6–8 оборотов внутри камеры, то есть каждая лопасть колосника может загружаться 2–3 летучками в процессе джинирования. Также, решение формулы (3) показывает, что для обеспечения производительности волокноотделителя в 12 кг/пилачас. при среднем выходе волокна в 33% количество подаваемого хлопка-сырца должно составлять 38,2 кг/пилачас, т.е. в секунду через горловину должно проходить $(38,2 \cdot 1000 \text{ гр.} / 3600 \text{ сек.})$ 10,6 грамм хлопка или 58 шт. летучек хлопка-сырца на каждую пилу. Если скорость прохода летучек через горловину 2 м/с. тогда средний условный диаметр одной летучки 20 мм, то в секунду через зазор в 20 мм должно пройти 100–120 летучек, для обеспечения производительности 12 кг волокна на одну пилу в час.

Литература:

1. Г.И. Мирошниченко. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка-сырца. Москва Машиностроение – 1972 г.
2. Р.Г. Махкамов, П.Р. Раджибаев, Ф.А. Курбонов «Исследование работо-способности и отдельных параметров нового пильного джина с вращающимися колосниками». Журнал известие вузов No5 – 1999 г.

Однако, этот расчет для идеального случая, когда летучки представлены в виде отдельных независимых шариков. В реальных условиях летучки имеют волокнистый покров, они сцепляются друг с другом и движутся часто спаренными или отдельными клочками в 3–4 летучки.

Поэтому, для бесперебойной работы волокноотделителя с учетом реальных условий, необходимо зазор горловины А увеличить до 80 мм. Поступающий хлопок-сырец через горловину в камеру перемешивается с возвращающимся недоджинированными летучками с помощью первого вращающегося колосника и подается на поверхность пильного цилиндра.

Для обеспечения нормального протекания джинирования необходимо определить угол подачи хлопка-сырца к рабочим органам джина.

Triple play на базе мобильных систем и систем широкополосного доступа четвёртого поколения

Пищин Олег Николаевич, кандидат технических наук, доцент;
Дюсенова Ольга Сергеевна, магистрант
Астраханский государственный технический университет

Реализация концепции комплексного предоставления домашних ИТ-услуг triple play на отечественном телекоммуникационном рынке в настоящее время становится всё более актуальной. Сервисный пакет в составе Интернета, цифрового ТВ и телефонии предлагается как правило операторами кабельного телевидения или операторами, имеющими развитую кабельную сеть в городской черте населённых пунктов. Проблемы отдалённых районов, пригородов и районов сельской местности остаётся остаются сложности организации «последней мили» в системах предоставления услуг связи по кабелю. Уже неоднократно поднимался вопрос предоставления услуг triple play операторами по радиointерфейсу. Внедрением систем четвёртого поколения 4G (LTE — Long Term Evolution) ведётся интенсивно всеми операторами участниками рынка сотовой связи. Увеличение скорости передачи данных до 150 Мбит/с является свершившимся фактом. Однако это только первый этап развития LTE.

Однако распространённые сегодня системы широкополосного доступа являются недостаточными. Мобильные LTE роутеры уже широко распространены, однако они производят обмен данными по протоколу Wi-Fi (от ан-

глийского словосочетания Wireless Fidelity, семейство стандартов беспроводной передачи данных). Скорость передачи данных, предоставляемая этим стандартом недостаточна для передачи видеоконтента.

Для реализации ИТ-услуг triple play возможно использовать 4G роутеры производящими обмен данными посредством стандарта WiGig (альянс мульти-гигабитной беспроводной технологии связи, работающей в нелицензируемой полосе частот 60 ГГц.), где заявленной скоростью передачи данных является скорость до 7 Гигабит/сек. Применение WiGig Bus Extension и WiGig Serial Extension (WSE) обеспечит возможность беспроводной связи со скоростью несколько гигабит в секунду между несколькими устройствами, включая внешние устройства хранения данных и другие периферийные устройства, поддерживающие высокую скорость передачи данных.

Более того, сотрудничество WiGig с VESA (Video Electronics Standards Association) ставит целью уменьшение количества проводных соединений в помещении, используемых домашней электроникой. Для этого создается беспроводной DisplayPort для высокоскоростной передачи данных. WiGig стал партнером HDMI Licensing,

чтобы добавить поддержку HDMI в рамках WiGig Display Extension (WDE). На данный момент, WDE — единственный стандарт связи на частоте 60 ГГц, в котором определена возможность подключения мониторов и телевизоров с интерфейсами DisplayPort и HDMI, обеспечивающая реализацию ключевых приложений, таких, как беспроводная передача сжатого или несжатого видео.

На LTE возлагаются задачи радиодоступа от базовых станций до точек доступа в помещении. Рекомендации по строительству сети и бюджет радиолинии LTE описаны в работе [1]. Так как технически услуга Triple Play может быть успешно реализована через радиодоступ сети LTE с условием значительного расширения канальной ёмкости действующих сетей и иерархичного построения на частотах 2600 МГц и 800 МГц, необходимо произвести расчёты возможности эффективного радиодоступа оконечных устройств, размещаемых в помещении по каналам WiGig.

Необходимо рассчитать бюджет радиолинии (радиодоступа) с условием обеспечения необходимой скорости передачи данных (свыше 2 Гбит) на ориентировочное расстояние 10 метров общего назначения (в том числе WPAN (англ. — Wireless Personal Area Networks) — беспроводная персональная компьютерная сеть с малым (не более 15 м) радиусом действия) и WirelessHD (стандарт, позволяющий передавать видео высокой четкости посредством беспроводной связи.). Стандарт WirelessHD совместим со всеми техническими особенностями стандарта HDMI 1.3. WirelessHD поддерживается большим количеством производителей бытовой техники. С его помощью несжатый видеопоток высокого разрешения может транслироваться с Blu-ray-плеера на ЖК-телевизор со скоростью до 3 Гбит/с. Указанная скорость передачи данных может быть достигнута с помощью 60 ГГц с полосой пропускания канала 2 ГГц, используя, например, QPSK модуляцию. Высокая скорость передачи данных 60 ГГц требует большие антенны с высоким коэффициентом усиления антенны и направленности. Это можно будет проанализировать подробно в вычислении бюджета мощности.

Высокая скорость передачи данных 60 ГГц имеет ограниченный бюджет мощности по расстоянию, из-за затуханий в данном диапазоне во время распространения радиоволн, а также высокого коэффициента направленности приемника и низкой мощности на выходе [2]. Большая полоса пропускания сигнала для передачи данных на большой скорости, как правило, увеличивает уровень шума приемника.

Результаты расчётов бюджета мощности показаны в таблице 1. При проведении расчёта бюджета радиолинии можно воспользоваться достаточно простым соотношением для свободного пространства (упрощённая формула), то есть для идеальных условий, когда отсутствуют препятствия, отражения, несколько возможных траекторий передачи сигнала (условия только прямой видимости):

$$P_S = P_t \cdot G_r \cdot G_t \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad (1.1)$$

где P_S — расчётная мощность сигнала в ваттах, P_t — переданная мощность сигнала в ваттах, G_r — коэффициент усиления приёмной антенны, G_t — коэффициент усиления антенны передатчика, λ — является длиной волны в метрах, и R — расстояние между передающей и приемной антеннами в метрах.

В вычислении используется переданная выходная мощность +10dBm, всенаправленные антенны используются в передатчике и приемнике с коэффициентом усиления 0dBi и коэффициентом направленности приемника +10dB [3]. Согласно уравнению Гарольда Фрииса (или формулы передачи Фрииса) (1.1), получили мощность — $P_S = 78\text{dBm}$ на расстоянии 10-ти метров от источника сигнала. С другой стороны, интегрированный шум на входе приемника может быть выражен как:

$$N_{tot} = -174 + NF + 10 \lg(BW), \text{ dBm} \quad (1.2)$$

где NF — коэффициент шума приемника для определённого частотного диапазона (BW). Данный $NF = +10\text{dB}$ и $BW = 2$ ГГц, интегрированный шум на входе приемника, $N_{tot} = -71\text{dBm}$. Отношение сигнал-шум (SNR) приемника может быть определен (в децибелах) как:

$$SNR_{out} = P_S - N_{tot} \quad (1.3)$$

которое равно — $78 + 71 = 7$ дБ. (SNR) гораздо ниже, чем требуемое значение 10 дБ, чтобы должным образом демодулировать, например, сигналы QPSK.

Наиболее интересным решением для ограниченного бюджета мощности для 60 ГГц является использование антенн с высоким коэффициентом усиления, которые могут частично компенсировать потери на трассе и удовлетворяют требования приемопередатчика. В таблице 2 показано вычисление бюджета мощности на 60 ГГц по линии видимости, с использованием на приемнике и передатчике направленных антенн с усилением $G_r = G_t = 12\text{dBi}$.

Тогда (SNR) на выходе приемника будет увеличен до 17 дБ, который отвечает требованию демодуляции, например, сигналу QPSK с положительным его превышением на 7 дБ.

Из проведённого расчета бюджета мощности можно сделать вывод, что для передачи данных со скоростью выше, чем 2 Гбит/с на расстояния 10 метров по открытой линии прямой видимости (LOS) на 60 ГГц, антенна должна иметь относительно высокое усиление. Стоит отметить, что бюджет мощности будет уменьшаться для более высокой скорости передачи данных, для большего расстояния и особенно при отсутствии прямой видимости (NLOS). В этом случае, нужно будет увеличить выходную мощность передатчика и уменьшить коэффициент шума приемника, используя антенн с большим коэффициентом усиления сигнала, это является самым эффективным решением для исследуемого бюджета мощности.

Таблица 1. Бюджет мощности WPAN на 60 ГГц с использованием всенаправленной антенны

№п\п	Наименование технических параметров	Данные оборудования	Результаты расчётов
1	Мощность передатчика	+10 dBm	+10 dBm сигнал
2	Коэффициент усиления антенны передатчика	0 dBi	+10 dBm сигнал
3	Потери на трассе, протяжённостью более 10 метров	-88 dB	-78 dBm сигнал
4	Коэффициент усиления антенны приемника	0 dBi	-78 dBm сигнал
5	Фоновый шум	-174 dBm/Hz	-174 dBm/Hz шум
6	Шум BW (2 ГГц)	+93 dB	-81 dBm/Hz шум
7	Коэффициент шума	+10 dB	-71 dBm шум
8	Отношение сигнал-шум приемника		-78 — (-71) = -7 dB
9	Требуемое отношение сигнал-шум		10 dB (для QPSK)
10	Рентабельность системы		-17 dB

Таблица 2. Бюджет линии WPAN на 60 ГГц с использованием направленной антенны высокого усиления

№п\п	Наименование технических параметров	Данные оборудования	Результаты расчётов
1	Мощность передатчика	+10 dBm	+10 dBm сигнал
2	Коэффициент усиления антенны передатчика	12 dBi	+22 dBm сигнал
3	Потери на трассе, протяжённостью более 10 метров	-88 dB	-66 dBm сигнал
4	Коэффициент усиления антенны приемника	12 dBi	-54 dBm сигнал
5	Фоновый шум	-174 dBm/Hz	-174 dBm/Hz шум
6	Шум BW (2 ГГц)	+93 dB	-81 dBm/Hz шум
7	Коэффициент шума	+10 dB	-71 dBm/Hz шум
8	Отношение сигнал-шум приемника		-54 — (-71) = 17 dB
9	Требуемое отношение сигнал-шум		10 dB (для QPSK)
10	Рентабельность системы		7 dB

Можно достичь высокого коэффициента усиления антенны с относительно небольшой структурой при 60 ГГц, так как усиление антенны (G) для данной эффективной области антенны (A) может быть выражено следующим образом:

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2} \quad (1.4)$$

где λ — длина волны сигнала, которая составляет 5 мм в свободном пространстве для 60 ГГц. В теории, эффективная область изотропной антенны для 60 ГГц является:

$$\frac{\lambda^2}{(4\pi)} = 2mm^2$$

Антенна с эффективной областью 32 мм² может достигнуть усиления 12dBi на 60 ГГц. Эта антенна с высоким усилением может быть физически реализована

в виде одной антенны или антенной решетки. Для фиксированной связи (например, LMDS), мы можем использовать одну антенну, которая механически синхронизируется с антенной на противоположной стороне радиолинии. Для мобильных связей, выравнивание главного лепестка должно быть достигнуто динамически, обычно через фазированные антенные решетки.

Техническим данными стандарта определена его дальность действия до 10м, что при определённых, полученных при расчёте бюджета радиолинии, условиях является достаточным для обеспечения радиодоступа внутри одного помещения.

Таким образом, с использованием современных радиотехнологий построение «последней мили» при реализации услуг triple play на базе стандартов LTE и WiGig является перспективным и технически обоснованным решением.

Литература:

1. Пищин, О. Н., Дюсенова О. С., Павленко Г. С. Исследование использования новых стандартов сотовой связи и широкополосного доступа LTE и WiGIG для предоставления услуг Triple Play. Молодой ученый. Ежемесячный научный журнал. г. Чита, Изд: ООО «Издательство Молодой учёный» — 2013. — №5 (52). — с. 42–46. ISSN 2072–0297

2. A. M. Niknejad et al., *mm-Wave Silicon Technology: 60 GHz and Beyond*, Springer, New York, 2008.
3. B. Razavi, «A 60-GHz CMOS Receiver Front-End», *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 41, no. 1, pp. 17–22, Jan. 2006.

Эволюция телеметрии в ракетной технике

Поленов Дмитрий Юрьевич, инженер, аспирант
ОАО «НПО Измерительной техники» (г. Королев, Московская область)

В статье проанализированы основные отечественные телеметрические системы (ТС), применяемые в ракетно-космической технике, их характеристики, а также изделия, на которых ТС применялись. В хронологическом порядке показаны изменяющиеся требования к построению ТС, способствующие преобразованию облика, усовершенствованию параметров ТС, появлению новых функциональных блоков. Приведены варианты ТС, используемые на современных ракетносителях.

Ключевые слова: история телеметрии, телеизмерение, телеметрическая система

История телеметрии в ракетной технике берет свое начало с исследования немецкой баллистической ракеты V–2, части которой впервые попали в руки советских инженеров в 1944 г. Оперативный анализ увиденного сразу дал понять — немецкое ракетостроение ушло заметно вперед в сравнении с отечественным. Огромный интерес представляло все попадавшееся на глаза, в том числе организация системы управления, двигательная установка, использованные компоненты топлива, а также система телеизмерений — «Мессина». В связи с тем, что на борту советских ракет аппаратуры, выполняющей подобные функции, не было, было принято решение досконально изучить принцип ее действия, входящие узлы, а также оборудования для приема и обработки снятой информации на Земле.

Для выполнения вышеперечисленных задач на территории бывшего противника стали направляться исследовательские группы, одними из членов которых были наши будущие главные конструкторы, — С.П. Королев, Б.Е. Черток, Н.А. Пилюгин [1]. Полученная информация стала основополагающей для становления нового направления систем, сопутствующих отработке и обеспечению пусков ракет. Дальнейшее развитие ракетной техники при делении изделия на отдельные узлы и агрегаты стало невозможным без установки на борту средств телеметрии.

Таким образом, за точку отсчета в становлении отечественной телеметрии следует принять анализ немецкой ракеты V–2 телеметрической системы (ТС) «Мессина» (1944 г.).

Данная система обладала следующими параметрами:

- включала четыре измерительных канала;
- имела частотное разделение каналов;
- обладала частотой опроса одного канала — 2 кГц;
- регистрировалась наземной аппаратурой на фотоленте.

Конечно, после освоения иностранной ТС сразу приступили к созданию отечественной. Первая система полу-

чила название «Бразилионит», главным разработчиком которой являлся Г.И. Дегтяренко. Новая ТС была подобной изученной, но вместо четырех в ней присутствовало уже восемь измерительных каналов. Естественно, такого малого количества каналов катастрофически не хватало для обеспечения полета ракеты измерениями, в связи с чем попутно велись разработки новых ТС. В это время еще не применялись коммутаторы, реализующие функции подключения нескольких параметров (датчиков) на один канал, к реализации чего быстро пришли, ведь «медленные» параметры (температура, давление) незачем измерять с такой частотой. Разработанные коммутаторы позволяли реализовать циклическое подключение до 20 параметров на один измерительный канал. Отсюда вторым этапом развития отечественной телеметрии стало создание первой ТС «Бразилионит» — 1947 г.

Год 1949 запомнился появлением ТС «Дон–1», главным конструктором которой являлся Е.Я. Богуславский [1]. Появившаяся первая баллистическая ракета производства СССР получила название — «Р–1». Данная ракета, так же как и первая отечественная ТС, представляла собой подобие немецкого, исследуемого ранее, аналога. Стремительно шли разработки новой ракетной техники, и повторение немецкой техники уже не было необходимостью. Параметры созданной ТС «Дон–1» на много превосходили предыдущие системы:

- информативность — 1000 изм/с;
- 16 измерительных каналов;
- временное разделение каналов;
- наличие электронного коммутатора;
- частота опроса канала — от 62,5 Гц.

Кроме того, появилась канальная калибровка — максимум и минимум измерительной шкалы. Питание ТС осуществлялось от батареи, напряжением 27 В, за питание датчиков также отвечала батарея, но уровнем напряжения в 6 В. Приемная станция была оснащена экраном, где отображались 16 измерительных каналов в виде из-

меняющихся по амплитуде элементов диаграммы), изменяющихся по уровню.

Время шло, разрабатывались новые ракеты, увеличивались требования к телеметрии, возрастали объемы измерений, совершенствовались бортовые и наземные средства. Постепенно с 16-ти каналов перешли к 32-м, калибровка осуществлялась не в шкале каждого измерительного канала: для нее отвели два независимых канала, питание ТС стало автономным. В связи с тем, что в ТС «Дон-1» отсутствовала возможность измерения вибраций по причине малой частоты опроса каналов, решение данного вопроса оставалось открытым. Для решения проблемы была создана система «МАРС» — магнитная автономная регистрирующая система, осуществлявшая запись вибраций на магнитную ленту прямо на борту. Частота опроса по каналу равнялась 2 кГц, имелось всего шесть каналов, что оказалось крайне мало. На смену ей пришла система регистрации «Спрут», имевшая уже восемь каналов с частотой опроса до 16 кГц.

В период с 1950 по 1956 гг. шли разнообразные разработки ТС [1], отличающиеся числом каналов, точностью измерений, дальностью радиосвязи и др. Среди них выделялись:

— система «Трал», предоставлявшая потребителю 48 измерительных каналов, обладающая общей информативностью 6000 изм/с, отличающаяся оригинальной на тот момент конструкцией — к блоку-распределителю с одной стороны подключались датчики, а с другой стороны шел кабель к блоку формирования кадра, благодаря чему можно было проверить целостность бортовой кабельной сети системы измерений;

— системы РТС-3, РТС-4, РТС-6 отличающиеся, прежде всего, своим назначением (баллистические ракеты, ракеты типа «воздух-воздух», «воздух-земля», противотанковое оружие) и, следовательно, массогабаритными характеристиками: 15,8 кг, 6 кг и 600 г соответственно.

Таким образом, при стендовых, а затем и летных испытаниях ракетчикам на выбор предоставлялся широкий выбор систем для измерения «быстрых» и «медленных» процессов, существовала возможность устанавливать различные автономные регистраторы, наземные средства приобретали общий вид. Исследовательские группы подходили к реализации высокоинформативной радиолинии АИМ-ЧМ.

Настоящей проверкой работы телеметристов должна была стать первая межконтинентальная ракета «Р-7». Объем измерений в сравнении с предыдущими изделиями возрос в десятки раз. Естественно, ни одна ТС того времени не могла разрешить данную проблему. Было принято решение использовать несколько комплектов ТС «Трал», ставшей в результате основной на ближайшие годы.

В 1959 г. прошла государственные испытания система «Старт» — впервые осуществившая регистрацию измерений на магнитную ленту. Запись и последующее воспроизведение результатов измерений с магнитной ленты

стало также основным видом регистрации на долгое время (некоторые наземные средства и по сей день используют подобный принцип).

В 1962 г. была разработана бортовая информационно-телеметрическая система (БИТС) «БРС-4» [2], обладающая следующими основными характеристиками:

- информативностью — 320000 изм/с;
- количеством измерительных каналов — 40;
- частотой опроса каналов — до 2 кГц;
- передающим устройством, работающим, в том числе на метровых МI, МII, МIII и дециметровых ДII диапазонах радиоволн.

Позднее БИТС «БРС-4» была усовершенствована и стала совмещенной — могла обеспечивать измерения как «быстрых», так и «медленных» параметров, что способствовало сокращению аппаратуры на борту ракеты ввиду ненадобности установки автономных регистраторов вибропроцессов. В рассматриваемой ТС были реализованы ступени коммутации — появились локальный и основной коммутаторы. К «быстрым» каналам основного коммутатора можно было подключать несколько «медленных» датчиков, что позволяло увеличить общее число абонентов для измерений. Была реализована возможность передачи цифровых данных двух- или четырехпозиционным кодом, что также увеличило количество подключаемых датчиков.

В дальнейшем стали создаваться варианты БИТС «БРС-4» — «Сириус», а позже «Скут», устанавливаемые и по сей день на изделиях ракетно-космической отрасли и использующие в работе телеметрический кадр «Скут». Данный кадр представляет 40 каналов, из которых 36 являются информационными, а четыре — служебными (маркеры, калибровочные уровни). Для передачи информации с борта на Землю используется принцип АИМ/КИМ_{2,4}-ЧМ [2], т.е. применен аналоговый или аналогово-цифровой метод. В состав аппаратуры входит также запоминающее устройство.

Кроме описанной выше ТС «Скут», в настоящее время на готовящейся к первому пуску РН «Ангара» планируется установка «Орбиты IV», телеметрической системы, использующей цифровой метод передачи информации. При этом она обладает общей информативностью 3,14 Мбит/с. Данная ТС также, как и «Скут», имеет свой ставший эталонным одноименный телеметрический кадр.

Телеметрия, как известно, применяется во всех сферах жизнедеятельности человека, где необходимы измерения. В зависимости от требований по числу передаваемых параметров, частоте опроса датчиков различных измерений, массогабаритным показателям ТС может менять свою структуру в зависимости от требований заказчика. Ввиду бурного развития микроэлектроники, появления новых алгоритмов, методов обработки данных, уменьшения вероятности погрешностей измерений — оборудование, а в том числе и ТС, постоянно совершенствуются, модернизируются. Не случайно, что за несколько

лет можно сделать совершенно новую ТС по заданным требованиям. В советское время, в самом начале становления и развития ракетно-космической отрасли каждая

новая разработанная ТС становилась масштабным событием. О недавно изобретенной ТС сейчас знает лишь заказчик и исполнитель, а также узкий круг специалистов.

Литература:

1. Сковорода-Лузин, В. И. Телеметрия. Глаза и уши Главного конструктора/В. И. Сковорода-Лузин. — М.: ООО «Оверлей», 2009. — 320 с.
2. Назаров, А. В. Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс/А. В. Назаров, Г. И. Козырев, И. В. Шитов и др. — СПб.: Наука и Техника, 2007. — 672 с.

Логистическое обслуживание потребителей

Гудков Дмитрий Владиславович, кандидат технических наук;
доцент Попов Иван Игоревич, магистрант
Волгоградский государственный технический университет

Формирование новых производственных предприятий, в условиях недостатка товаров и качественных услуг, слабый контроль со стороны государственных органов и недостаточная юридическая основа, все это послужило причиной возникновения вынужденной конкуренции, как с отечественными, так и с высококачественными и сравнительно недорогими импортными товарами. Конкуренция некоторых производственных предприятий преобразуется в конкуренцию альянсов. Из года в год повышаются налоги, потребитель предъявляет к качеству продукции постоянно растущие требования, которые строго охраняются законом и регулируются государством. Это заставляет разрабатывать новые системы контроля, координацию деятельности партнеров в области производства и торговли, поэтому руководители предприятий вынуждены обращаться к научным исследованиям, которые заставляет более внимательно изучать и анализировать обслуживание потребителей.

Главным инструментом в повышении производительности производственного предприятия выступает логистика. Д. Бауэрсокс и Д. Клосс говорят о логистике: «логистика — это процесс удовлетворения потребности в полезности времени и места. Другими словами, логистика обеспечивает запросы потребителей, относящиеся к времени и месту наличия продуктов, а также к сопутствующим услугам [1]. Логистика способствует успеху производственного предприятия, так как позволяет своевременно обеспечивать продукцией потребителей, согласно их потребностям в полном объеме. Главной задачей является ответ на вопрос, кто же является потребителем. Потребителем с точки зрения логистики может выступать как юридическое, так и физическое лицо, которому осуществляются поставки товара в назначенное место и в нужном объеме, после этого товар переходит в безраздельное пользование потребителя. В роли потребителя также может выступать деловой партнер одного

из производственных предприятий или его подразделений, которое относится к другому элементу логистической цепи. Местом поставки товара может выступать магазин, оптовое предприятие, специализированный (промышленный) склад и т. п. Кокой бы ни была потребность и задачи поставок товара, обслуживание потребителей будет всегда оказываться главной причиной, определяющей необходимость в логистическом обслуживании. Выработывая логистическую политику производственного предприятия требуется точно знать потенциал производственного предприятия в логистическом обслуживании потребителей. Требуется проанализировать принцип обслуживания потребителей, а также выработать политику, которая увеличивает производительность методов логистического обслуживания потребителей.

Назначение логистики — поставка товаров заблаговременно и строгое выполнение заказов потребителей. Обслуживание потребителей является главным звеном в логистической политике, которое заключается в следующем:

— потребность потребителей значительно превышает услуги и продукты;

— услуги и продукты имеют ценность, если они открыты и востребованы потребителями;

Логистика может выступать сущностью политики предприятия. Как производственное предприятие выстраивает свою конкурентную стратегию на знаниях в логистическом обслуживании, так оно и будет обладать неповторимостью, которую остальным конкурентам будет тяжело достичь. Тем не менее конкуренция не является постоянной, следовательно, логистическая деятельность должна рассматриваться из потребностей потребителей, которые постоянно изменяются. Успех производственного предприятия во многом зависит от возможностей логистического обслуживания потребителей и выполняет требования надежности и функциональности. [2]

Главными положениями, создающими увеличения важности развития политики логистического обслуживания потребителей, выступает повышающаяся рыночная конкуренция и повышающиеся интегрирование организационного устройства производственного предприятия. Многим производственным предприятиям необходимо упростить процесс логистического обслуживания потребителей. Цель системы логистического обслуживания потребителей заключается в сокращении общих издержек производственного предприятия. Наиболее результативным решением задачи логистического обслуживания потребителей выступает принцип системного анализа.

Основополагающей идеей логистического обслуживания потребителей, выступает совокупность управления всеми материальными потоками, позволяющими поставлять нужный продукт в необходимом количестве и необходимого качества в требуемом месте в назначенное время для заданного числа потребителей с минимальными затратами. [3]

В действительности редко получается достичь результата, получаемого от производственных предприятий, сгруппированных в одну логистическую цепь, все из-за того, что способы группировки производственных предприятий не достаточно проработаны. Выполнение всех возможностей логистического подхода на производственном предприятии, в обслуживании потребителей нужно точное и согласованное управление всеми элементами логистической цепи.

Система логистического обслуживания потребителей и высокий уровень качества оказываемого обслуживания, определяет конкурентоспособность производственного предприятия на рынке. Потребитель находит нужный ему товар либо услугу, среди остальных представленных на рынке и как правило покупает те виды товаров и услуг, которые в наивысшей степени удовлетворяют его потребности. Увеличения качества исполнения заказов с уменьшением их стоимости содействует повышению объемов продаж.

Разработка политики логистического обслуживания потребителей на производственном предприятии включает в себя спрос потребителей на производимый товар. Логистика позволяет является добиться лояльности потребителей при разработке политики логистического обслуживания. Производственное предприятие распределяет материальные ресурсы на обеспечение логистического обслуживания, тем самым повышая его уровень, которого для конкурентов трудно достичь. Все это создает новые виды конкуренции в логистике, которые приводят к все повышающемуся росту потребительского ожидания. Это явление послужило становлению концепции *сужающегося диапазона приемлемого обслуживания*. В настоящее время во всех областях производства товаров и услуг, в силу различных обстоятельств устоялся определенный уровень обслуживания, который расценивается потребителями как должный и приемлемый. Каждое производственное предприятие, которое хочет навязать до-

статочно серьезную конкуренцию другим производителям в области производства товаров и услуг, вынужденно отвечать не только минимальным требованиям качества обслуживания, но и предлагать что-то новое, чего нет у конкурентов.

На сегодняшний день потребители ждут от производителя максимально быстрой возможности получения товара, выходит сегодняшние требования к обслуживанию можно определить понятием *совершенный заказ*. [4]

Логистического обслуживания потребителей может не выполняться на должном уровне:

— По финансовым причинам, из-за которых не выполняются запланированные поставки продукции;

— Из-за низкого уровня ответственности российских предприятий-поставщиков;

— Из-за огромного промежутка времени между началом планирования поставок и их осуществлением.

Вырабатывая политику логистического обслуживания потребителей производственного предприятия, нужно отличать цели от задачи. Важность этой модели значительна, потому что логистическое обслуживание потребителей оказывает большое воздействие на продажи. Цель совпадает с результатом, которого производственное предприятие желает добиться, а также содержание произведенного товара, согласно их потребностями покупателей, в полном объеме, своевременную доставку товара потребителю и немедленное извещение потребителя, если произошло отклонение от соглашения поставки. Для выполнения цели применяются признаки: время от потребности потребителя в товаре до момента получения его получения, доля заказа потребителя, которая выполняется незамедлительно со склада, доля заказа потребителя, которая направлена ему без оговорок. Задача, является средством для достижения заданной цели. Производственное предприятие разрабатывает точные задания, легко проверяемые и выполнимые, к примеру: сокращение простаивание автомобилей под погрузкой и разгрузкой, уменьшение расходов на содержание материалов и готовой продукции, уменьшение автомобильных запасов и т.п.

Логистическое обслуживание потребителей формируется из управления решения поставленных задач:

1. Рассмотрение системы логистического обслуживания потребителей и нахождение подсистем и использование к ним системного подхода.

2. Цель основания системного подхода в соотношении с потребностями потребителей, будет являться конечным результатом.

3. Исследование на всех ступенях управления системным подходом, вычисление значений всех величин.

4. Постоянный мониторинг движения и характеристик каждого объекта, и немедленное изменение его движения, при необходимости.

5. Гарантия сохранности потока, сохранение коммуникаций и технических средств.

6. Развитие инфраструктуры для увеличения производительности движения потоков продукции.

7. Эксплуатация автотранспорта для поставки готовой продукции.

8. Управление всеми действиями всех участников. Производство потока продукции с минимальными издержками.

Логистическое партнерство выступает в роли организационной формы функционирования системы обслуживания потребителей в звене «поставщик-заказчик», а методом — моделирование процесса обслуживания потребителей.

На сегодняшний день производственным предприятиям необходимо все выше поднимать уровень качества в обслуживании потребителей. Потребности потребителей постоянно изменяются, что является следствием

возникновения концепции *сужающегося диапазона приемлемого уровня обслуживания* — ожидание потребителей, что их заказ будет выполнен правильно и в кратчайшие сроки. Производственные предприятия все больше оказывают услуги которые соответствуют их индивидуальным запросам или передача провайдером — высокоспециализированным логистическим подрядчикам. [5]

Усовершенствование качества логистического обслуживания несет за собой массу дополнительных издержек, но необходимость уменьшения общих логистических издержек требуется для достижения наивысшего качества при одновременном снижении уровня себестоимости предоставляемого обслуживания.

Литература:

1. Бауэрсокс, Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. — М.: ЗАО «Олимп Бизнес», 2005. — 640 с.
2. Уваров, С.А. Логистика. СПб.: ЗАО «Инвестиции в науку и производство», 1996.—232 с.
3. Модели и методы теории логистики: учебное пособие/под ред. В.С. Лукинского. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2007. — 448 с.
4. Логистика: Учебное пособие/Под ред. Б.А. Аникина. М.: ИНФРА-М, 1997.—326 с.
5. Окрепилов, В.В. Всеобщее управление качеством. Учебник в 4-х книгах. СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1996.

Объект как система массового обслуживания: моделирование, исходные предпосылки и ограничения

Пылайкин Сергей Александрович, аспирант;
 Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Основным элементом, определяющим процессы в системе массового обслуживания, является входной поток. Нередко его можно рассматривать простейшим и стационарным пуассоновским потоком. В этом случае число k заявок в промежутке времени τ распределяется по закону Пуассона $p(k, \tau) = \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} e^{-\lambda\tau}$; $k = 0, 1, 2, \dots$; λ — плотность (интенсивность потока), или среднее число событий в потоке за единицу времени, $a = \lambda\tau$ — среднее число событий, приходящееся на интервал τ . Физический смысл основных характеристик простейшего входного потока [1...3] проиллюстрируем на ряде примеров, имеющих и самостоятельный интерес.

Определим *время τ безотказной работы* системы (режущий инструмент, крышка колеса автомобиля и т.д.), а затем и *поток отказов* системы в этом *интервале*. Если инструмент может получить повреждение с вероятностью γ_0 , то вероятность того, что поломка инструмента произойдет при изготовлении k -го изделия (по теореме умножения вероятностей)

$$p(z = k - 1) = (1 - \gamma_0)^{k-1} \gamma_0, (1 - \gamma_0) < 1, p(z = k - 1) > 0 \tag{1}$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} (1 - \gamma_0)^{k-1} \gamma_0 = \gamma_0 \sum_{k=1}^{\infty} (1 - \gamma_0)^{k-1} = \gamma_0 \frac{1}{1 - (1 - \gamma_0)} = 1 ; \tag{2}$$

формулой (1) задается *геометрическое распределение* дискретной случайной величины z (число изделий, изготовленных до поломки инструмента).

Если время изготовления одного изделия равно Δ , то *время безотказной работы* инструмента $\tau = (k-1)\Delta$. Вероятность изготовления более $(n-1)$ изделия практически равна 0, то есть время безотказной работы инструмента практически не превышает $(n-1)\Delta$.

Если $\gamma_0 \approx \lambda\Delta = \lambda \frac{\tau}{k-1}$, $\lambda = const$, то $\lim_{k \rightarrow \infty} p((k-1)\Delta < \tau < k\Delta) = \lambda e^{-\lambda\tau} d\tau$. Если $\Delta \rightarrow 0$, то дискретная случайная величина $\tau = (k-1)\Delta$ фактически превращается в непрерывную. Напомним, если плотность распределения случайной величины есть $f(x)$, то $f(x)dx$ определяет вероятность попадания случайной величины в интервал $(x, x + dx)$. Так что

$$f(\tau) = \lambda e^{-\lambda\tau} \quad (3)$$

дает *распределение вероятностей времени τ безотказной работы (показательное распределение)*.

Наконец, определим вероятность $p_m(\tau)$ ровно m поломок в интервале времени $\tau = n\Delta$ при условиях: вероятность $\gamma_0 \approx \lambda\Delta$ поломки инструмента в интервале времени τ при $\Delta \rightarrow 0$ пренебрежимо мало ($1 - \lambda\Delta$ — вероятность противоположного события); числа поломок на каждом из n неперекрывающихся интервалов длиной $\Delta = \frac{\tau}{n}$ являются независимыми. Непосредственно из формулы Бернулли следует, что *вероятность ровно m поломок за время τ определится формулой*

$$p_m = p_m(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^m}{m!} e^{-\lambda\tau}, m = 0, 1, 2, \dots$$

(поток поломок инструмента на интервале τ подчиняется закону Пуассона;

$$p_m(\tau) = p_{m,n} = C_n^m p^m q^{n-m}, p = \gamma_0 = \lambda\Delta = \frac{\lambda\tau}{n} = \frac{a}{n}, q = 1 - \gamma_0 = 1 - \frac{a}{n}, a = \lambda\tau = const;$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} p_m(\tau) = \frac{a^m}{m!} e^{-a} = \frac{(\lambda\tau)^m}{m!} e^{-\lambda\tau} = p_m).$$

Поток будет *простейшим* (стационарным пуассоновским; число событий попадающих на любой фиксированный интервал времени распределено по закону Пуассона), если он является:

- *стационарным* (вероятность попадания того или иного числа событий на участок длиной τ зависит только от длины участка и не зависит от его расположения на оси $0t$),
- *поток без последействия* (для любых неперекрывающихся участков времени число событий, попадающих на один из них, не зависит от числа событий, попадающих на другие),
- *ординарным* (вероятность попадания на элементарный участок Δt двух или более событий пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания одного события).

Для простейшего потока среднее число событий в единицу времени равно λ ; $M[z] = D[z] = a = \lambda\tau$.

На практике часто встречается и *поток Пальма* (поток с ограниченным последействием). Например, если срок безотказной работы инструмента случаен (отдельные экземпляры инструмента выходят из строя независимо друг от друга; инструмент используется до поломки, после чего он заменяется на новый), то поток отказов (поток восстановления инструмента) дает поток Пальма. Если при этом срок работы детали распределен по показательному закону, то поток Пальма превращается в простейший.

При *проектировании станций технического обслуживания* автомобилей [4...7] нередко используется теорема Пальма о *выходном потоке*. А именно: если в систему массового обслуживания поступает поток заявок типа Пальма, и заявка при занятых каналах получает отказ (не обслуживается), то, если время обслуживания подчиняется показательному закону распределения, поток необслуженных заявок будет потоком Пальма (при простейшем входном потоке поток необслуженных заявок, не будучи простейшим, будет все же потоком Пальма). При показательном распределении длительности $T_{об}$ распределение длительности оставшейся части работы по обслуживанию не зависит от того, сколько оно продолжалось.

Если на станции имеется r подъемников для обслуживания, то при $i \leq r$ требований (в момент t) $r - i$ подъемников остаются свободными; при $i > r$ обслуживаются r требований, $i - r$ остаются в очереди и ожидают обслуживания. Обозначим через S_i состояние, когда в системе находится $i = 0, 1, 2, \dots$ требований, а через $p_i(t)$ — вероятность того, что система в момент t окажется в состоянии S_i . Если в момент t_0 система находится в состоянии S_i , то дальнейшее течение обслуживания определяется:

- моментами окончания обслуживаний, осуществляемых в момент t_0 ;
- моментами появления новых требований,
- длительностью обслуживания требований, поступивших после t_0 .

Известно, длительность остающейся части обслуживания (в силу особенности показательного распределения) не зависит от времени обслуживания до момента времени t_0 . При простейшем потоке требований прошлое не влияет на то, как много требований появится после t_0 ; длительность обслуживания требований, появившихся после t_0 , не зависит от того, что и как обслуживалось до t_0 . Как видим, в системе с ожиданием в случае простейшего потока и показательного времени обслуживания имеет место случайный процесс Маркова (процесс без последствия; будущее развитие зависит только от достигнутого в момент t_0 состояния S_i и не зависит от того, как происходило развитие в прошлом до момента t_0).

Сразу после включения системы в работу возникает *переходный нестационарный процесс*. После затухания переходного процесса система перейдет на *стационарный установившийся режим*, вероятностные характеристики которого не будут зависеть от времени (существование таких решений определяется эргодическими теоремами). Стационарные вероятности определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} -\lambda p_0 + \mu p_1 &= 0, \\ \lambda p_{i-1} - (\lambda + i\mu)p_i + (i+1)\mu p_{i+1} &= 0, \quad 1 \leq i \leq r-1, \\ \lambda p_{i-1} - (\lambda + r\mu)p_i + r\mu p_{i+1} &= 0, \quad i \geq r, \\ \sum_{i=0}^{\infty} p_i &= 1. \end{aligned}$$

В частности, если на станции имеется три подъемника, рабочий день продолжается 8 часов, необходимость в подъемнике возникает четыре раза, среднее время обслуживания одной заявки $M[T_{об}] = 2$ часа, то установившийся режим обслуживания существует

$$(\rho < r; \mu = \frac{1}{M[T_{об}]} = 2, \lambda = \frac{8}{4} = 2, \rho = \frac{\lambda}{\mu} = 2, r = 3): p_0 = 0,11; p_1 = 0,22; p_2 = 0,22; p_3 = 0,29;$$

вероятность очереди $p_{оч} = 1 - (0,11 + 0,22 + 0,22 + 0,29) = 0,38$; средняя длина очереди $M[s] = 5,2$.

Литература:

1. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Домке Э. Р. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем. — Пенза: ПГУАС. — 2011. — 296 с.
2. Данилов, А. М., Гарькина И. А. Сложные системы: идентификация, синтез, управление: монография. — Пенза: ПГУАС. — 2011. — 308 с.
3. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Петренко В. О. Проблема многокритериальности при управлении качеством сложных систем/Мир транспорта и технологических машин. №2 (41). 2013. — с. 123–130.
4. Будылина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Махонин А. С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях/Молодой ученый. — 2013. — №5. — с. 42–45.
5. Данилов, А. М., Гарькина И. А. Теория вероятностей и математическая статистика с инженерными приложениями: учебное пособие. — Пенза: ПГУАС. — 2010. — 228 с.
6. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Лапшин Э. В., Юрков Н. К. Системные методологии, идентификация систем и теория управления: промышленные и аэрокосмические приложения/Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2009. — № 1 (9). — с. 3–11.
7. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Пылайкин С. А. Транспортные эргатические системы: информационные модели и управление/Мир транспорта и технологических машин. — 2013. — №1 (40). — с. 115–122.

УЭЦН высокотемпературного исполнения

Разепина Марина Геннадьевна, студент-магистрант;
Ташлыкова Елизавета Владимировна, студент-магистрант;
Черемных Денис Николаевич, студент-магистрант
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассматривается способ нефтедобычи на основе применения установок электроцентробежного насоса, использование которого приблизит предприятия к лидирующим позициям на мировых рынках.

Ключевые слова: установка электроцентробежного насоса (УЭЦН), добыча нефти, метод парогравитационного дренажа SAGD.

В связи с растущим потреблением нефти и нефтепродуктов, стремлением экспортировать высокие сорта нефти, постепенным истощением ранее разведанных нефтяных месторождений, сверхвязкие тяжелые нефти становятся востребованными в экономике РФ. Такие нефти активно применяются в строительстве (дороги, здания), а после очистки их можно использовать в химической промышленности — для производства клеев и пластиков различного назначения [1].

Обычно, когда говорят о тяжелой нефти, подразумевают как тяжелую нефть, так и сверхтяжелую нефть. И часто природные битумы в том числе [2].

Постоянный интерес к месторождениям тяжелой нефти и природных битумов объясняется ценовым ростом на углеводородное сырье, постепенным истощением запасов традиционной легкой нефти, а также развитием технологий добычи «нетрадиционных» нефтей. Нетрадиционный подход чаще всего и обуславливает добычу нетрадиционной нефти, именно поэтому существуют многообразные способы разработки залежей тяжелых нефтей и природных битумов, различие которых заключается в технологических и экономических характеристиках.

По различным оценкам, сегодня мировые запасы тяжелой нефти примерно в 5 раз превышают запасы всех других видов нефти. Поэтому в последнее время задача разработки тяжелой нефти и нефтяных песчаников остается достаточно актуальной для многих добывающих стран, и в том числе России.

Для решения этой проблемы разрабатываются и внедряются специальные высокотемпературные установки электроцентробежного насоса (УЭЦН).

Сама установка включает в себя погружное и наземное оборудование. В погружное оборудование входит: электронасосный агрегат, который спускают в скважину под уровень жидкости на колонне насосно-компрессорных труб.

Электронасосный агрегат состоит из: кабельной линии, клапана спускового, клапана обратного, насоса, газосепаратора, гидрозащиты, электродвигателя, блока телеметрии, фильтра скважинного (рис. 1).

К наземному оборудованию относится: электрооборудование установки и устьевое оборудование скважины

(колонная головка и устьевая арматура, обвязанная с выкидной линией). Соединение наземного кабеля с основным кабелем кабельной линии осуществляется в клеммной коробке, которая устанавливается на расстояние 3–5 метров от устья скважины.

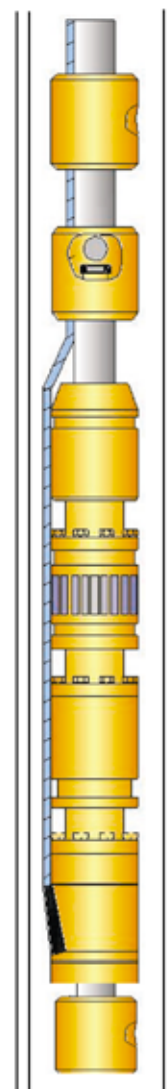


Рис. 1. Установка электроцентробежного насоса

Основными параметрами, определяющими характеристики работы насоса, являются: номинальный дебит

или производительность ($\text{м}^3/\text{сут}$), развиваемый напор при номинальном дебите (м), частота вращения насоса ($\text{об}/\text{мин}$) [3].

Говоря про УЭЦН, следует отметить принцип парогравитационного дренажа (*SAGD*), лежащий в ее основе. Впервые проект *SAGD* был отработан разработчиками на песчаниках Атабаска в Канаде в 1988 году, тогда же в рамках первой стадии было пробурено три пары скважин с длиной горизонтального участка 60 м. В Венесуэле первый проект *SAGD* был запущен в декабре 1997 года, полученные результаты работ выявили, что разработка залежей высоковязкой нефти новым методом повышает коэффициент извлечения нефти до 60%. В России испытание метода парогравитационного дренажа проводится с 1999 года на Ашальчинском месторождении (Республика Татарстан).

В классическом описании технология *SAGD* предполагает бурение двух горизонтальных скважин параллельных друг другу. Скважины на расстоянии пяти метров бурятся через нефтенасыщенные толщины вблизи подошвы пласта. Длина горизонтальных стволов достигает 1000 м. Верхняя горизонтальная скважина используется для нагнетания пара в пласт и создания высокотемпературной паровой камеры (рис. 2).

Начинается процесс парогравитационного воздействия со стадии предпрогрева, в течение которой производится циркуляция пара в обеих скважинах. За счет кондуктивного переноса тепла осуществляется разогрев зоны пласта между добывающей и нагнетательной скважинами, снижается вязкость нефти в этой зоне и, тем самым, обеспечивается гидродинамическая связь между скважинами.

На основной стадии добычи производится уже нагнетание пара в нагнетательную скважину. Закачиваемый пар, из-за разницы плотностей, пробивается к верхней части продуктивного пласта, создавая увеличивающуюся в размерах паровую камеру. На поверхности раздела паровой камеры и холодных нефтенасыщенных толщин постоянно происходит процесс теплообмена, в результате которого пар конденсируется в воду и вместе с разогретой нефтью стекают вниз к добывающей скважине под действием силы тяжести [4].

Рост паровой камеры вверх продолжается до тех пор, пока она не достигнет кровли пласта, после чего она начинает расширяться в стороны. При этом нефть всегда находится в контакте с высокотемпературной паровой камерой. Таким образом, потери тепла минимальны, что делает этот способ разработки выгодным с экономической точки зрения.

Существует несколько ключевых проблем, которые компании, использующие технологию *SAGD*, должны преодолеть, чтобы достичь рентабельности технологии. К таковым относятся:

- достижение максимальной энергоэффективности;
- оптимальный процесс разделение нефти и воды;
- очистка воды для повторного использования в производстве пара.

Эффективное использование реагентов — основное условие успешного решения этих проблем [5].

Одним из перспективных направлений повышения эффективности проектов *SAGD* с технологической, экономической и, что немаловажно, с экологической точки зрения является использование углеводородных раство-



Рис. 2. Технологи добычи тяжелой нефти SAGD

рителей. За последние годы был разработан целый ряд модификаций SAGD:

- *Vapour Extraction (VAPEX)* — извлечение нефти посредством паробразного растворителя,
- *Expanding Solvent SAGD (ES-SAGD)* — парогравитационное воздействие с добавкой растворителя,
- *Solvent Aided Process (SAP)* — процесс с добавкой растворителя,
- *Steam Alternating Solvent (SAS)* — чередование закачки пара и растворителя

А также другие менее известные модификации. Несмотря на многообразие технологий, их можно разделить на 3 группы:

- технологии, в которых пар полностью заменяется растворителем;
- совместное нагнетание пара и растворителя;
- последовательная (циклическая) закачка пара и растворителя.

Необходимость модификаций SAGD обусловлена стремлением улучшить экономические показатели проектов, учесть конкретные геолого-физические условия месторождения, а также жесткими требованиями в области охраны окружающей среды. Проекты SAGD являются крупнейшими потребителями пресной воды в регионах добычи, а плата за выбросы парниковых газов при производстве пара уже в обозримом будущем может стать весомой статьей затрат [6].

Преимуществами технологии парогравитационного дренажа являются высокий коэффициент извлечения нефти (при благоприятных условиях достигает 75%; процесс добычи нефти происходит непрерывно) и баланс между получением пара в условиях забоя и потерями тепла, как результат — максимальные объемы извлечения; оптимальный суммарный паронефтяной коэффициент. Недостатками — значительная часть себестоимости добычи нефти, связанная со стоимостью парогенерации; требующая источник большого объема воды, а также оборудование по подготовке воды, имеющее большую пропускную способность; для эффективного применения технологии требуется однородный пласт сравнительно большой мощности.

Литература:

1. Добыча тяжелой нефти в России: Использование опыта канадских компаний. Технологии гравитационного дренирования при закачке пара (SAGD) [Электронный ресурс]. URL: http://www.rogtectmagazine.com/PDF/Issue_012/10_HeavyOil.pdf.
2. Все о нефти — Тяжелая нефть [Электронный ресурс]. — URL <http://vseonefti.ru/neft/tyazhelaya-neft.html>.
3. Техническая библиотека — Насосное и компрессорное оборудование. Установки погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН) [Электронный ресурс]. — URL: http://neftegaz.ru/tech_library/view/4038 (дата обращения 24.04.2012).
4. Шабаев, И. Н., Садретдинов Д. Р., Ахметов Р. Т. Технология добычи тяжелой нефти SAGD // Актуальные проблемы науки и техники. Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции молодых учёных. — Уфа: Нефтегазовое дело, 2013. — Т. 1 — с. 34–38.
5. Гарушев, А. Р. Тяжелые нефти и битуминозные пески — гарантированный источник обеспечения энергоресурсами в будущем // Нефтепромысловое дело. — 1993. — № 10. — с. 3–6.

Метод парогравитационного дренажа характеризуется хорошим коэффициентом нефтеотдачи, высокими темпами отбора нефти, богатым опытом внедрения в различных странах, однако существуют трудности мониторинга и необходимость постоянного контроля процесса.

Российский рынок УЭЦН является на сегодняшний день наиболее крупным сегментом рынка нефтяных насосов.

УЭЦН высокотемпературного исполнения является предпочтительным выбором для использования при интенсификации притока путем нагнетания пара в пласт и парогравитационного дренирования (SAGD), а также в высокотемпературных, высокоабразивных и агрессивных условиях, в которых ведется добыча тяжелой нефти парогравитационными методами [7].

Основными преимуществами предприятия при использовании УЭЦН высокотемпературного исполнения являются повышение качества продукции и экономия энергии.

Полученные преимущества УЭЦН высокотемпературного исполнения позволяют улучшить приспособленность к российским условиям добычи нефти, в возможности подбора установок и выборе эффективной технологии добычи нефти в широком диапазоне осложняющих факторов пластово-скважинных характеристик. Российский рынок УЭЦН характеризуется высоким уровнем насыщения и обладает ограниченными возможностями для роста. Это подтверждается невысокими темпами роста данного рынка и высокий уровень слияний и поглощений среди участников.

Несмотря на все положительные аспекты, перспективная динамика рынка продаж УЭЦН представляется весьма сдержанной. В долгосрочной перспективе при стабилизации ценовой динамики, а также при благоприятной конъюнктуре мирового рынка нефти в период до 2015 года продажи УЭЦН будут расти. Прирост во многом будет обеспечиваться увеличением потребления установок, принадлежащих к высшему сегменту (с высокой глубиной спуска, мощностью двигателя и др.). Прогнозируется, что объем российского рынка УЭЦН достигнет к 2015 году 22.3 тыс. шт. или 28.9 млрд руб. Средние ежегодные темпы роста (2010–2015 годы) составят 1.83%.

6. Билалова, Г.А., Билалова Г.М. Применение новых технологий в добыче нефти. — Учебное пособие. — Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. — 272 с.
7. В.И. Кокорев. Техничко-технологические основы инновационных методов разработки месторождений с трудно-извлекаемыми и нетрадиционными запасами нефти: Автореферат дис. на соискание ученой степени д-ра техн. Наук. — М., 2010.—48 с.

Использование порошка-полуфабриката, полученного из вторичного сырья соковых производств, в приготовлении мучных национальных изделий Узбекистана

Рахимов Умиджон Юнусжонович, магистр;
Атаханов Шухратжон Нуритдинович, кандидат технических наук, доцент;
Атамирзаева Сохиба Тургуновна, старший преподаватель;
Хожиев Рустам Мухаммаджонович, ассистент;
Дадамирзаев Музаффар Хабибуллаевич, ассистент
Наманганский инженерно-педагогический институт (Узбекистан)

В статье приведено технология получения пищевого порошка из вторичного сырья соковых производств с обработкой гипотоническим раствором. Даны основные физико-химические, органолептические показатели пищевого порошка и технология с добавлением этого полуфабриката в рецептуру манты.

Ключевые слова: вторичного сырья, пищевой порошок, сушка, гипотоническим раствором, манты, каскан, расстойка.

В Узбекистане в ряде отраслей промышленности имеется положительный опыт использования отходов. Разработаны технологические схемы производства, а также технические условия и требования к ряду материалов, получаемых из вторичных сырьевых ресурсов. Однако уровень развития производства утилизации отходов ещё предостаточно высок, несмотря на очевидную его целесообразность. Постоянный рост объемов производства и потребления продукции производственного и бытового назначения неизбежно ведет к увеличению объемов отходов.

На совещаниях правительства по вопросам ускорения научно-технического прогресса особое внимание уделялось совершенствованию использования вторичных ресурсов во всех отраслях народного хозяйства.

На долю торговли, общественного питания и перерабатывающей промышленности приходится значительный объем потребления топливно-энергетических, сырьевых и материальных ресурсов в общем балансе страны. Вместе с тем производства основной продукции в отрасли отличается высокой энергоемкостью, материалоемкостью, и нерациональным использованием исходного сырья, что приводит к образованию больших объемов вторичных ресурсов.

Известно, что отрасль переработке фруктов и овощей занимает одной из передовых и ведущих мест в агропромышленном комплексе страны. В данной отрасли одновременно решаются проблемы увеличения объемов производства и рационального использования сырья, материалов,

снижения их потерь. Считается, что работе по комплексному и рациональному использованию сырья должны проводиться по следующим направлениям: первое-создание такой технологии переработки сырья, чтобы максимально сократить, а в некоторых случаях практически исключить образование отходов. Это важно потому что в калькуляции себестоимости наибольшая статья расходов (до 80%) приходится на сырье; второе-организация переработки неизбежно образующихся отходов с получением из них продуктов питания и технических продуктов.

Отходами, остающимися после переработки, являются отдельные экземпляры некондиционных овощей и плодов, которые можно разделить на две группы: сырье которое по внешнему виду, форме, размером, зрелости не подходит для производства данного вида консервов, и сырье, полностью непригодное в пищу.

Отходы переработке плодов и овощей можно использовать для получения красителей на базе каротинов, антоцианов и хлорофилла.

Основной целью нашей исследовательской работы являлось переработка выжимок полученных после получения сока.

Как показал литературный анализ, выжимки образовавшихся после получения сока имеет высокую пищевую и биологическую ценность. Выжимки богаты углеводами, витаминами, минеральными веществами. При использовании одним из недостатков органолептических показателей выжимок является почернения. Для предотвращения такого недостатка нами были проведены

серии эксперименты и анализ существующих технологии. Для устранения этого недостатка вторичного сырья соковых производств мы предложили обработку выжимок гипотоническим раствором. (1). Это способствует сохранению цвета и улучшению органолептических показателей. Нами также были изучены технология сушки вторичного сырья. Результаты проведенных экспериментов приведены в таблице 1.

Анализ данных таблица 1 показывают, что при первом варианте сушки, при температуре от 45°C до 65°C полученный продукт имел влажность до 20% и время сушки составило около 5 часов. При втором варианте температурный интервал составлял от 45°C до 70°C и при этом влажность готового продукта 14% и время сушки около 4 часов. В третьем варианте эксперимента мы повысили температуру сушки от 45°C до 75°C и влажность при этом составляло 8%, а время сушки 3 часа. Продолжая эксперименты, мы повысили температурный интервал от 45°C до 85°C и влажность при этом варианте составляло 11%, а время сушки 2 часа. Проведен органолептический анализ готовых продуктов и мы пришли к выводу что продукты, полученные по 2, 3 вариантам, отвечали предъявляемым требованиям. Полученную сушенную выжимку мы измельчали мельницах и пропускали через сито. Полученные пищевые порошки из вторичного сырья соковых производств

исследовали органолептические, физико-химические показатели а также минеральный, витаминный состав.

Результаты проведенных исследований приведены в таблицах 2,3,4,5

Полученные результаты свидетельствует о том, что пищевой порошок полученный из вторичного сырья соковых производств имеет влажность 8%, а содержание сахара в порошках моркови 14%, в яблоке 25%, айве 16%.

Они также богаты минеральными веществами, витаминами. На данный полученный продукт получен патент Республика Узбекистан (№03288) и разработана и утверждена в соответствующем порядке технические условия ТУ. 64–15826912–02:2004. Порошки полуфабрикаты из вторичного сырья соковых производств.

Разработана технологическая линия по получению пищевого порошка из вторичного сырья соковых производств.

Полученный продукт являются полуфабрикатом и служит основой для приготовления разных блюд и изделий. На основе этого полуфабриката были приготовлены соки с мякотью, мармелад, джем, повидло и начинки. Нами ещё предложено использование этого пищевого порошка с качества добавки к мучным национальным изделиям Узбекистана. Из мучных национальных изделий мы выбрали манты.

Таблица 1. Температурный режим и время для сушки вторичного сырья соковых производств обработанных гипотоническим растворами

Показатели	Варианты экспериментов			
	1	2	3	4
Начальная температура сушки,°C	45	45	45	45
Конечная температура сушки,°C	65	70	75	85
Время сушки, час	5	4	3	2
Влажность готового продукта, %	20	14	8	11

Таблица 2. Органолептические показатели пищевого порошка полученного из вторичного сырья соковых производств

Показатели	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Порошкообразный, однородная масса, без комков
Вкус и запах	Натуральный, свойственный к исходному сырью не допускается посторонний вкус и запах
Цвет	Свойственный к использованному сырью, от светло желтого до светло коричневого

Таблица 3. Минеральный состав пищевого порошка полученного из вторичного сырья соковых производств

Продукт	Минеральный состав, мг/100г					
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Порошок полученный из моркови	59	987	105	56	294	3
Порошок полученный из вторичного сырья соковых производств	61	970	92	47	281	1,8

Таблица 4. Витаминный состав и энергетическая ценность пищевого порошка полученного из вторичного сырья соковых производств

Продукт	Витамины, мг/100 г					Энергетическая ценность	
	Каротин	В1	В2	РР	С	ккал	кЖ
Порошок полученный из моркови	40	0,12	0,30	2,6	10	275	1151
Порошок полученный из вторичного сырья соковых производств	40	0,8	0,26	1,9	6,8	177	740

Таблица 5. Физико-химические показатели пищевого порошка полученного из вторичного сырья соковых производств

№	Показатели	Пищевой порошок полученный из морковных выжимок	Пищевой порошок полученный из яблочных выжимок	Пищевой порошок полученный из айвовых выжимок
1	Массовая доля влаги не менее, %	8%	8%	8%
2	Общая содержания сахара, не менее, %	14%	25%	16%
3	Минеральные примеси, не менее, %	0,01%	0,01%	0,01%
4	Металломагнитные примеси, не менее	3,0 мг/кг	3,0 мг/кг	3,0 мг/кг
5	Остаток в сите №0,28	Не допускается		
6	Вредители	Не допускается		

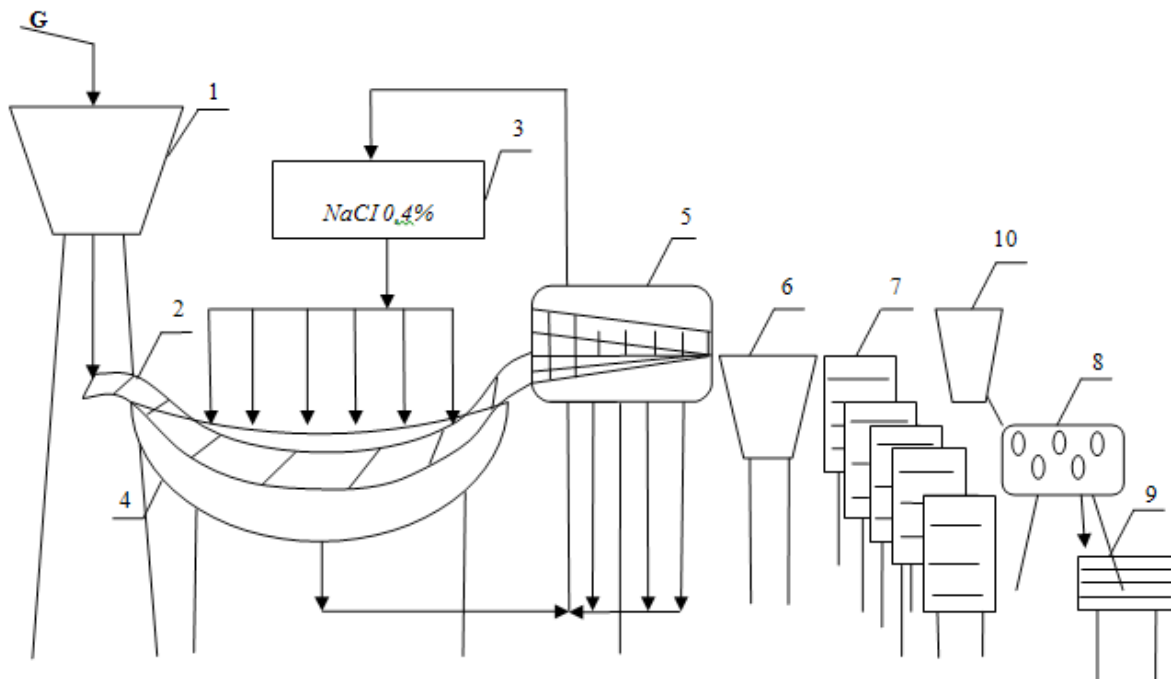


Рис. 1. 1 — бункер, 2 — транспортёр, 3 — бочка для хранения раствора NaCl, 4 — бланшировочный котел, 5 — пресс, 6 — бункер, 7 — сушилка, 8 — измельчитель, 9 — сито, 10 — склад хранения

Для приготовления манты из муки, воды с добавлением яиц и соли замешивают крутое тесто, оставляют на 30–40 минут для расстойки. Готовое тесто закатывают в жгуты и делят лепешки с утонченными краями.

На раскатанные лепешки кладут фарш, края защипывают придавая изделию овально-круглую форму.

Для фарша мясо пропускают через мясорубку с крупной решеткой, соединяют с рубленным репчатым

луком, добавляют соль, перец, пищевой порошок, полученный из вторичного сырья соковых производств, воду и хорошо перемешивают.

Подготовленным манты укладывают на решетку каскана, смазанную растительным маслом, и варят на пару 40 минут.

При приготовлении этого блюда мы часть мяса для фарша заменили пищевым порошком полученным из вторичного сырья соковых производств.

Проведенные опыты показали, что при замене мяса в количестве от 10–20% у манты повышается пищевая ценность, оно обогащается минеральными веществами и витаминами.

Как известно минеральные вещества и витамины не обладают энергетической ценностью. Однако без них жизнь человека невозможна. Минеральные вещества и витамины выполняют пластическую функцию в процессах жизнедеятельности человека, участвуя в обмене веществ прак-

тически любой ткани человека. Минеральные вещества и витамины участвуют в важнейших обменных процессах организма водно-солевым, кислотнo-щелочном. Многие ферментативные процессы в организме невозможны без участия тех или иных минеральных веществ и витаминов. Добавление пищевого порошка в рецептуру манты способствует повышению качества, пищевой ценности.

Проведенная дегустация показала что эти манты имели высокие органолептические показатели.

Литература:

1. Патент №03288 Способ получения пищевого порошка из растительного сырья. Атаханов Ш.Н., Норинбоев Б.Г., Хожиев Р.М., 27.02.20072
2. Беляев, М.И. Индустриальные технологии производства продукции общественного питания. — М.: Экономика. 1989. — 270 с
3. Э.С. Горенков, А.Н. Горенкова, Г.Г. Усачева Технология консервирования. — М.: Агропромиздат. 1989. — 351 с
4. Сборник рецептов национальных блюд кулинарных изделий Узбекистана. — Ташкент.: Мехнат. — 1987. — 223 с
5. ТУ. 64–15826912–02:2004. Порошки полуфабрикаты из вторичного сырья соковых производств.

Управление техническими объектами в условиях параметрической неопределённости

Сапожников Александр Владимирович, аспирант
Тверской государственной технической университет

В статье приведён обзор методов решения задачи управления техническими объектами в условиях параметрической неопределённости описания процессов. Для решения этой задачи могут быть применены методы теории адаптивного управления, теории робастного управления, интеллектуальные системы управления и системы управления на базе самоорганизующегося оптимального регулятора с экстраполяцией.

Ключевые слова: управление, параметрическая неопределённость, адаптивное управление, робастные системы, интеллектуальные системы управления, СОПЭ.

В последние десятилетия значительно усилился поток исследований процессов с неопределённой динамикой. Этот факт связан с тем, что, начиная со времен второй мировой войны, требования актуальных технических задач стали смещаться в сторону исследования процессов с частично или полностью неизвестной динамикой [1]. Кроме того, современная теория управления в последние годы стала претендовать на роль ведущей науки не только в области технических приложений, но и в сфере социальных, экономических, экологических, биомедицинских и других систем [2,3], где на сегодняшний день нет адекватного математического описания процессов.

В настоящее время существует несколько десятков подходов, специально развиваемых для исследования технических систем с элементами неопределённости. Основными из них являются адаптивные (самоорганизующиеся) [1,4], робастные [5], интеллектуальные (на основе

нейроподобных сетей и «мягких» вычислений) [6], инвариантные [7] принципы построения САУ.

Адаптивные или самоорганизующиеся системы предназначены для функционирования в условиях устраняемых неопределённостей. К такому типу неопределённостей относятся те параметры и характеристики системы управления, которые являются априорно неизвестными, но могут быть оценены или вычислены в процессе реальной работы системы по оперативным данным, поступающим от измерительных систем. К примеру, при проектировании системы управления автоматической посадкой самолета скорость и направление ветра являются априорно неизвестными величинами, поэтому при посадке возникает необходимость корректировать управление по информации, поступающей от датчиков. Кроме того, большинство развитых в настоящее время адаптивных подходов предназначены для работы в условиях параме-

трической неопределенности в линейных системах, когда неизвестными являются только и параметры линейного объекта [4]. Еще одним ограничением, накладываемым на неопределенность в адаптивном подходе, является требование медленности изменения неопределенных параметров или, иначе, квазистационарности неопределенных объектов [4].

В зависимости от объема априорной информации можно выделить две группы методов, с помощью которых строятся алгоритмы адаптации [1, 4].

Первую группу составляют градиентные методы, которые используются при неопределенных параметрах объекта и детерминированных внешних возмущениях. Вторую группу составляют методы, основанные на статистической теории [1]. При этом предполагаются известными законы распределения параметров объекта и возмущений.

Исторически первыми адаптивными системами были системы экстремального регулирования (СЭР), которые относятся к первой группе. Эти системы разрабатываются применительно к объектам, которые обладают экстремумом выходных характеристик. К таким объектам можно отнести химические реакторы, где максимальная интенсивность протекания реакции определяется оптимальным соотношением реактивов, различные печи, где максимальная теплоотдача определяется соотношением подаваемого воздуха и топлива и т. д.

Робастный подход, в отличие от адаптивного, не предполагает постепенного улучшения качества системы в процессе функционирования путем уменьшения исходной неопределенности, а позволяет сохранить заданное качество в том случае, если неопределенность находится в известной ограниченной области. Данный подход применим в основном к параметрическим возмущениям небольшой величины.

Одним из основных направлений в изучении робастности систем является изучение свойства сохранения асимптотической устойчивости линейной системы при малых вариациях параметров объекта. Основным результатом этого направления является то, что если система управления обладает конечной степенью устойчивости, то она сохраняет свойство асимптотической устойчивости при небольших отклонениях параметров системы от расчетных значений. Еще одним направлением в исследовании робастности САУ является изучение сохранения заданного качества при изменении параметров системы.

Заметим, что задача обеспечения робастности синтезируемой системы всегда стоит перед разработчиком системы управления, так как негрубые системы являются практически неработоспособными. Потому, работоспособные методы синтеза САУ всегда обладают свойством грубости.

Отметим, что робастный и адаптивный подходы разделяются весьма условно. Если считать, что отличие адаптивного от робастного регулятора состоит в том,

что первый достигает требуемого качества функционирования системы за счет уменьшения неопределенности, а второй сохраняет качество не «хуже» заданного без уменьшения неопределенности в процессе работы системы, то, очевидно, что в условиях, когда неизвестными являются параметры, структура и даже порядок объекта управления возникает необходимость в комбинировании двух подходов. Например, можно использовать робастный наблюдатель и адаптивный алгоритм управления, которые в совокупности обеспечат грубость замкнутой системы к неопределенным характеристикам объекта.

В последние годы быстро развиваются интеллектуальные системы управления на базе нейроподобных сетей и нечеткой логики. Это новое направление, по-видимому, обладает широкими возможностями для построения управления не только в условиях параметрической, но и структурной неопределенности модели управляемого, в том числе и нелинейного, процесса. Особенно это относится к искусственным нейроподобным сетям, так как управление в таких системах строится не на основе модели процесса, а на основе определения в процессе обучения «правильности» реакции сети на ту или иную ситуацию. Однако область применения таких систем ограничена необходимостью довольно длительного периода обучения и невозможностью обучить сеть функционировать во всем многообразии возможных ситуаций. Например, обучение сети работать в аварийной ситуации не представляется возможным из-за невозможности во многих случаях смоделировать реальную аварийную ситуацию.

Нечеткие регуляторы могут применяться не только самостоятельно, но и в различных комбинациях с классическими регуляторами и искусственными нейронными сетями. Например, комбинирование нечетких регуляторов с нейронными сетями позволяет получить сочетание числовых данных с нечеткими знаниями о процессе, придает нечеткому регулятору способность к обучению, а для нейросети сокращает время обучения т. д.

Еще одним перспективным подходом к управлению в условиях неопределенности является развиваемый в последнее время академиком А. А. Красовским подход к построению систем управления на базе самоорганизующегося оптимального регулятора с экстраполяцией (СОРЭ) [8,9]. Этот подход, требующий минимальное количество априорной информации, позволяет строить системы управления нелинейными объектами общего вида.

По принципу функционирования СОРЭ относятся к системам с дискретным временем циклического типа. Все время работы СОРЭ разбито на короткие интервалы длительностью, называемые циклами. Каждый цикл состоит из определенного постоянного или переменного целого числа шагов. Шаг является самым коротким интервалом времени в СОРЭ. К настоящему времени су-

ществует две версии СОРЭ — одноконтурный и двухконтурный. Одним из недостатков одноконтурного СОРЭ является то, что интервал обновления управления равен оптимальному времени экстраполяции наблюдаемого сиг-

нала, которое может лежать за пределами одного цикла, в результате чего частота обновления управления может быть недостаточной. Этот недостаток устраняется в двухконтурном СОРЭ.

Литература:

1. Саридис Дж. Самоорганизующиеся стохастические системы управления. М.: Наука. 1980.
2. Из предисловия к сборнику «Новые концепции общей теории управления»: Сборник научных трудов/Под ред. А. А. Красовского. Москва-Таганрог: ТРТУ, 1995.
3. Колесников, А. А. Синергетическая теория управления. Таганрог-Москва: Энергоатомиздат, 1994.
4. Александров, А. Г. Оптимальные и адаптивные системы. М.: Высшая школа. 1989.
5. Джури, Э. И. Робастность дискретных систем. // Автоматика и телемеханика. №5. 1996. с. 3–28.
6. Макаров, И. М. и др. Новое поколение интеллектуальных регуляторов // Приборы и системы управления. 1997, №3.
7. Кухтенко, А. И. Основные этапы формирования теории инвариантности. Часть I. Основополагающие работы. АН УССР. Автоматика. 1984, №2. с. 3–13.
8. Красовский, А. А. Алгоритмические основы оптимальных адаптивных регуляторов нового класса. // Автоматика и телемеханика. 1995. №9. с. 104–116.
9. Красовский, А. А. Адаптивный оптимальный регулятор с переменным порядком наблюдателя и временем экстраполяции. // Автоматика и телемеханика. 1994. №11. с. 97–112.

Новая схема передачи сигнала от датчика АБС к ЭБУ автомобиля

Сатонин Александр Александрович, аспирант;

Сатонина Ольга Алексеевна, программист;

Балакина Екатерина Викторовна, доктор технических наук, профессор
Волгоградский государственный технический университет

Рассмотрены основные недостатки системы измерения угловой скорости колеса автомобиля, используемые в АБС, являющиеся причинами неисправностей в её работе и отказов. Предложены возможные варианты использования современных усовершенствованных технологий для устранения недостатков системы.

В современной технике регулирования и измерения параметров большинства процессов возрастает роль отрасли изготовления и применения датчиков.

Постоянно развиваясь, отрасль изготовления датчиков, является основой для совершенствования уже существующих и создания принципиально новых систем автоматического регулирования. В этой связи автомобильные электронные системы имеют возможность постоянного развития. Современный автомобиль можно позиционировать как результат синтеза механики (непосредственно отрасли машиностроения в классическом её понимании) и электроники. Совокупность механических и электронных с информационными технологиями объединяют в единое понятие — мехатронные системы. Мехатронные системы автомобиля по своему функциональному назначению можно разделить на три основные группы: системы управления ходовой частью и трансмиссий, системы управления двигателем, системы управления оборудованием салона. Остановимся на системе управления ходовой частью.

Система управления ходовой частью контролирует процесс движения автомобиля, изменение траектории и торможение автомобиля. Воздействуя на подвеску, рулевое управление, а также тормозную систему, в частности антиблокировочную систему (АБС), речь о которой пойдёт далее, обеспечивает необходимые параметры движения.

В первую очередь необходимо акцентировать внимание на том, что безотказность — это важнейшее эксплуатационное свойство автомобиля. Поэтому рассмотрим параметры, от которых зависит безотказность классических датчиков угловой скорости, применяемых в АБС автомобилей, а именно на основе индуктивных датчиков и дифференцированных датчиков Холла.

Индуктивный датчик, представленный на рисунке 1, относится к пассивным датчикам антиблокировочной системы автомобиля. В большинстве случаев такие датчики обладают более крупными размерами, нежели их аналоги, при этом имеют меньшую точность, что значительно влияет на безотказность автомобиля. Вместе с тем дат-

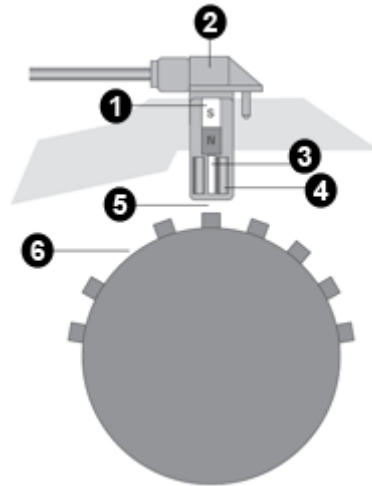


Рис. 1. Индуктивный датчик ABS
1. Постоянный магнит; 2. Корпус; 3. Железный сердечник; 4. Катушка; 5. Зазор;
6. Зубчатое колесо с опорным зазором (зуба нет)

чики рассматриваемого типа начинают выполнять свои функции лишь в момент достижения колесом автомобиля определённой минимальной скорости вращения, что в определённых ситуациях может отрицательно отразиться на безопасности.

Основной принцип работы датчиков индуктивного типа заключается в следующем: постоянный магнит создает магнитное поле, которое проходит через катушку и зубчатое колесо, а затем назад. Вращение зубчатого колеса приводит к изменению поля, что в свою очередь возбуждает электрический ток (так называемая синусоида) в зависимости от наличия зуба [2, 4].

Дифференцированные датчики Холла относятся к группе активных датчиков ABS, поскольку они для начала своего функционирования нуждаются во внешнем питании. Датчики Холла, наряду со своей высочайшей

точностью, очень чувствительны к выбору места установки, а это не всегда удобно, и сильно чувствительны к загрязнению, которое неизбежно при эксплуатации автомобиля.

Принцип измерения описанного типа датчиков основан на так называемом эффекте Холла. Бесконтактное обнаружение магнитных полей. Чувствительный элемент датчика называется ИС Холла. Этот элемент встроен в датчик. Постоянный магнит формирует магнитное поле позади ИС Холла. Магнитное поле проходит через ИС Холла и зубчатое колесо. Когда зубчатое колесо вращается, магнитное поле изменяется. ИС измеряет изменение поля и принимает во внимание изменение прямоугольного сигнала [2, 4].

В целом правильное функционирование классической системы измерения угловой скорости колеса антиблоки-

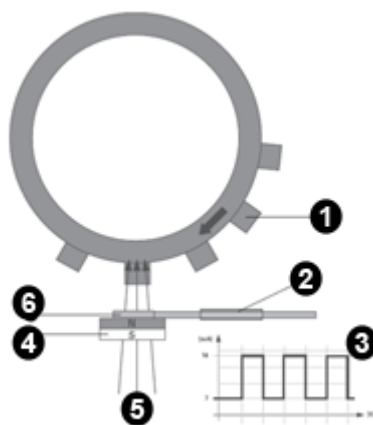


Рис. 2. Дифференцированный датчик Холла
1. Зубчатое колесо; 2. Соединитель; 3. Выходной сигнал; 4. Постоянный магнит; 5. Магнитное поле;
6. Интегральная схема (ИС) Холла

ровочной системы (основанной на одном из описанных выше типов датчиков) зависит в большей степени от следующих условий и факторов:

Наличие постоянной электрической связи между датчиком и электронным блоком управления (ЭБУ), которая осуществляется посредством электропроводки. окисление токоведущих проводов или обрыв проводки — основные причины отсутствия электросвязи, и как следствие неисправной работы АБС или её отказа;

Несоблюдение предписаний по монтажу датчика могут повлечь проблемы и стать причиной отказа АБС при последующей эксплуатации автомобиля. Основным фактором в этом случае будет несоблюдение величин зазоров, нормированных заводом изготовителем. При монтаже величина зазор определяется посадкой и правильным закреплением датчика [3], а это не всегда может быть обеспечено по причине недостаточного уровня квалификации ремонтного рабочего, выполняющего операцию (особенно в условиях весьма распространённого самостоятельно гаражного ремонта, выполняемого автолюбителями, и так называемых «гаражных автосервисов»);

Следствием неправильно демонтажа и последующей установки элементов также становится износ посадки вал-отверстие. Рассматривается дальнейшее возникновение дефектов при последующей эксплуатации, во многих случаях сбой в работе АБС могут быть вызваны такими дефектами подшипников ступицы, как износ, задиры, коррозия, которые повлекут за собой появление осевого и радиального биений. Последние непосредственно влияют на величину зазора между коммутирующим кольцом и чувствительным элементом датчика.

Стоит остановиться и на изменениях коммутирующих элементов. Изменение нормального выходного сигнала

с датчика — нарушение его пропорциональной зависимости от развиваемой колесом угловой скорости, часто возникает по причине изменением геометрических, физических и структурных свойств задающего элемента датчика (зубчатый или магнитный ротор, установленный на ступице). Причинами этому могут служить металлические намагничивающиеся и налипающие частицы износа деталей узлов систем автомобиля, в частности тормозной системы.

Анализируя всё вышесказанное и принимая во внимания всё описанные причины появления дефектов и отказов в работе АБС, мы можем говорить о том, что решением обозначенных проблем предлагаемое нами принципиально новую схему передачи сигнала от датчика в ЭБУ автомобиля, изображённую на схеме (рис. 3).

Рассмотрим схему более подробно. Первое её принципиальное отличие от ныне существующих — это установка ДУС — акселерометра непосредственно на автомобильное колесо (см. рис. 4) [1, с. 494]. Выполнить это позволяет современный уровень развития и уже существующий опыт использования в других отраслях технологий микроэлектромеханических систем (МЭМС) — устройств, объединяющие в себе микромеханические и микроэлектронные компоненты. Главное преимущество этой технологии — это её компактность, что и позволило предложить описанный вариант установки датчика. Для устранения отрицательного воздействия на работу датчика загрязнений, датчик помещается в герметичный корпус.

Основными преимуществами такого способа установки ДУС является значительное повышение точности измерения угловой скорости, что достигается за счёт исклю-

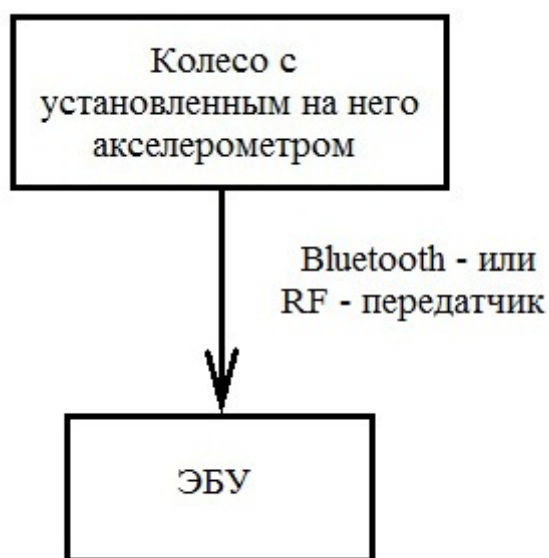


Рис. 3. Принципиальная схема беспроводной передачи от датчика в ЭБУ автомобиля

чения воздушного зазора между чувствительным элементом датчика и коммутирующим кольцом.

Погрешность, возникающие при измерении угловой скорости автомобильного колеса можно уменьшить за счёт установки в нескольких датчиков с различными

диапазонами измерения, или двух- или трёхкомпонентных датчиков, способных производить измерения вдоль двух или трёх осей соответственно.

Предложенное решение установки датчика непосредственно на автомобильное колесо затрудняет возмож-

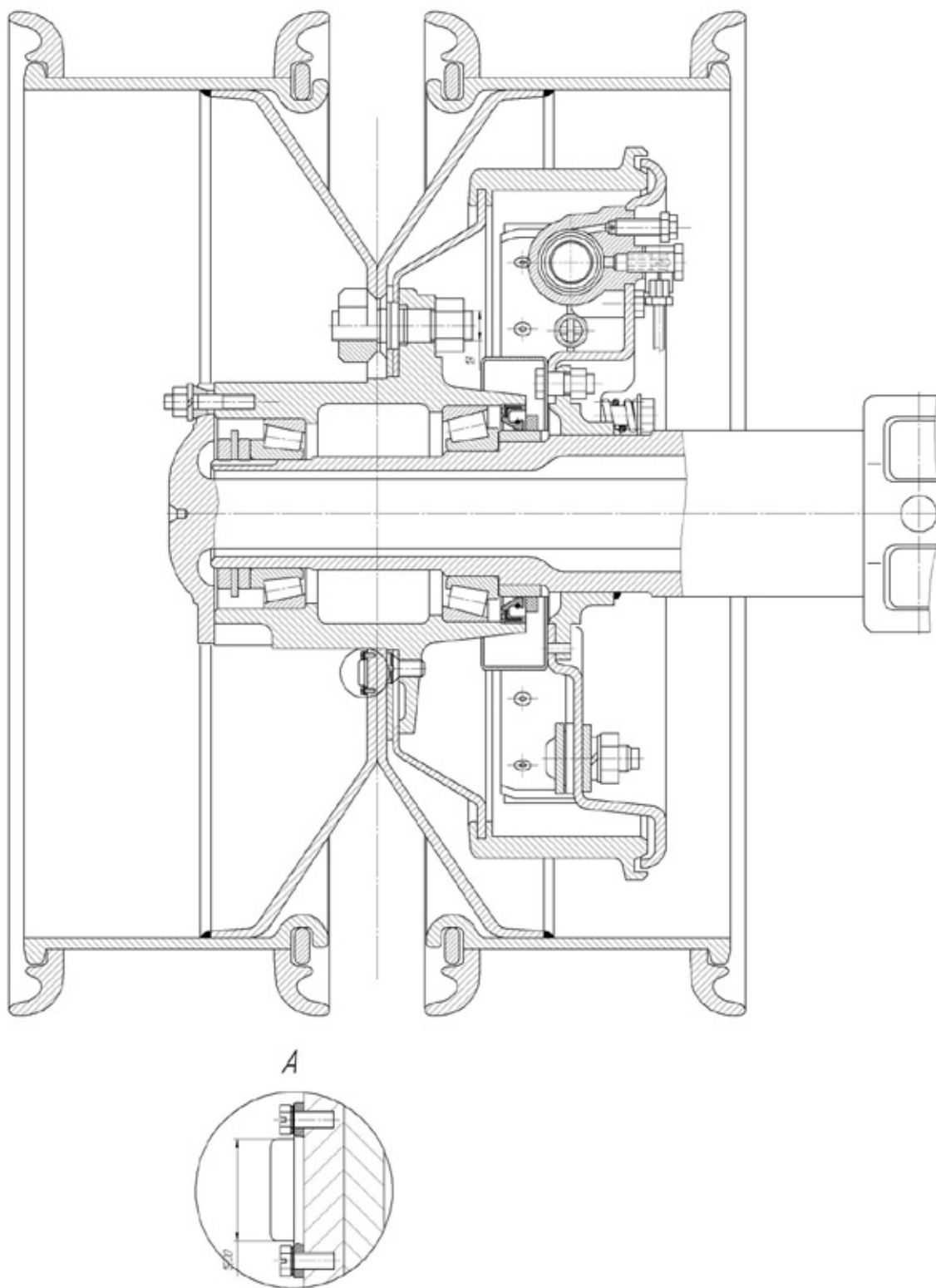


Рис. 4. Место крепления датчика на колесе автомобиля
1. Обод колеса; 2. Подшипник ступицы; 3. Ступица; 4. Датчик

ность проводной передачи сигнала от датчика к ЭБУ. Решением этой проблемы с нашей точки зрения может стать использование таких беспроводных технологий передачи данных, как Bluetooth- или RF-передатчиков, осуществляющих связь между сенсором и контроллером. Такие

передатчики помимо того, что решат свою основную задачу в предложенной нами схеме работы АБС, ещё и значительно упростят электросистему автомобиля путём отказа от части проводки. А это в свою очередь позволит в целом повысить надёжность автомобиля.

Литература:

1. Балакина, Е. В., Сатонин А. А. Микроэлектромеханический датчик угловой скорости автомобиля. В кн.: Материалы международно-практической конференции Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий./Под ред., С.У. Увайсова; Отв. за вып. И.А. Иванов — М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2012, с. 492–495. [Электронный ресурс]. URL: <http://window.edu.ru/resource/335/78335/files/info2012.pdf> (дата обращения: 24.04.2014).
2. Бараночников, М. Л. Микромагнитоэлектроника. Т. 1. — М: ДМКПресс, 2001. — 544 с. ил. (Серия «Учебник») Электронная версия 373 с.
3. Сысоева, С. С. Датчики скорости автомобиля. Анализ конструкций и перспективы развития/Сысоева С. С // Компоненты и технологии. — 2004. — №8. — с. 84–89.
4. <https://www.trwaftermarket.com/ru-RU/>(дата обращения: 24.04.2014).

Регенерация гранулированного активного угля, насыщенного парами бутанола, микроволновым излучением

Семеничева Екатерина Леонидовна, студент;
 Старостин Кирилл Геннадьевич, аспирант;
 Клушин Виталий Николаевич, профессор

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (г. Москва)

В последние годы в России все больше внимания уделяется исследованиям возможности применения микроволнового излучения для разных технологических процессов. Одно из таких направлений — регенерация активных углей под действием СВЧ-волн. В настоящей статье описаны эксперименты по десорбции активных углей в СВЧ-печи, а также их методологические основы. Результаты экспериментов позволяют сделать вывод о возможности эффективной микроволновой регенерации активного угля, насыщенного парами бутанола.

Ключевые слова: СВЧ, десорбция, активные угли, регенерация.

Введение

Улавливание паров летучих органических растворителей является важной экологической задачей, поскольку потери их с выбросными газами весьма велики: ежегодно в мире выбрасывается более 50 млн. тонн различных углеводородов [1], среди которых летучие растворители занимают главное место. Улавливание их паров возможно любыми мелкопористыми адсорбентами: активными углями, силикагелями, алюмогелями, цеолитами, пористыми стеклами и т.п. Однако активные угли, являющиеся гидрофобными адсорбентами, наиболее предпочтительны для решения этой задачи: при относительной влажности очищаемых паровоздушных или парогазовых потоков до 50% влага практически не влияет на сорбируемость паров органических растворителей [2].

После насыщения активного угля встает вопрос о его регенерации — главным образом водяным паром

или инертным газом при повышенной температуре. По некоторым исследованиям (напр., [3]) использование СВЧ-технологий для этих целей может быть экономически более выгодным. Основное применение микроволнового излучения большой интенсивности сегодня — это бытовые «микроволновки» и лабораторные минерализаторы. В последние годы в России ведутся активные исследования возможности применения СВЧ-технологий в иных областях: интенсификация сушки зерна и иных сыпучих материалов [4], переработка отходов резины в жидкие продукты [5], применение СВЧ-волн в ортопедической стоматологии [6], деполимеризации ПЭТФ [7] и др. Быстрый, избирательный нагрев без необходимости непосредственного контакта излучателя (магнетрона) и нагреваемого объекта делает эту технологию весьма привлекательной. В настоящей статье описаны эксперименты по регенерации активных углей в СВЧ-печи, а также их методологические основы.

1. Материалы и методы эксперимента

Эксперименты проводили в стандартной бытовой СВЧ-печи с частотой волн 2450 МГц и заявленной мощностью магнетрона 800 Вт. К сожалению, использование микроволнового излучения накладывает целый ряд ограничений. Во-первых, попытка измерения температуры при помощи термопары в зоне СВЧ высокой интенсивности обычно ведет к ее расплавлению под действием наведенных токов. Кроме того, будучи металлом, термопара, выведенная из корпуса печи, сама становится опасным для окружающих источником СВЧ-излучения (в наших экспериментах бытовой измеритель СВЧ MWT-2G зашкаливал в радиусе более метра от печи). Этот эффект отрицательно сказывается и на показаниях измерительного прибора (ПИД-регулятор ТРМ-10 каждую секунду показывал случайную температуру кипения воды: от минус двухсот до тысячи градусов). Использование пиromетра также невозможно, т. к. луч прибора не сможет пройти внутрь закрытой СВЧ-печи.

Во-вторых, сложность представляет регулировка интенсивности излучения: магнетроны проектируются на фиксированную мощность (например, 800 или 1000 Вт), которую нельзя изменить уменьшением подаваемого напряжения — магнетрон либо не запустится, либо будет работать нестабильно. Мощность можно уменьшить, поставив между магнетроном и нагреваемым объектом поглощающую нагрузку (например, полиэтиленовый пакет с водой [4]), но тем самым снижается КПД системы.

В-третьих, если СВЧ-облучение ведется в замкнутом отражающем пространстве (а именно таким пространством являются стандартные печи), то из-за многократных отражений о стенки образуются стоячие волны, для которых характерны узлы и пучности. Понятно, что если, к примеру, в узлах мощность СВЧ-волн равняется нулю, то встает проблема неравномерности нагрева в пространстве печи.

Указанные ограничения потребовали внести в наши эксперименты ряд упрощений. Исследования проводили в одной и той же области печи, выбранной визуально по скорости нагрева активного угля докрасна. Мощность излучения в выбранной области (она составила 320 Вт, т. е. 40% мощности магнетрона) определяли по количеству воды, выкипевшей из стеклянного бюкса за определенный промежуток времени. Измерять температуру угля непосредственно не представлялось возможным по названным причинам, ее определяли косвенно: менее чем за минуту плавилась помещенная в активный уголь кусочки молибденового стекла (что свидетельствует о температуре 600°C), а за 7–10 минут плавилась медные дробинки (выше тысячи градусов). Впрочем, эксперименты с медными дробинками требуют уточнения — их плавление могло быть вызвано наведенными токами и другими причинами. Чтобы проводить исследования при столь высоких температурах (не менее 600 градусов), был заказан кварцевый бюкс с отводной трубкой в крышке. Снаружи бюкс теплоизолировали шамотным кирпичом, который выдерживает высокие температуры, хорошо пропускает СВЧ-волны и практически не поглощает их (рисунок 1).

В качестве поглощаемого вещества был выбран н-бутиловый спирт (квалификации хч), как органический растворитель с невысокой токсичностью, который широко используется в производстве: примерно треть его мирового потребления расходуется в производстве бутилакрилатов, еще треть — в производстве гликолевых эфиров, около 15% для получения бутилацетата, остальное — для синтеза других химических продуктов [8].

В качестве адсорбента использовали активный уголь АГ-3, как универсальный поглотитель газов и жидкостей [9] наиболее доступный в розничной продаже. Основные характеристики угля в соответствии с паспортом, сопровождающим его поставку, приведены в таблице 1.



Рис. 1. Кварцевый бюкс, теплоизолированный шамотом, в СВЧ-печи. Хорошо видно свечение раскаленного угля внутри бюкса, а также СВЧ-волновод (справа)

Таблица 1. Паспортные характеристики активного угля АГ–3

Динамическая активность по бензолу	47 мин
Суммарный объем пор по воде	0,84 см ³ /г
Насыпная плотность	465 г/дм ³
Прочность гранул на истирание	77%

Эксперимент проводили с двумя порциями угля после 10 и 15 минут десорбции соответственно. Свежий уголь выдерживали сушильном шкафу в течение суток при 170 °С. Для полного удаления воды и других примесей, уголь после сушильного шкафа обрабатывали в СВЧ-печи¹ в течение пятнадцати минут — при этом, как будет показано ниже, адсорбционная способность угля увеличивалась.

Для экспериментов брали одну и ту же массу угля, которая соответствовала предельному рабочему объему кварцевого бюкса и составляла 24 г. Таким образом, бюкс при регенерации был заполнен, сверху закрыт крышкой с отводной трубкой и окисление угля кислородом воздуха сводилось к минимуму (< 0,01 г). В виду малой скорости поглощения углем паров бутанола в статических условиях (полное насыщение достигалось только через трое суток) от эксикаторного метода адсорбции пришлось отказаться и собрать установку динамической адсорбции (рисунок 2).

Воздух с расходом 4 л/мин · см² подавали компрессором 1 через ротаметр 2 в склянку Дрекселя, где он барботировался через бутанол. Затем воздух, насыщенный парами бутанола, поступал в пустую склянку Дрекселя, служившую каплеуловителем, а оттуда — в адсорбционную колонку 4. Колонка представляла собой стеклянную трубку диаметром 3 см. Расход воздуха контролировали ротаметром, а регулировали выпуском воздуха на тройнике (на рисунке не показано). По мере насы-

щения активного угля каждые две минуты фиксировалось изменение его массы. Адсорбцию проводили при 20±5 °С до выхода на плато графика зависимости массы угля от времени.

Также была проведена серия экспериментов по динамической адсорбции с построением кривых проскока. Для определения проскока использовался прибор с откалброванным датчиком паров органики TGS–822. Конструктивно установка по определению проскока не отличается от изображенной на рис. 2 с той лишь разницей, что вместо автомобильного компрессора использовался мембранный, а проходящий через слой угля воздух, насыщенный бутанолом, шел через датчик органики, а не сразу в тягу. Воздух в этой серии экспериментов подавался со скоростью 2 л/мин · см².

2. Результаты и обсуждение

В результате экспериментов были получены зависимости массы насыщаемого угля от времени и кривые проскока. Зависимости для угля, регенерированного в течение 15 минут представлены на рис. 3.

Кривая 1 — это адсорбция бутанола свежим активным углем (после СВЧ-обработки). Кривые 2–5 — после 15-минутной десорбции в СВЧ-печи. По этому графику видно, что СВЧ-регенерация практически не повлияла на качество активного угля, а степень десорбции близка к 100%.

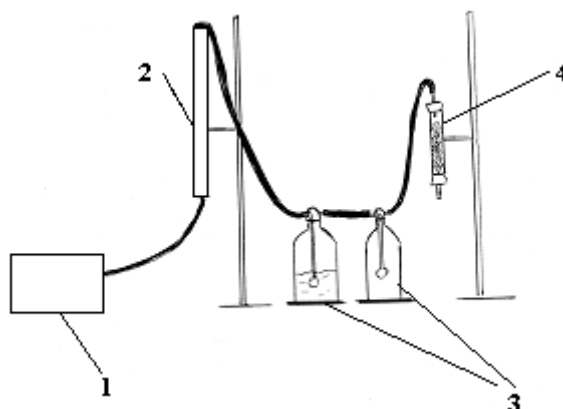


Рис. 2. Схема адсорбционной установки: 1 — автомобильный компрессор, 2 — ротаметр, 3 — склянки Дрекселя, 4 — адсорбционная колонка

¹ Здесь и далее под свежим активным углем следует понимать предварительно обработанный в СВЧ-печи, если не указано иное.

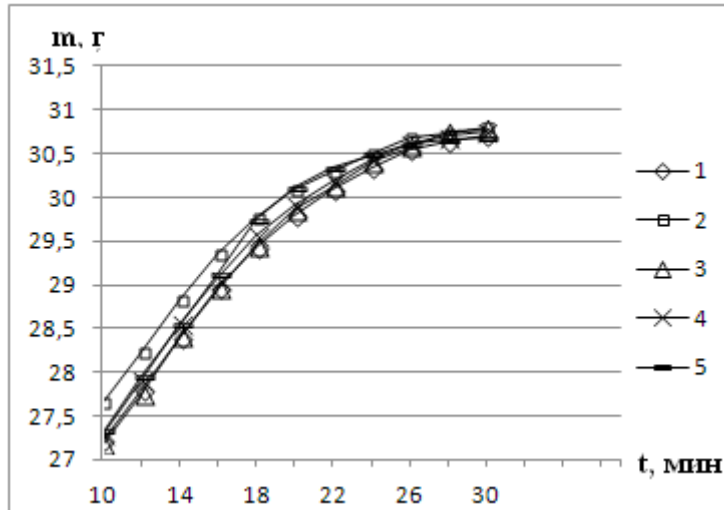


Рис. 3. Кривые адсорбции бутанола активным углем: свежим (1) и после нескольких циклов регенерации (2–5) в течение 15 минут

Аналогичная серия процессов адсорбции-регенерации выполнена с такой же навеской активного угля и 10 минутной регенерацией (рисунок 4). Из сопоставления рис. 3 и рис. 4 хорошо видно, что 10-минутного СВЧ-облучения достаточно для десорбции бутанола при данных условиях, а качество активного угля практически не изменилось.

Кривые проскока, построенные при помощи откалиброванного по бутанолу прибора на датчике TGS–822, представлены на рис. 5 и дают более детальную информацию о влиянии СВЧ-регенерации на поглотительную способность активного угля. По оси ординат — объемная доля бутанола в воздухе (ppm), прошедшего через слой активного угля.

На графике (рис. 5) хорошо видно, что предварительная обработка заводского угля в СВЧ-печи в течение 15 минут (кривая 1) дает гораздо лучшие результаты, чем просто сушка в течение суток при 170 градусах (кривая 4). Также видно, что после первой регенерации поглотительная способность угля снижается (кривая 2), но далее остается практически постоянной вплоть до четвертой регенерации (кривая 3).

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности эффективной регенерации насыщенного бутанолом активного угля АГ–3 с использованием СВЧ-технологии. В ходе экспериментов были отмечены

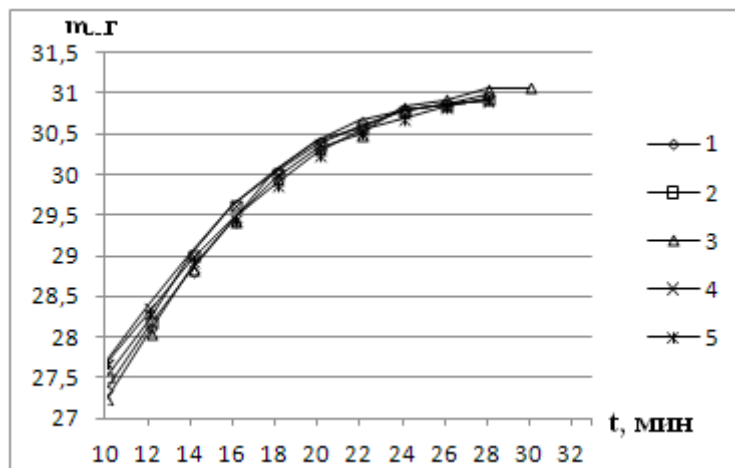


Рис. 4. Кривые адсорбции бутанола активным углем: свежим (1) и после нескольких циклов регенерации (2–5) в течение 10 минут

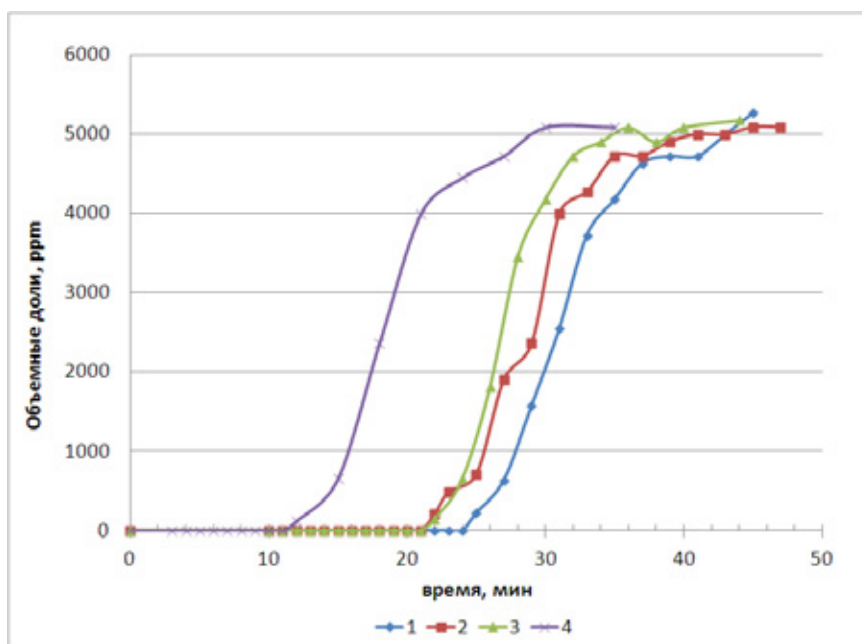


Рис. 5. Кривые проскока для активированного угля (регенерация 15 минут). 1 — без регенерации (предварительно обработан в СВЧ-печи), 2 — после первой регенерации, 3 — после четвертой регенерации, 4 — без регенерации (и без СВЧ-обработки)

следующие ее преимущества перед традиционными методами регенерации: быстрый нагрев до высоких температур (не ниже 600°C буквально за минуту при оцененной по воде мощности СВЧ-излучения в 320 Вт), целенаправленный нагрев (под действием СВЧ нагревался только уголь), отсутствие непосредственного контакта между нагревателем (магнетроном) и нагреваемым объектом (активным углем).

Предстоит уточнить степень разложения бутанола при десорбции (по предварительной оценке выход бута-

нола при регенерации достигает 80%), энергетические затраты по сравнению с регенерацией активированного угля водяным паром и возможность повышения КПД магнетрона (в выполненных экспериментах задействована мощность 320 Вт, что составляет меньше половины от заявленной производителем мощности магнетрона — 800 Вт). В целом выполненное исследование характеризуют положительные результаты, указывающие на перспективность более детального изучения процесса СВЧ-регенерации.

Литература:

1. Дорожко, С.В., Малькевич Н.Г., Морзак Г. И Технические основы охраны окружающей среды г. Минск — БНТУ — Ч. 1. — 2012. — 287 с.:
2. Родионов, А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности г. Калуга, изд-во Н. Бочкаревой, 2000 г. — 800 с.
3. Qing-Song Liu, Peng Wang, Shan-Shan Zhao, Wei Zhang. Treatment of an industrial chemical waste-water using a granular activated carbon adsorption-microwave regeneration process // Journal of Chemical Technology and Biotechnology — V. 87 — P. 1004–1009.
4. Будников, Д.А. Интенсификация сушки зерна активным вентилированием с использованием электромагнитного поля СВЧ: дис. канд. техн. наук. Волгоград, 2008. 164 с.
5. Коновалов, Н.П. Применение СВЧ-энергии для переработки угля и отходов резины в жидкие продукты: дис. д-ра техн. наук. Москва, 2001. 239 с.
6. Пан, Е.Г. Обоснование применения СВЧ технологий в ортопедической стоматологии (экспериментально-лабораторное исследование): дис. д-ра. мед. наук. Москва, 2004. 146 с.
7. Насыбуллин, А.Р. Разработка и исследование СВЧ-устройств для технологий переработки полиэтилентерефталата: дисс. д-ра техн. наук — Казань, 2012. — 143 с.
8. Брагинский, О.Б. Мировая нефтехимическая промышленность — М.: Наука, 2003 г. — 556 с.
9. Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию — М.:Химия, 1991. — 496 с.

Программа и результаты исследования коротких железобетонных балок

Снежкина Ольга Викторовна, кандидат технических наук, доцент;
 Корнюхин Анатолий Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Киселев Артем Анатольевич, магистрант;
 Ладин Роман Акбарович, магистрант
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В программу исследования коротких железобетонных балок включены факторы, не исследованные ранее, либо исследованные недостаточно. К этим факторам относятся: пролет среза a/h_0 , количество продольной и распределенной арматуры в виде горизонтальных и вертикальных хомутов.

Целью экспериментальных исследований коротких балок является дальнейшее совершенствование метода расчета прочности коротких балок при изменении a/h_0 от 1 до 1,5, разработка методов расчета трещиностойкости и определения ширины раскрытия трещин в балках с пролетом среза a/h_0 от 0,25 до 1,5.

Программа исследований коротких балок предусматривала решение следующих вопросов: определение прочности балок без распределенной арматуры с пролетом среза a/h_0 от 0,25 до 1,5; определение трещиностойкости балок без распределенной арматуры с пролетом среза a/h_0 от 0,25 до 1,5; определение ширины раскрытия трещин в балках без распределенной арматуры с пролетом среза a/h_0 от 0,25 до 1,5; определение влияния горизонтальных и вертикальных хомутов на прочность, трещиностойкость и ширину раскрытия трещин в балках с пролетом среза a/h_0 от 1 до 1,5; определение влияния пролета среза на характер образования трещин, вид разрушения в балках без поперечной арматуры и в балках, армированных равномерно распределенной арматурой.

Задачей экспериментально-теоретических испытаний являлось исследование действительной работы сжатой зоны коротких балок при изменении пролета среза от 0,25 до 1,5 в балках без распределенной арматуры, а также балок, армированных распределенной арматурой в виде горизонтальных и вертикальных хомутов при изменении пролета среза от 1 до 1,5 [1, 2, 3, 4].

Проектирование опытных образцов коротких балок. Все опытные образцы коротких балок авторами проектировались прямоугольного сечения с размерами 25×40 см. Длина образцов изменялась в соответствии с пролетом среза. Всего было изготовлено 10 образцов. Шесть образцов имели только продольную растянутую арматуру, исследуемым фактором являлся пролет среза (рис. 1).

Два образца армировались горизонтальными, два вертикальными хомутами (рис. 2). В этом случае исследуемым фактором являлся вид распределенного армирования при изменении a/h_0 от 1 до 1,5.

В качестве продольной растянутой арматуры принимались стержни 3Ø18 А-III. С целью надежной анкеровки эти стержни отгибались по контуру торца балки и дополнительно к ним было приварено по два анкерочных хомута на каждой опоре. Горизонтальные хомуты располагались равномерно по высоте балок и принимались 3Ø8 А-III с шагом 5 см. Вертикальные хомуты располагались равномерно по длине балок и принимались 3Ø8 А-III с шагом 5 см. Характеристика опытных образцов приведена в табл. 1. Образцы изготавливались в заводских условиях в специальной опалубке на заводе Стройдеталь №1 г. Пензы.

Физико-механические свойства бетона и арматуры. Одновременно с испытанием образцов коротких балок авторами проводилось определение физико-механических свойств бетона. Прочностные характеристики определялись по результатам трех испытаний кубиков. Кубиковая прочность R определялась из испытаний кубиков с ребром 10 см с введением поправочного коэффициента для перехода к стандартному кубику с ребром 15 см. (табл. 1.).

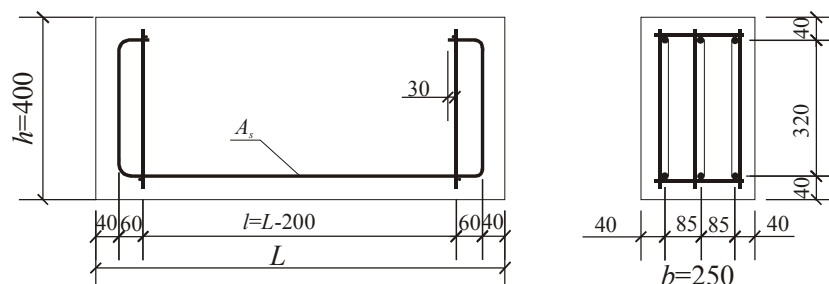


Рис. 1. Схема армирования балок серии I

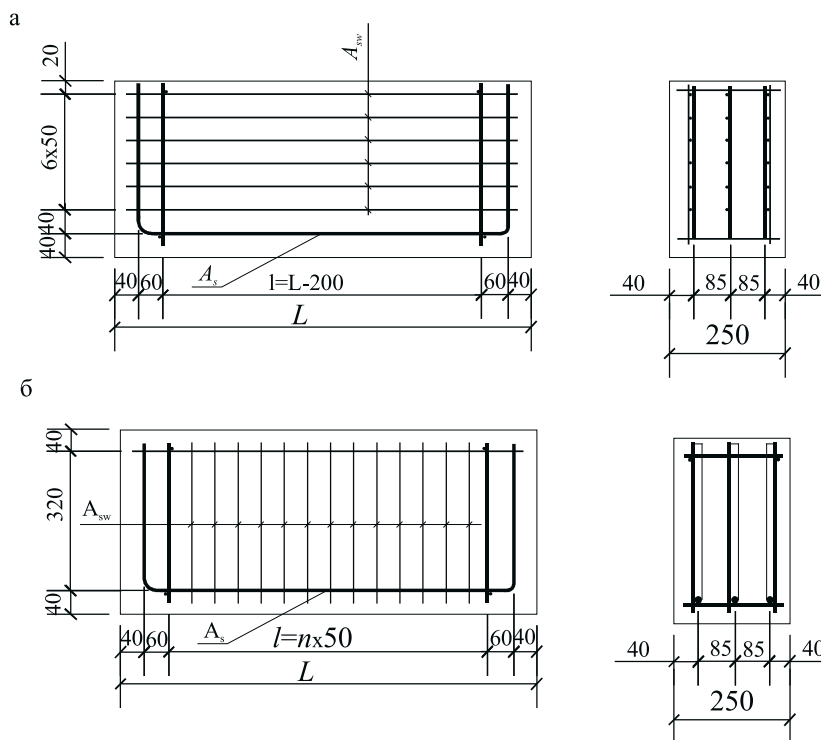


Рис. 2. Схема армирования балок с распределенной арматурой: а — серия III; б — серия II

Таблица 1. Характеристики опытных образцов коротких балок

№ п/п	Серии	Марка образца	Геометрические размеры				Продольное армирование A_s		Горизонтальные хомуты $A_{sw, g}$			Вертикальные хомуты $A_{sw, v}$		
			b, см	h, см	L, см	h_o , см	кол-во, шт.	диаметр, класс	кол-во, шт.	диаметр, класс	шаг, см	кол-во, шт.	диаметр, класс	шаг, см
1		Б-1	25	40	47	36	3	18А-III	—	—	—	—	—	—
2		Б-2	25	40	65	36	3	18А-III	—	—	—	—	—	—
3	I	Б-3	25	40	83	36	3	18А-III	—	—	—	—	—	—
4		Б-4	25	40	101	36	3	18А-III	—	—	—	—	—	—
5		Б-5	25	40	119	36	3	18А-III	—	—	—	—	—	—
6		Б-6	25	43	137	36	3	18А-III	—	—	—	—	—	—
7		Б-7	25	43	101	36	3	18А-III	3	8А — III	5	—	—	—
8	II	Б-8	25	43	137	36	3	18А-III	3	8А — III	5	—	—	—
9	III	Б-9	25	43	101	36	3	18А-III	—	—	—	3	8А — III	10
10		Б-10	25	43	137	36	3	18А-III	—	—	—	3	8А — III	10

Таблица 2. Прочностные и деформационные характеристики бетона

Марки образцов	Кубиковая прочность R, МПа	Призменная прочность R_{bn} , МПа	Прочность на растяжение $R_{btн}$, МПа	Начальный модуль упругости E_b , МПа
Б-1 ÷ Б-6	30	22	1,8	$32,5 \times 10^3$
Б-7, Б-8	19	12,7	1,3	$25,0 \times 10^3$
Б-9, Б-10	40,5	25,7	1,95	$34,5 \times 10^3$

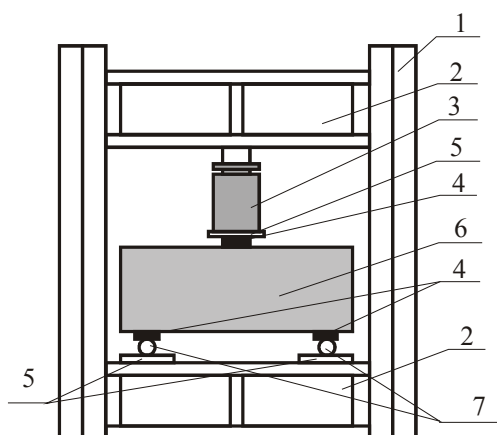


Рис. 4. Схема силовой установки испытания образцов-балок: 1 — металлическая рама; 2 — распределительная траверса; 3 — гидродомкрат; 4 — опорные площадки; 5 — жесткий штамп; 6 — испытываемый образец; 7 — катки

Таблица 3. Результаты экспериментальных исследований авторов

Серия образцов	Марка образцов	a/h_0	$m_s, \%$	$m_{swr}, \%$	$R_{bn}, \text{кг/см}^2$	$F_{cpc} \text{ накл. тр. кг} \times 10^{-3}$	Тип наклонной трещины	$F_{cpc} \text{ верт. тр. кг} \times 10^{-3}$	$F_{test} \text{ кг} \times 10^{-3}$	Вид разрушения
	Б-1	0,25	0,85	0	220	46	Т-0	–	53	по сжатой зоне
	Б-2	0,5				45	Т-0	45	75	по сжатой зоне
I	Б-3	0,75				40	Т-Г	34	82	по сжатой зоне
	Б-4	1,0				35	Т-Г	22	60	по сжатой зоне
	Б-5	1,25				28	Т-Г	18	54	по сжатой зоне
	Б-6	1,5				23	Т-Г	14	51,8	по сжатой зоне
II	Б-7	1,0	0,85	1,2	127	45	Т-Г	30	93	по сжатой зоне
	Б-8	1,5				37,5	Т-Г	27	56	по сжатой зоне
III	Б-9	1,0	0,85	1,2	257	50	Т-Г	40	87	по растянутой зоне
	Б-10	1,5				–	–	20	50	по растянутой зоне

Физико-механические свойства арматуры А-III (сталь 35ГС) определялись согласно требованиям ГОСТ. Для каждой партии арматуры было испытано по три образца стержней. Деформации удлинения оценивались индикатором с ценой деления 0,01 мм на базе 150 мм. Результаты испытаний приведены в табл. 2. Аналогичные прочностные характеристики образцов Голландского института строительства приведены в табл. 3.

Методика испытаний. Силовая установка представляла собой две металлические рамы, состоящие из боковых стоек, закрепленных в ручьях силового пола и поперечных балок-траверс, жестко соединенных со стойками. Схема и общий вид установки показана на рис. 4. Нагружение балок производилось гидравлическим домкратом

ДГ-200 через систему распределительных траверс. Подготовка к испытаниям производилась в следующем порядке. Выполнялась зачистка и побелка поверхности бетона образцов для улучшения визуального наблюдения за образованием трещин. Для измерения деформаций бетона на боковую грань образца наклеивались тензодатчики с базой 50 мм.

Нагружение опытных образцов производилось поэтапно: по 2000 кг до образования исследуемых трещин и далее, до разрушения, по 5000 кг. Определение ширины раскрытия трещин в бетоне производилась оптическим прибором — трубкой Брюнелля [5, 6, 7].

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 3.

Литература:

1. Скачков, Ю.П. Особенности напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных элементов/Ю.П. Скачков, О.В. Снежкина, М.В. Кочеткова, А.В. Корнюхин // Молодой ученый. — № 12 (59). — 2013. — с. 172–178.

2. Ладин, Р.А. Характер напряженно-деформированного состояния коротких балок, армированных хомутиками/Р.А. Ладин, О.В. Снежкина, М.В. Кочеткова, А.В. Корнюхин // Новый университет. — №10 (20). — 2013. — с. 51–56
3. Снежкина, О.В. Экспериментально-теоретические исследования коротких железобетонных балок/О.В. Снежкина, М.В. Кочеткова, А.В. Корнюхин, Р.А. Ладин // Новый университет. — №8–9 (18–19). — 2013. — с. 53–57.
4. Снежкина, О.В. Расчет прочности железобетонных балок со средним пролетом среза/О.В. Снежкина, М.В. Кочеткова, А.В. Корнюхин, Р.А. Ладин // Региональная архитектура и строительство. — №1 (18). — 2014. — С. 118–123.
5. Кочеткова, М.В. Совершенствование методов расчета многорядных свайных ростверков под колонны: моногр./М.В. Кочеткова, О.В. Снежкина, А.В. Корнюхин. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 140 с.
6. Ладин, Р.А. Оценка прочности коротких железобетонных балок/Р.А. Ладин, О.В. Снежкина, М.В. Кочеткова, А.В. Корнюхин // Вестник магистратуры. — 2014. — №4 (31). — С. 69–71.
7. Будылина, Е.А. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях/Е.А. Будылина, И.А. Гарькина, А.М. Данилов А.С. Махонин // Фундаментальные основы оценки качества сложных систем/Е.А. Будылина, И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Молодой ученый. — 2013. — №5. — с. 42–45.

Получение информации об автоматическом повторном включении головного выключателя линии, питающей трансформаторную подстанцию

Суров Леонид Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
Филиппов Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Суров Игорь Леонидович, инженер
Орловский государственный аграрный университет

Главные выключатели (ГВ) сельских распределительных сетей оборудованы устройствами автоматического повторного включения (АПВ), которые при неустойчивых коротких замыканиях (КЗ) осуществляют восстановление электроснабжения. Однако наряду с неустойчивыми КЗ, которые за время бестоковой паузы самоустраиваются, существуют устойчивые двухфазные КЗ, которые за время бестоковой паузы не самоустраиваются, а переходят в трехфазные. С целью контроля, над действиями средств автоматики, разработан способ контроля отключения АПВ и отказа отключения ГВ линии при переходе двухфазного КЗ в трехфазное [1].

Согласно предлагаемому способу с момента появления первого броска тока КЗ начинают отчет времени выдержки срабатывания защиты ГВ при этом контролируют момент его исчезновения и определяют вид КЗ и, если ток КЗ протекал по двум фазам и исчез в момент окончания отсчета времени, то делают вывод об отключении ГВ при двухфазном КЗ, с момента исчезновения тока КЗ начинают отчет времени выдержки АПВ ГВ плюс времени выдержки срабатывания его защиты с ускорением при этом контролируют появление второго броска тока КЗ и вид замыкания и, если ток КЗ появляется в момент окончания отсчета времени выдержки АПВ ГВ, протекает по трем фазам и не исчезает в момент окончания времени выдержки срабатывания защиты с ускорением, то делают вывод об отказе отключения ГВ линии при переходе двухфазного КЗ в трехфазное.

Суть предлагаемого способа поясняется рисунками.

Схема (см. рис. 1) содержит: силовой трансформатор 1, вводный выключатель шин 2, линии, отходящие от шин подстанции 3, 4, 5, 6 и 7, головной выключатель линии 8, точку КЗ 9, секционирующие выключатели линии 10 и 11, датчик определения вида короткого замыкания (ДОВКЗ) 12. Элементы: НЕ 13, ПАМЯТЬ 14, ЗАДЕРЖКА 15, ОДНОВИБРАТОР 16, И 17, ПАМЯТЬ 18, ЗАДЕРЖКА 19, ОДНОВИБРАТОР 20, И 21, ПАМЯТЬ 22, ЗАДЕРЖКА 23, ОДНОВИБРАТОР 24, И 25, РЕГИСТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО (РУ) 26.

Диаграммы сигналов на выходах элементов, показанных на рис. 1 при коротком замыкании в точке 9 (см. рис. 1), имеют вид (см. рис. 2): 27 — на выходе элемента 12, 28 — на выходе элемента 13, 29 — на выходе элемента 14, 30 — на выходе элемента 15, 31 — на выходе элемента 16, 32 — на выходе элемента 17, 33 — на выходе элемента 18, 34 — на выходе элемента 19, 35 — на выходе элемента 20, 36 — на выходе элемента 21, 37 — на выходе элемента 22, 38 — на выходе элемента 23, 39 — на выходе элемента 24, 40 — на выходе элемента 25, 41 — в РУ 26.

Кроме выходных сигналов элементов структурной схемы на рис. 2 также показаны: t_1 — момент времени возникновения тока КЗ, t_2 — момент времени отключения тока КЗ, t_3 — момент времени АПВ выключателя 8, t_4 — момент времени окончания выдержки срабатывания защиты с ускорением выключателя 9.

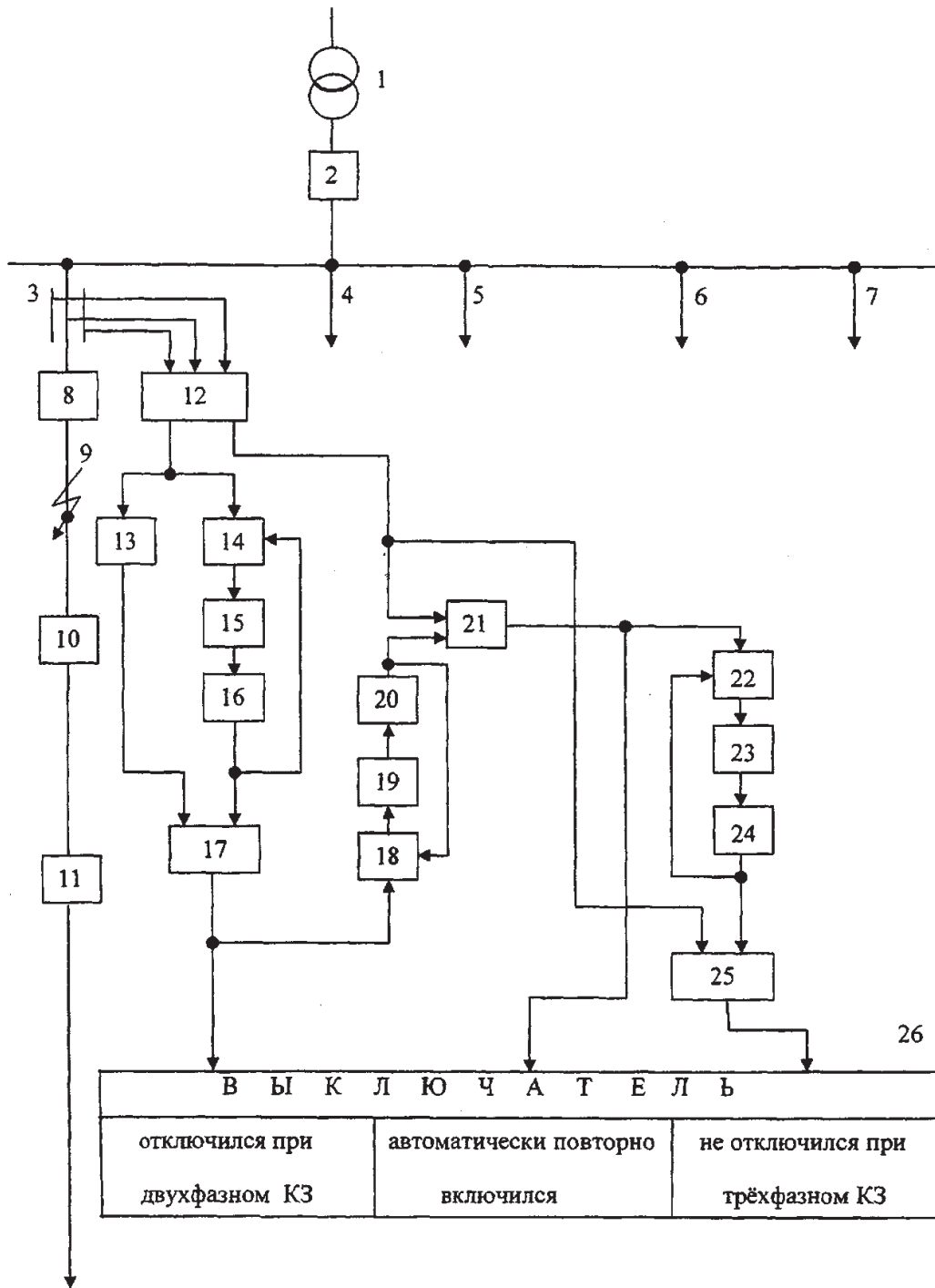


Рис. 1. Упрощенная схема сети, питающей трансформаторную подстанцию и структурная схема способа

Способ осуществляется следующим образом.

В нормальном режиме работы сети на выходе ДОВКЗ 12 нет сигнала, поэтому схема находится в режиме контроля.

При возникновении двухфазного КЗ в точке 9, на выходе ДОВКЗ 12 появляется сигнал (рис. 2, диагр. 27), этот сигнал поступит на вход элемента НЕ 13 при этом с его выхода сигнал исчезнет (рис. 2, диагр. 28) и поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 14. Запомнится этим элементом (рис. 2, диагр. 29) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 19. С выхода этого элемента сигнал

появится через время выдержки срабатывания защиты ГВ 8 и поступит (рис. 2, диагр. 30) на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 16. Этот элемент произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 31) и своим сигналом «сбросит» память с элемента 14 и поступит на второй вход элемента И 17. В этот момент времени под действием защиты ГВ 8 отключится и сигнал с первого выхода ДОВКЗ 12 исчезнет (рис. 2, диагр. 27, момент времени t_2). При этом на выходе элемента НЕ 13 появится сигнал (рис. 2, диагр. 28), который поступит на первый вход элемента И 17. Он сработает (рис. 2, диагр. 32), и его выходной сигнал по-

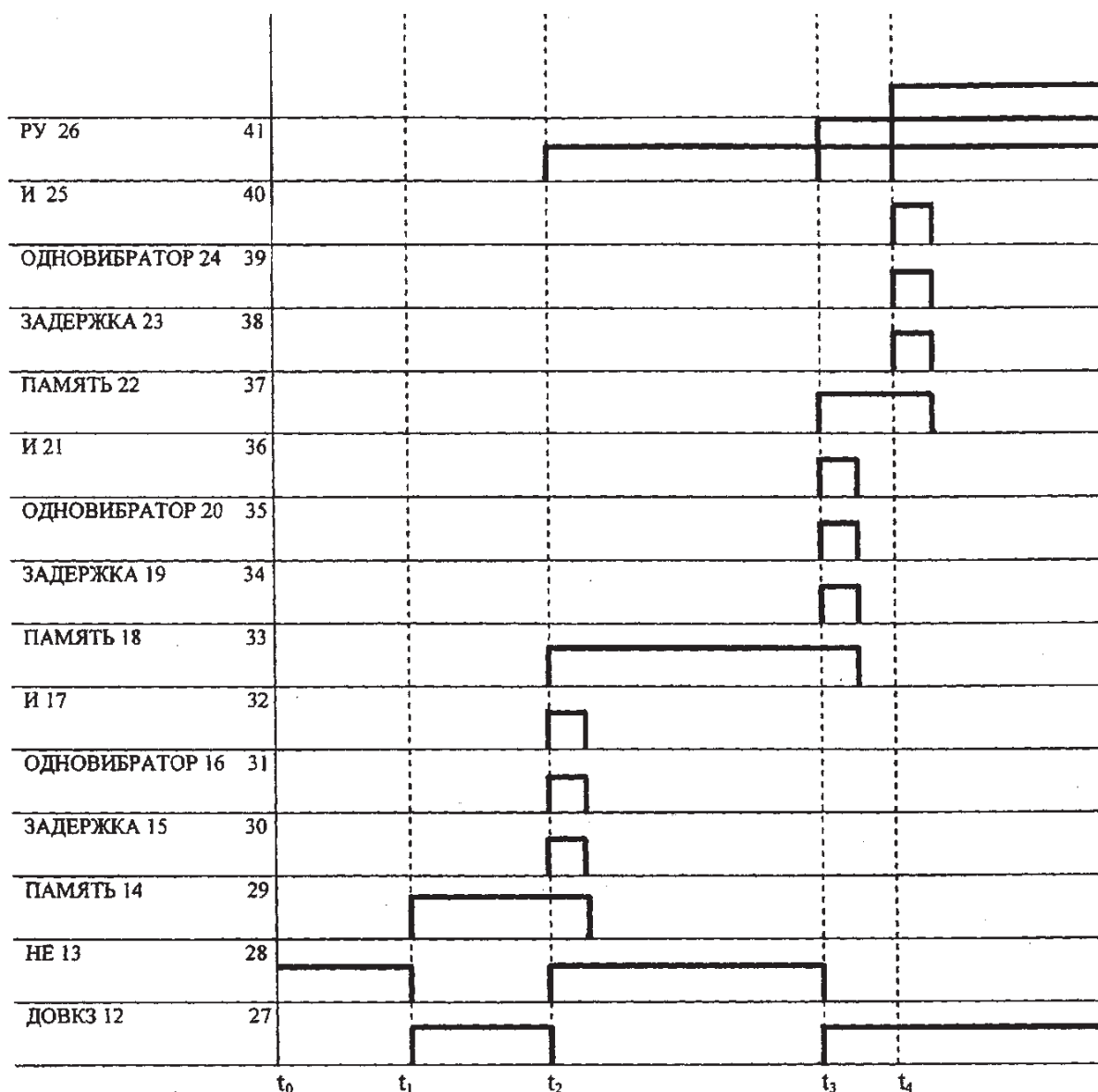


Рис. 2. Диаграммы сигналов на выходах элементов структурной схемы

ступит в РУ 26, и появится информация о том, что ГВ 8 отключился. Параллельно с этим выходной сигнал элемента И 17 поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 18, запомнится им (рис. 2, диагр. 33) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 19. С выхода этого элемента сигнал появится через время выдержки АПВ 8 (рис. 2, диагр. 34) и поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 20. Он произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 35), своим сигналом «сбросит» память с элемента 18 (рис. 2, диагр. 33) и поступит на первый вход элемента И 21. В этот момент времени (t_3 , рис. 2) произойдет АПВ ГВ 8 на КЗ. При этом, если двухфазное КЗ перешло в трехфазное, то на втором выходе ДОВКЗ 12 появится сигнал (рис. 2, диагр. 27, момент времени t_3). Этот сигнал поступит на второй вход элемента И 21, он сработает (рис. 2, диагр. 36) и его входной сигнал поступит в РУ 26, где появится информация об АПВ ГВ 8 и поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 22. Этот сигнал запомнится (рис. 2,

диагр. 37) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 23 и появится на его выходе через время выдержки срабатывания защиты с ускорением ГВ 8 (рис. 2, диагр. 38). По истечении этого времени сигнал поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОРА 24, он произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 39) и этот сигнал «сбросит» память с элемента 22 и поступит на второй вход элемента И 25. При этом на первом входе И 25 тоже будет сигнал т.к. по причине отказа ГВ 8 не отключится и не отключит ток КЗ (рис. 2, диагр. 27, момент времени (4)). Он сработает (рис. 2, диагр. 40) и его выходной сигнал поступит в РУ 26 и там появится информация о том, что ГВ 8 не отключился при трехфазном КЗ.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет получить информацию об отключении, автоматического повторного включения и отказе отключения головного выключателя линии при переходе двухфазного короткого замыкания в трехфазное.

Литература:

1. Патент РФ №2502167 С1 кл. НО2Н 3/04, опубл. 20.12.2013. Бюл.№35.

Ложное отключение секционного выключателя шин двухтрансформаторной подстанции

Суров Леонид Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
Филиппов Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Суров Игорь Леонидович, инженер
Орловский государственный аграрный университет

Условно замкнутая кольцевая сеть, образованная двумя секционированными линиями, питающимися от разных шин двухтрансформаторной подстанции, для выделения поврежденного участка, оборудуется шинным и сетевым пунктами резервирования. Работа выключателей, такой кольцевой сети, осуществляется автоматически, при этом короткие замыкания (КЗ) могут возникнуть на любых участках. Рассмотрим работу системы автоматики по выделению поврежденных шин основного источника питания при КЗ в точке 7. Для такого контроля разработан способ отключения головного выключателя шин подстанции с последующим отключением головного выключателя и включением выключателя резерва линии кольцевой сети [1].

Согласно предлагаемому способу с момента появления броска тока КЗ на шинах трансформатора основного источника питания начинают первый отсчет времени, равный времени выдержки срабатывания защиты вводного выключателя этих шин при этом контролируют момент исчезновения тока КЗ, и если в момент окончания отсчитываемого времени ток КЗ исчезнет, то делают вывод об отключении вводного выключателя шин трансформатора основного источника питания, с момента исчезновения тока КЗ начинают второй отсчет времени, равный времени выдержки включения выключателя резерва линии основного источника питания, при этом в линии резервного источника питания контролируют появление броска рабочего тока или тока КЗ, и если в момент окончания второго отсчета времени появился бросок рабочего тока значением, определяемым нагрузкой линии, подключенной к резервному источнику питания, и ток КЗ не появился, то делают вывод об отключении головного выключателя и включении выключателя резерва линии кольцевой сети.

Для реализации такого способа разработана структурная схема.

Она (см. рис. 1) содержит: трансформатор силовой 1, вводной выключатель шин подстанции 2, головной выключатель линий основного источника питания 3, выключатель резерва линий основного источника питания 4, секционирующий выключатель линии резервного источника питания 5, головной выключатель линии резервного

источника питания 6, точку КЗ 7, секционный выключатель шин 8, вводной выключатель шин 9, трансформатор силовой 10, датчик тока короткого замыкания (ДТКЗ) 11, элемент ПАМЯТЬ 12, элемент НЕ 13, элемент ЗАДЕРЖКА 14, элемент ОДНОВИБРАТОР 15, элемент И 16, элемент ПАМЯТЬ 17, элемент ЗАДЕРЖКА 18, элемент ОДНОВИБРАТОР 19, элемент И 20, трансформатор тока (ТТ) 21, датчик рабочего тока (ДРТ) 22, регистрирующее устройство (РУ) 23.

Диаграммы сигналов на выходах элементов, показанных на рис. 1 при устойчивом КЗ в точке 7 (рис. 1), имеют вид (см. рис. 2): 24 — на выходе элемента 11, 25 — на выходе элемента 12, 26 — на выходе элемента 13, 27 — на выходе элемента 14, 28 — на выходе элемента 15, 29 — на выходе элемента 16, 30 — на выходе элемента 17, 31 на выходе элемента 18, 32 — на выходе элемента 19, 33 — на выходе элемента 20, 34 — на выходе элемента 21, 35 — на выходе элемента 22, 36 — в РУ 23.

На рис. 2 кроме диаграмм выходных сигналов элементов схемы также показаны: t_2 — момент времени возникновения устойчивого КЗ в точке 7, t_2 — момент времени отключения тока КЗ вводным выключателем 2, t_3 — момент времени отключения головного выключателя 3, t_4 — момент времени включения выключателя резерва 4.

Способ осуществляется следующим образом.

В нормальном режиме работы кольцевой сети выключатели 2,3,5,6, и 9 включены, а выключатели 4 и 8 отключены. На выходе ДТКЗ 11 сигнала нет (рис. 2, момент времени t_0), поэтому схема находится в режиме контроля.

При устойчивом КЗ, например в точке 7, на выходе ДТКЗ 11 появится сигнал (рис. 2, диагр. 24, момент времени t_1), который поступит на вход элемента НЕ 13 при этом существовавший до этого его выходной сигнал исчезнет (рис. 2, диагр. 26), также он поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 12, запомнится им (рис. 2, диагр. 25) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 14. На выходе этого элемента сигнал появится через время выдержки срабатывания защиты вводного выключателя шин 2 (рис. 2, диагр. 27) и поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 15. Этот элемент произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 28) и своим сигналом «сбросит» память с элемента 12

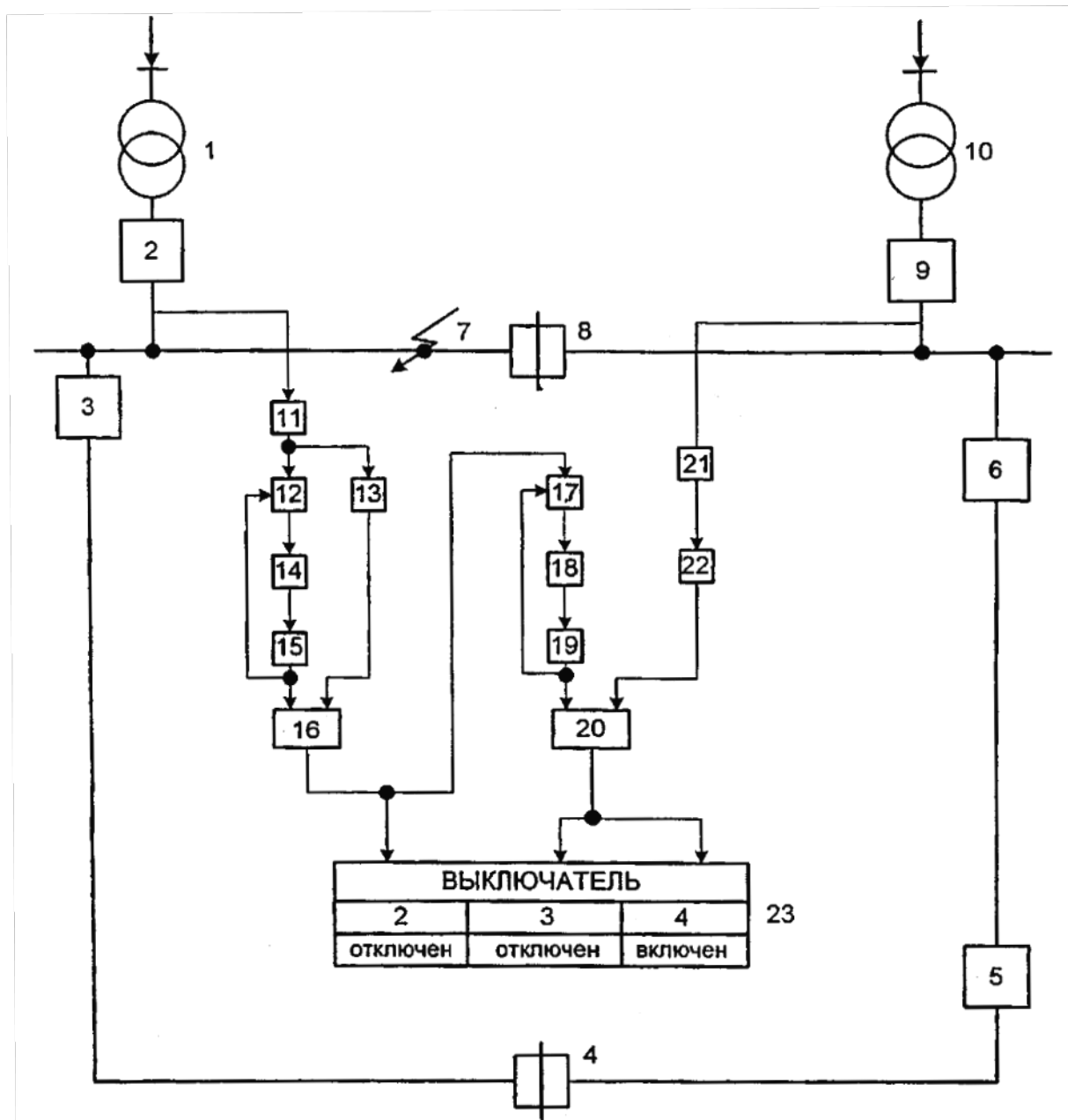


Рис. 1. Упрощенная схема двухтрансформаторной подстанции и структурная схема способа

(рис. 2, диагр. 25) и поступит на первый вход элемента И 16. В этот момент времени (t_2) ток КЗ будет отключен вводным выключателем шин трансформаторной подстанции 2, при этом исчезнет напряжение на шинах трансформатора основного источника питания. Это приведет в действие защиту минимального напряжения и выключатель 3 отключится в момент времени t_3 . При отключении выключателя 2 сигнал с ДТКЗ 11 исчезнет (рис. 2, диагр. 24) и появится сигнал с элемента НЕ 13 (рис. 2, диагр. 26) который поступит на второй вход элемента И 16. Он работает и на его выходе появится сигнал (рис. 2, диагр. 29). Этот сигнал поступит в РУ 23 и там появится информация об отключении выключателя 2 (рис. 2, диагр. 36). Также этот сигнал поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 17, где

запомнится (рис. 2, диагр. 30) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 18. С выхода этого элемента сигнал появится через время выдержки включения выключателя 4 (рис. 2, диагр. 31). По истечении этого времени сигнал с элемента ЗАДЕРЖКА 18 поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 19. Он произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 32) и своим сигналом «сбросит» память с элемента 17 (рис. 2, диагр. 30) и поступит на первый вход элемента И 20. В этот момент времени выключатель 4 под действием защиты автоматического включения резерва включится. В линии резервного источника питания появится бросок рабочего тока (рис. 2, диагр. 34), обусловленный подключением к резервной линии дополнительной нагрузки, при этом на выходе ДРТ 22 появится

сигнал (рис. 2, диагр. 35). Этот сигнал поступит на второй вход элемента И 20. Он сработает (рис. 2, диагр. 33), этот сигнал поступит в РУ 23 и обеспечит появление в нем информации об отключении выключателя 3 и включении выключателя 4 (рис. 2, диагр. 36).

Литература:

1. Патент РФ №2502174 С1 кл. НО2J 13/00 опубл. 20.12.2013. Бюл.№35.

Работа средств автоматики при отказе отключения секционирующего выключателя кольцевой сети

Суров Леонид Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
 Филиппов Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Суров Игорь Леонидович, инженер
 Орловский государственный аграрный университет

Износность оборудования, сбой в средствах автоматики, неселективное срабатывание защит, приводят к отказу отключения выключателей, при этом возникает определенная последовательность срабатывания средств защиты воздействующих на коммутационные аппараты. Рассмотрим один из возможных вариантов последовательности действия защит и выключателей кольцевой сети, изображенной на рис. 1 при отказе отключения секционирующего выключателя линии основного источника питания. При этом информация о действиях средств автоматики и управляемыми ей выключателями поступает на шины подстанции и ее можно получать дистанционно в режиме реального времени. С целью такого контроля разработан способ контроля отказа отключения секционирующего и отключения головного выключателей линии основного источника питания, выключения и отказа отключения выключателя сетевого пункта автоматического включения резерва (АВР) и отключения секционирующего выключателя (СВ) линии резервного источника питания в кольцевой сети [1].

Согласно этому способу с момента появления первого броска тока КЗ на шинах основного источника питания одновременно начинают отсчет времени выдержки срабатывания защиты секционирующего и головного выключателей линии основного источника питания при этом контролируют момент отклонения тока КЗ, и, если в момент окончания времени выдержки срабатывания защиты СВ ток КЗ не отключился, а отключился в момент окончания времени выдержки срабатывания защиты ГВ, то делают вывод об отказе отключения секционирующего и отключения головного выключателей линии основного источника питания, с момента отключения первого броска тока КЗ начинают отсчет времени выдержки включения выключателя сетевого пункта АВР и в момент окончания отсчета этого времени на шинах

Таким образом, при использовании предлагаемого способа можно получать информацию об отключении вводного выключателя шин подстанции с последующим отключением головного выключателя и включением выключателя резерва линии кольцевой сети.

трансформатора резервного источника питания контролируют появление второго броска тока КЗ, и, если он появляется, то делают вывод о включении этого выключателя на КЗ, с момента появления второго броска тока КЗ одновременно начинают отсчет времени выдержки срабатывания защиты с ускорением выключателя сетевого пункта АВР и времени выдержки срабатывания защиты СВ линии резервного источника питания, и, если в момент окончания времени выдержки срабатывания защиты с ускорением выключателя сетевого пункта АВР второй бросок тока КЗ не отключился, а отключился в момент окончания времени выдержки срабатывания защиты СВ линии резервного источника питания, то делают вывод об отказе отключения выключателя сетевого пункта АВР и отключении СВ линии резервного источника питания.

Суть предлагаемого способа поясняется рисунками, где:

на рис. 1 — представлена структурная схема, содержащая элементы для реализации способа;

на рис. 2 — диаграммы сигналов на выходах элементов, показанных на рис. 1 при устойчивом КЗ в точке 4 (см. рис. 1).

Схема (см. рис. 1) содержит: силовой трансформатор 1, ГВ 2 линии основного источника питания, СВ 3 линии основного источника питания, точку КЗ 4, выключатель 5 сетевого пункта АВР, СВ 6 линии резервного источника питания, ГВ 7 линии резервного источника питания, секционный выключатель шин подстанции 8, силовой трансформатор 9, датчик тока которого замыкания (ДТКЗ) 10, элемент ПАМЯТЬ 11, элемент ЗАДЕРЖКА 12, элемент ОДНОВИБРАТОР 13, элемент И 14, элемент НЕ 15, элемент ПАМЯТЬ 16, элемент ЗАДЕРЖКА 17, элемент ОДНОВИБРАТОР 18, элемент И 19, элемент ПАМЯТЬ 20, элемент ЗАДЕРЖКА 21, элемент ОДНОВИ-

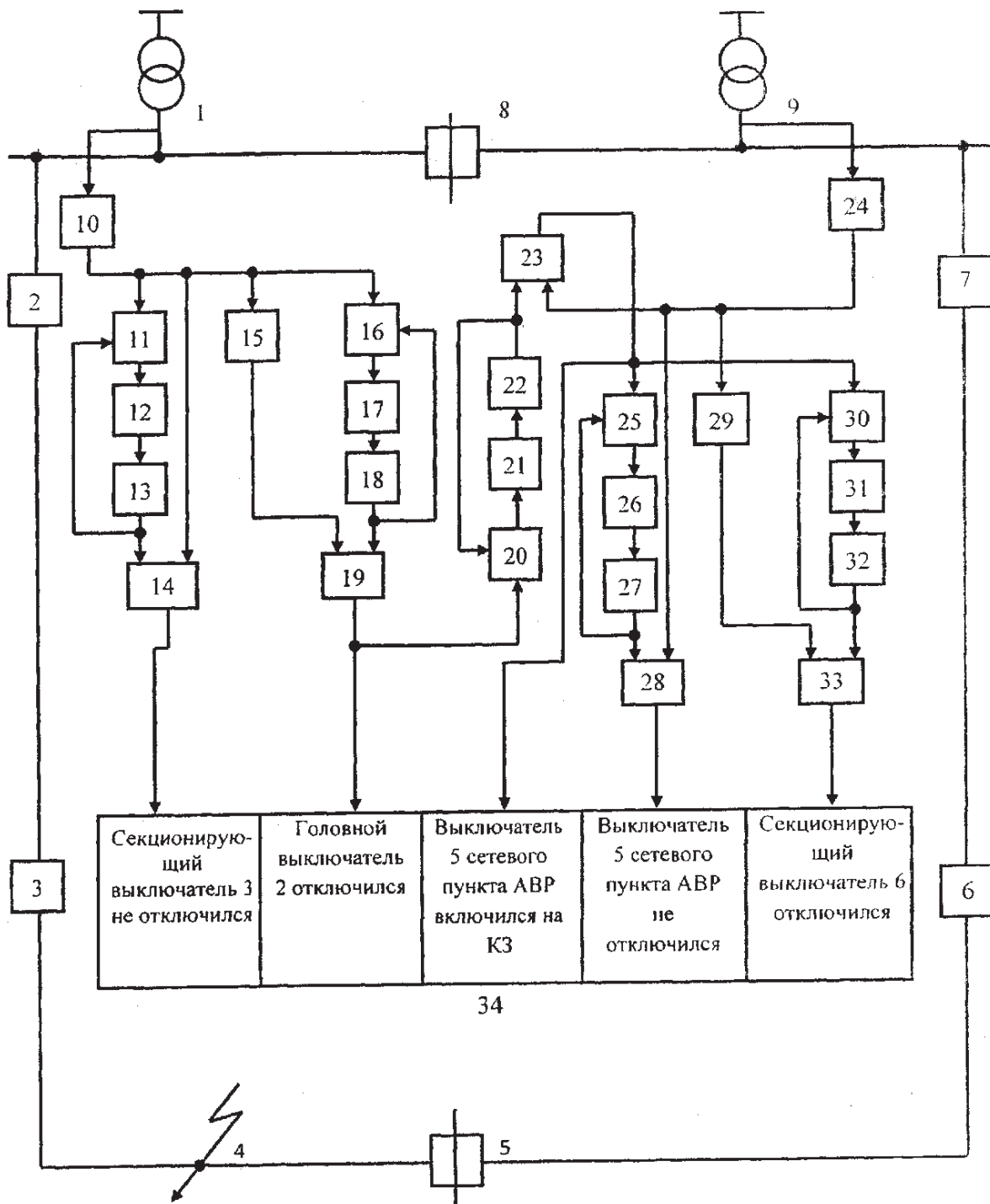


Рис. 1. Упрощенная схема работы средств автоматики и структурная схема способа

БРАТОР 22, элемент И 23, ДТКЗ 24, элемент ПАМЯТЬ 25, элемент ЗАДЕРЖКА 26, элемент ОДНОВИБРАТОР 27, элемент И 28, элемент НЕ 29, элемент ПАМЯТЬ 30, элемент ЗАДЕРЖКИ 31, элемент ОДНОВИБРАТОР 32, элемент И 33, регистрирующее устройство (РУ) 34.

Диаграммы сигналов на выходах элементов, показанных на рис. 1 при КЗ в точке 4 (см. рис. 1), имеют вид (см. рис. 2): 35 — выходе элемента 10, 36 — выходе элемента 11, 37 — выходе элемента 12, 38 — выходе элемента 13, 39 — выходе элемента 14, 40 — выходе элемента 15, 41 — выходе элемента 16, 42 — выходе

элемента 17, 43 — выходе элемента 18, 44 — выходе элемента 19, 45 — выходе элемента 20, 46 — выходе элемента 21, 47 — выходе элемента 22, 48 — выходе элемента 23, 49 — выходе элемента 24, 50 — выходе элемента 25, 51 — выходе элемента 26, 52 — выходе элемента 27, 53 — выходе элемента 28, 54 — выходе элемента 29, 55 — выходе элемента 30, 56 — выходе элемента 31, 57 — выходе элемента 32, 58 — выходе элемента 33, 59 — в РУ 34.

Кроме выходных сигналов элементов схемы контроля на рис. 2 также показаны: t_1 — момент времени возник-

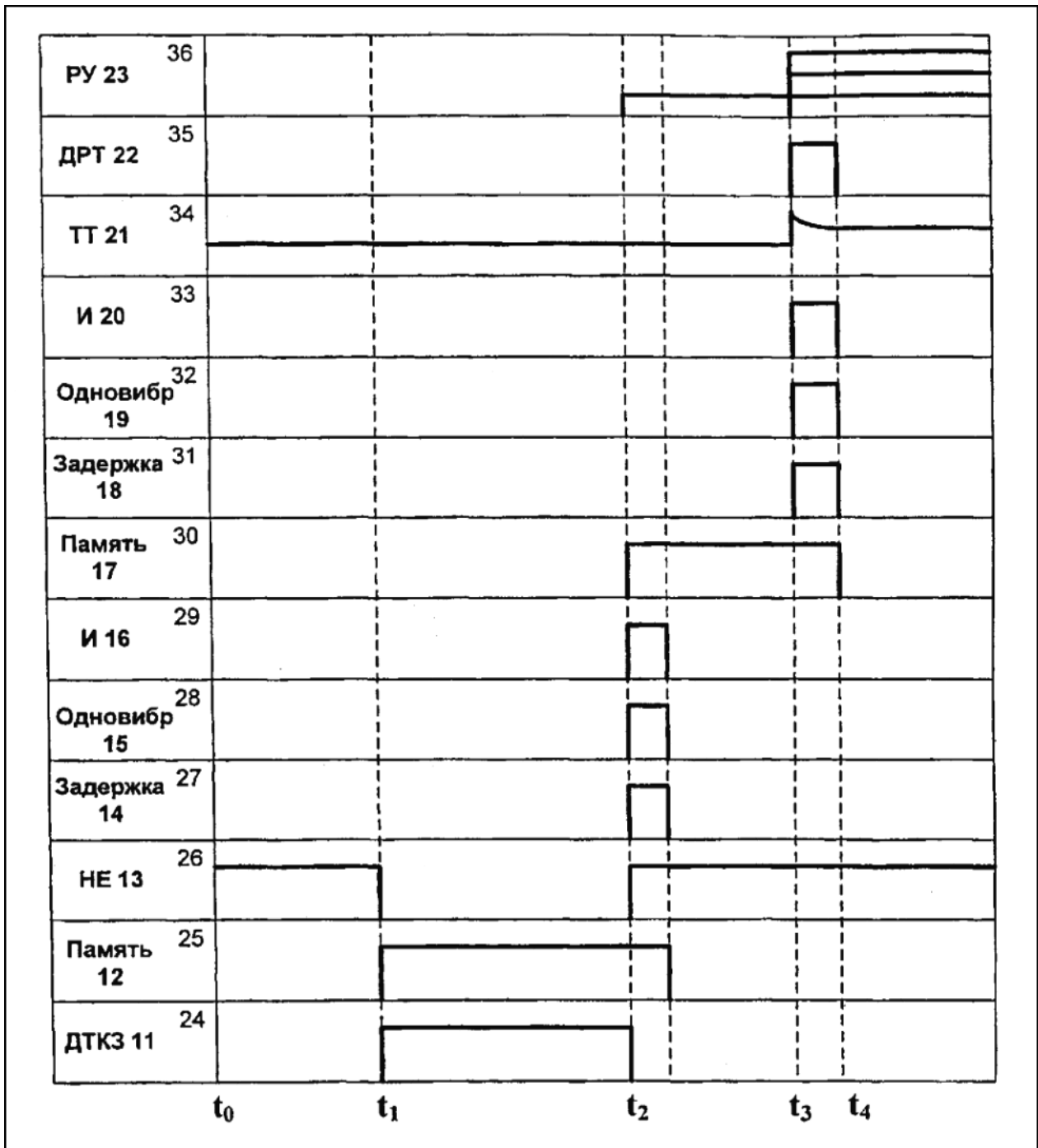


Рис. 2. Диаграммы выходных сигналов элементов структурной схемы

новения устойчивого КЗ, t_2 — момент времени отключения СВ 3, t_3 — момент времени отключения ГВ 2, t_4 — момент времени выключения выключателя 5 сетевого пункта АВР, t_5 — момент времени отключения с ускорением выключателя 5 сетевого пункта АВР, t_6 — момент времени отключения СВ 6.

Способ осуществляется следующим образом.

В нормальном режиме работы сети выключатели 2, 3, 6 и 7 включены, а выключатель 5 и 8 отключены. На выходах ДТКЗ 10 и 24 сигналов нет, поэтому схема находится в режиме контроля.

При устойчивом КЗ в точке 4 на выходе ДТКЗ 10 появится сигнал (рис. 2, диагр. 35, момент времени t_1). Этот сигнал поступает на вход элемента НЕ 15 и с его выхода сигнал исчезнет (рис. 2, диагр. 40), а также сигнал поступит на входы элементов ПАМЯТЬ 11 и 16. Сигналы запомнятся ими (рис. 2, диагр. 36 и 41) и поступят на входы элементов ЗАДЕРЖКА 12 и 17. На выходе элемента ЗАДЕРЖКА 12 сигнал появится через время выдержки срабатывания защиты СВ 3 (рис. 2, диагр. 37), а на выходе элемента ЗАДЕРЖКА 17 сигнал появится через время выдержки срабатывания защиты ГВ 2 (рис. 2, диагр.

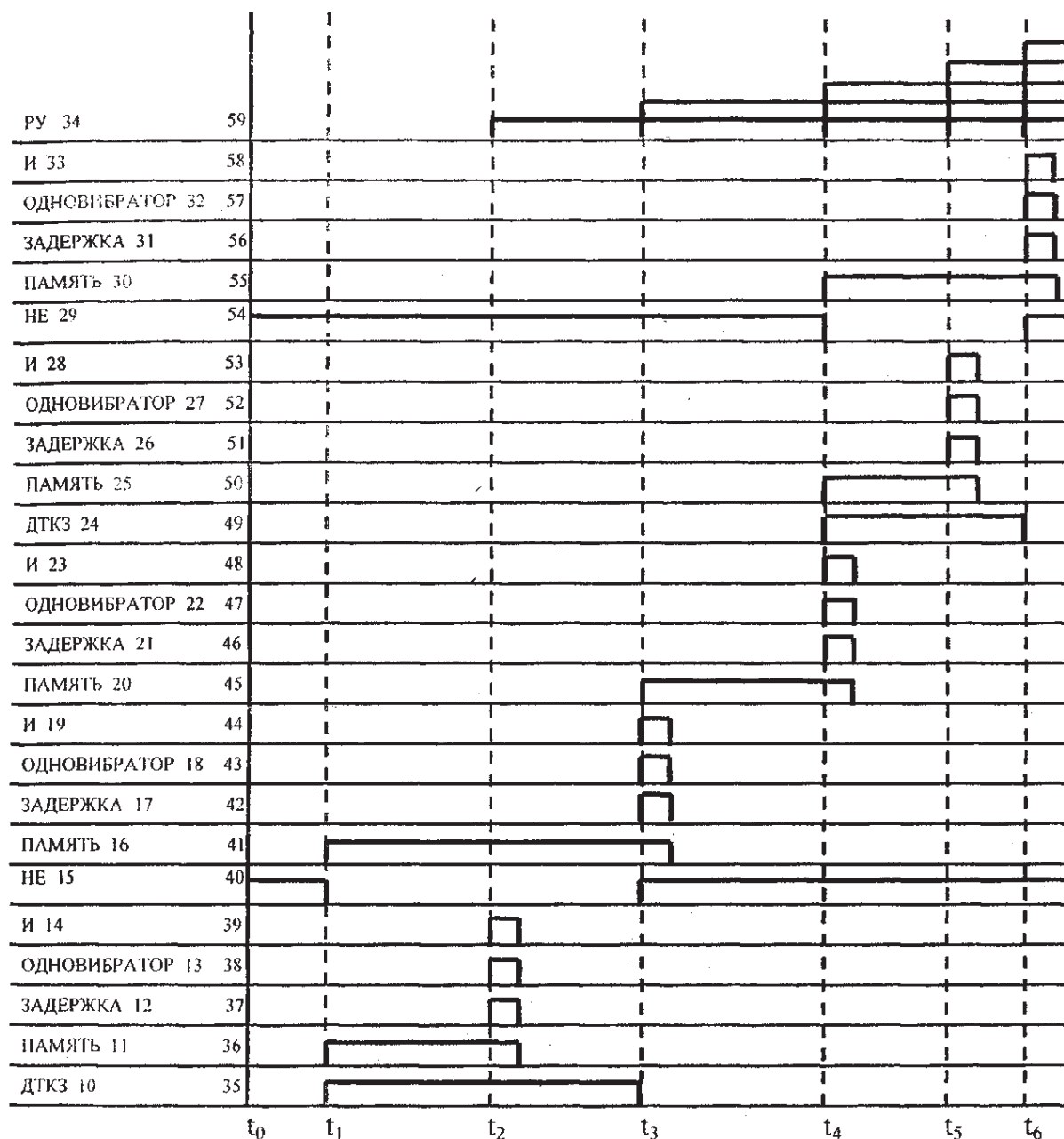


Рис. 3. Диаграмма сигналов на выходах элементов схемы

42). Выходной сигнал с элемента ЗАДЕРЖКА 12 поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 13, он произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 38) и своим сигналом «сбросит» память с элемента 11, и поступит на первый вход элемента И 14. В этот момент времени (t_2 , см. рис. 2) выключатель 3 должен отключиться, однако по причине какой-либо неисправности он не отключится и не отключит ток КЗ. Поэтому на втором входе элемента И 14 с ДТКЗ 10 тоже будет сигнал (рис. 2, диагр. 35). Это обеспечит появление сигнал с элемента И 14 (рис. 2, диагр. 39), которой поступит в РУ 34 и там появится информация об отказе отключения СВ 3 (рис. 2, диагр. 59).

По истечении времени выдержки срабатывания защиты ГВ 2 с выхода элемента ЗАДЕРЖКА 17 появится сигнал (рис. 2, диагр. 46) который поступит на вход эле-

мента ОДНОВИБРАТОР 18. Он произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 43) и своим сигналам «сбросит» память с элемента 16 (рис. 2, диагр. 41) и поступит на второй вход элемента И 19. В этот момент времени (t_3 , см. рис. 2) произойдет отключение ГВ 2 и ток КЗ исчезнет. Это приведет к появлению выходного сигнала с элемента НЕ 15 (рис. 2, диагр. 40), который, поступив на первый вход элемента И 19, обеспечит появление его выходного сигнала (рис. 2, диагр. 44). Этот сигнал поступит в РУ 34 и там появится информация о том, что ГВ 2 отключился, а также он поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 20, где запомнится им (рис. 2, диагр. 45) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 21. С выхода этого элемента сигнал появится через время выдержки включения выключателя 5 сетевого пункта АВР (рис. 2, диагр. 46) и поступит на вход элемента

ОДНОВИБРАТОР 22. Он произведет одно колебание и своим сигналом «сбросит» память с элемента 20 (рис. 2, диагр. 45) и поступит на первый вход элемента И 23.

Исчезновение напряжения на сетевом пункте АВР со стороны основного источника питания, по причине отключения ГВ 2 приведет в действие автоматику этого пункта и по истечении времени выдержки включения-выключения 5 сетевого пункта АВР он включится, причем включится на КЗ. При этом на входе ДТКЗ 24 появится сигнал (рис. 2, диагр. 49) который поступит на второй вход элемента И 23 и обеспечит его срабатывание (рис. 2, диагр. 48). Сигнал этого элемента поступит в РУ 34 и там появится информация о включении выключателя 5 на КЗ (рис. 2, диагр. 59), также этот сигнал поступит на входы элементов ПАМЯТЬ 25 и 30, запомнится ими (рис. 2, диагр. 50 и 55) и поступит на входы элементов ЗАДЕРЖКА 26 и 31. С выхода элемента ЗАДЕРЖКА 26 сигнал появится, через время выдержки срабатывания защиты с ускорением выключателя 5, (рис. 2, диагр. 51) а с выхода элемента ЗАДЕРЖКА 31 сигнал появится через время выдержки срабатывания защиты СВ 6 (рис. 2, диагр. 56).

Выйдя из элемента ЗАДЕРЖКА 26 сигнал поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 27. Он произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 52) и своим сигналом «сбросит» память с элемента 25 (рис. 2, диагр. 50) и поступит на первый вход элемента И 28. В этот момент вре-

мени (t_5 , см. рис. 2) выключатель 5 должен отключаться, но это не произойдет по причине какой-либо неисправности, возникшей при его включении на устойчивое КЗ, поэтому на втором входе элемента И 28 тоже будет сигнал с ДТКЗ 24 (рис. 2, диагр. 49). Это приведет к появлению выходного сигнала с И 28 (рис. 2, диагр. 53), который поступит в РУ 34 и там появится информация об отказе отключения выключателя 5 сетевого пункта АВР (рис. 2, диагр. 59).

Выходной сигнал элемента ЗАДЕРЖКА 31 поступит на вход ОДНОВИБРАТОРА 32. Он произведет одно колебание (рис. 2, диагр. 57) и своим сигналом «сбросит» память с элемента 30 (рис. 2, диагр. 55) и поступит на второй вход элемента И 33. В этот момент времени (t_4 , см. рис. 2) СВ 6 отключится под действием своей защиты, поэтому на выходе элемента НЕ 29 вновь появится сигнал (рис. 2, диагр. 54), который поступит на первый вход элемента И 33. Он сработает (рис. 2, диагр. 58) и его выходной сигнал поступит в РУ 34, где появится информация об отключении СВ 6 (рис. 2, диагр. 59).

Таким образом, предлагаемый способ позволяет получать информацию об отказе отключения секционирующего и отключении головного выключателей линии основного источника питания, включении и отказе отключения выключателя сетевого пункта АВР и отключении секционирующего выключателя линии резервного источника питания в кольцевой сети.

Литература:

1. Патент РФ №2474029 С1 кл. НО2J 13/00 опубл. 27.07.2011. Бюл.№3.

Дистанционный метод восстановления нормальной схемы электроснабжения кольцевой сети

Суров Леонид Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
 Филиппов Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Суров Игорь Леонидович, инженер
 Орловский государственный аграрный университет

С целью повышения надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей при построении распределительных сетей, напряжением 10 кв, предусматривают сетевое резервирование одним из способов такого резервирования является применение двухтрансформаторных подстанций с двумя секциями шин на стороне низкого напряжения. При этом протяженные секционированные линии электропередач, питающиеся от разных шин подстанций, соединяют сетевым пунктом автоматического включения резерва (АВР). Выключатель этого пункта, а также выключатель, соединяющий разные секции шин подстанции в нормальном режиме работы отключены и такая кон-

фигурация получила название условно-замкнутой кольцевой сетью.

Выключение выключателя сетевого пункта АВР осуществляется автоматически при исчезновении напряжения со стороны основного источника питания, которое происходит, например, при устойчивом коротком замыкании (КЗ) в точке 3 на участке линии основного источника питания, расположенным за смежным участком этой линии (рис. 1). После устранения КЗ и подачи напряжения на отключенный участок линии, схема переходит в нормальный режим работы, путем автоматического отключения выключателя сетевого пункта АВР. При этом дистанционно важно знать, произошло отключение этого

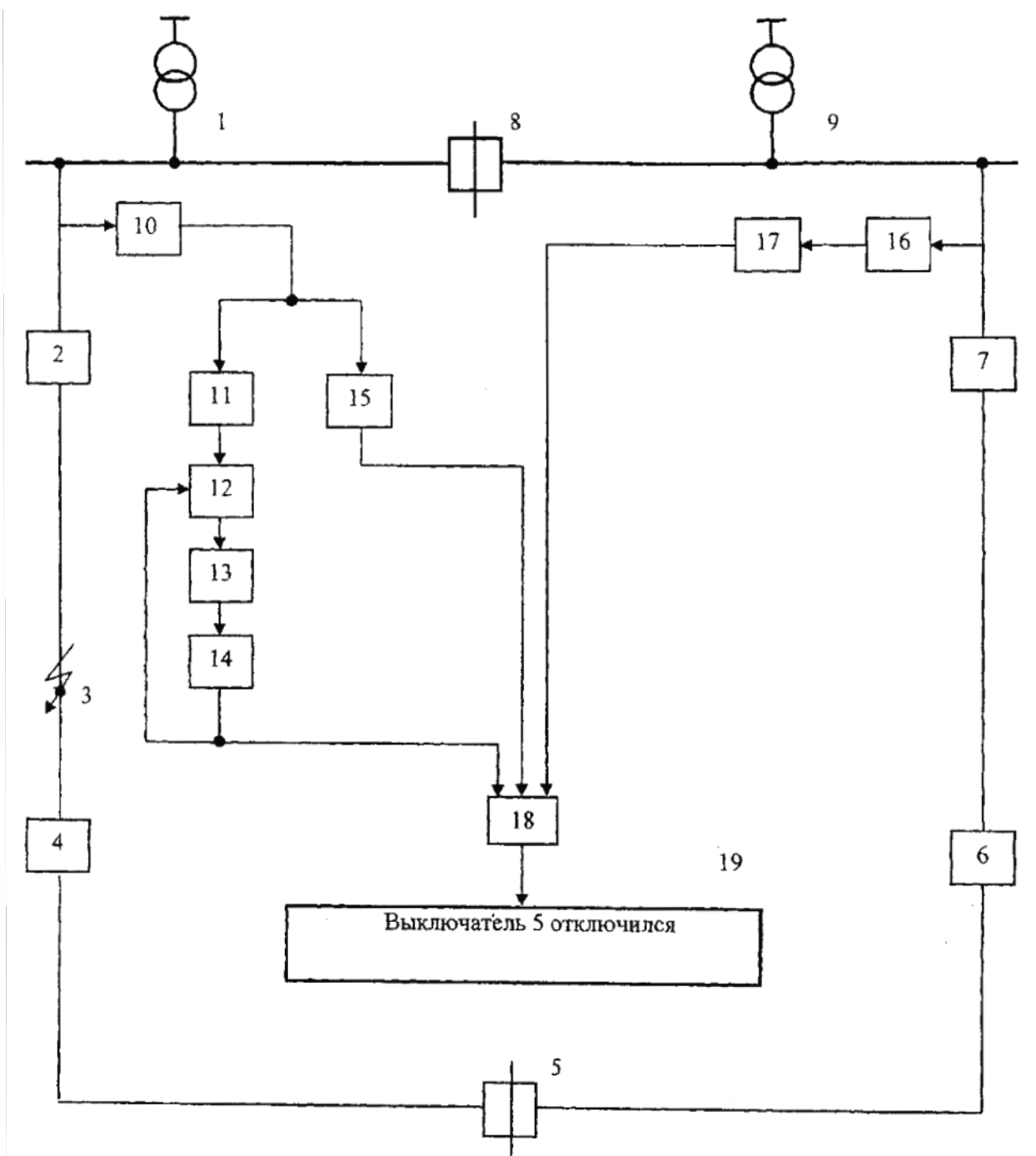


Рис. 1. Упрощенная схема дистанционного контроля

выключателя или произошел отказ отключения. С целью получения нужной информации разработан способ контроля отключения выключателя сетевого пункта АВР, при восстановлении нормальной схемы электроснабжения кольцевой сети [1].

Согласно этому способу с момента появления броска рабочего тока значением, определяемым нагрузкой отключенного участка линии основного источника питания, начинают отсчет времени, равный времени выдержки включения секционирующего выключателя этой линии и, если с момента окончания отсчета этого, времени до момента отключения выключателя сетевого пункта АВР рабочий ток

в линии основного источника питания увеличился на значение, определяемое нагрузкой резервируемого участка, а в линии резервного источника питания уменьшился на такое же значение, то делают вывод об отключении выключателя сетевого пункта АВР и восстановлении нормальной схемы электроснабжения кольцевой сети.

Суть предлагаемого способа поясняется рисунками 1 и 2, где:

на рис. 1 — представлена структурная схема, содержащая элементы для реализаций способа;

на рис. 2 — диаграммы сигналов на выходах элементов, показанных на рис. 1 при КЗ в точке 3 (см. рис. 2).

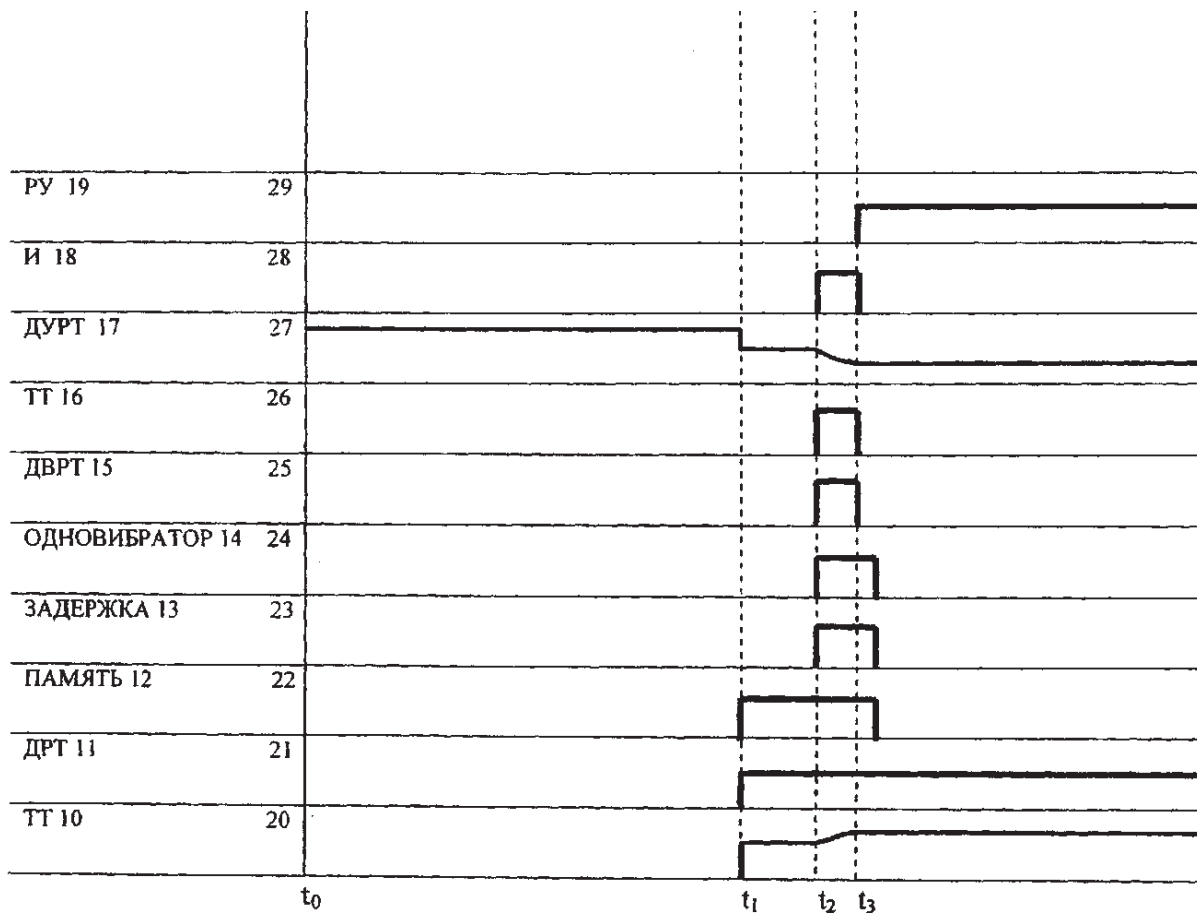


Рис. 2. Диаграммы выходных сигналов элементов структурной схемы

Схема (см. рис. 1) содержит: силовой трансформатор основного источника питания 1, головной выключатель линии основного источника питания 2, точку КЗ 3, секционирующий выключатель линии основного источника питания 4, выключатель сетевого пункта АВР 5, секционирующий выключатель линии резервного источника питания 6, головной выключатель линии резервного источника питания 7, выключатель шинного АВР 8, силовой трансформатор резервного источника питания 9, трансформатор тока (ТТ) 10, датчик рабочего тока 11, элемент ПАМЯТЬ 12, элемент ЗАДЕРЖКА 13, элемент ОДНОВИБРАТОР 14, датчик возрастания рабочего тока (ДВРТ) 15, ТТ 16, датчик убывания рабочего тока (ДУРТ) 17, элемент И 18, регистрирующее устройство (РУ) 19. Диаграммы сигналов на выходах элементов, показанных на рис. 1 при КЗ в точке 3 (см. рис. 1), имеют вид (см. рис. 2): 20 — на выходе элемента 10, 21 — на выходе элемента 11, 22 — на выходе элемента 12, 23 — на выходе элемента 13, 24 — на выходе элемента 14, 25 — на выходе элемента 15, 26 — на выходе элемента 16, 27 — на выходе элемента 17, 28 — на выходе элемента 18, 29 — в РУ 19. На рис. 2 также показаны: t_1 — момент времени включения головного выключателя 2, t_2 — момент времени включения секционирующего выключателя 4, t_3 — момент времени отключения выключателя сетевого пункта АВР 5.

Способ осуществляется следующим образом.

В нормальном режиме работы кольцевой сети выключатели 2, 4, 6 и 7 включены, а выключатели 5 и 8 отключены. При возникновении устойчивого КЗ, например, в точке 3 выключатель 2 отключится под действием своей защиты, а выключатель 4 отключится защитой минимального напряжения. Это приведет к исчезновению напряжения на сетевом пункте АВР со стороны основного источника питания трансформатора 1, поэтому и выключатель 5 пункта АВР включится и подаст напряжение на участок линии, смежной с пунктом АВР.

После устранения КЗ в точке 3 головной выключатель 2 будет включен. При этом на выходе ТТ 1 появится бросок рабочего тока (рис. 2, диагр. 20, момент времени t_1), обусловленный включением нагрузки присоединенной к участку линии смежной с головным выключателем 2. Бросок рабочего тока обеспечит срабатывание ДРТ 11 и появление его выходного сигнала (рис. 2, диагр. 21). Этот сигнал поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 12, запомнится им (рис. 2, диагр. 22) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 13. С выхода этого элемента сигнал появится через время выдержки включения секционирующего выключателя 4 (рис. 2, диагр. 23). Выходной сигнал этого элемента поступает на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 14, он произведет одно колебание (рис. 2, диагр.

24) и своим сигналом «сбросит» ПАМЯТЬ с элемента 12 (рис. 2, диагр. 22) и поступит на первый вход элемента И 18. В этот момент времени секционирующий выключатель 4 включится (рис. 2, момент времени t_2), а выключатель 5 сетевого пункта АВР отключится (рис. 2, момент времени t_3). Это приведет к переводу питания с резервного трансформатора Т9 на основной трансформатор Т1. При этом в линии основного источника питания произойдет возрастание рабочего тока на значение, определяемое нагрузкой участка линии, смежной с пунктом АВР а в линии резервного источника питания убывание рабо-

чего тока на такое, же значение. Это обеспечит появление выходных сигналов с ДВРТ 15 и ДУРТ 17 (рис. 2, диагр. 25 и 27 соответственно). Они поступят на второй и третий, входы элемента И 18 при этом появится его выходной сигнал (рис. 2, диагр. 28). Сигнал этого элемента поступит в РУ 19 и там появится информация об отключении выключателя сетевого пункта АВР (рис. 2, диагр. 29).

Таким образом, предлагаемый способ позволяет получить информацию об отключении выключателя сетевого пункта АВР при восстановлении нормальной схемы электроснабжения в кольцевой сети.

Литература:

1. Патент РФ №2502175 С1 кл. НО2J 13/00 публ. 20.12.2013. Бюл. №35.

Дистанционный способ получения информации о неуспешном автоматическом повторном включении секционирующих выключателей

Суров Леонид Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
 Филиппов Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Суров Игорь Леонидович, инженер
 Орловский государственный аграрный университет

Секционирующие выключатели (СВ), устанавливаемые в линиях электропередач, предназначены для деления протяженных линий и позволяют: во-первых — при неустойчивых коротких замыканиях (КЗ), которые за время бестоковой паузы самоустранились, возобновить электроснабжение. Во-вторых — при устойчивых КЗ, отключить поврежденный участок линии, расположенный за местом установки СВ и сохранить питание потребителей, подключенных к головному участку линии. Возобновление питания при неустойчивых КЗ осуществляется путем автоматического повторного включения АПВ СВ, оно осуществляется при небольшом промежутке времени, поэтому не оказывает больших негативных последствий. Устойчивые КЗ могут приводить к длительным перерывам в электроснабжении потребителей и приводить к экономическим потерям.

С целью сокращения времени перерыва в электроснабжении и сокращения экономических потерь информацию о неуспешном АПВ необходимо получать в режиме реального времени. Для этого разработан способ контроля отключения и неуспешного АПВ секционирующих выключателей радиальных линий подстанции [1].

Согласно этому способу с момента появления первого броска тока КЗ на шинах трансформатора, измеряют время его протекания, сравнивают это время с временем выдержки срабатывания всех СВ, установленных в линиях, отходящих от шин подстанции. При равенстве измеренного времени с временем выдержки срабатывания защиты одного из СВ устанавливают отклю-

чившийся секционирующий выключатель. И с момента отключения первого броска тока КЗ начинают отсчет времени, равного времени выдержки АПВ, отключившегося СВ, при этом контролируют появление второго броска тока КЗ, и если он появится в момент окончания отсчитываемого времени, то устанавливают факт повторного включения этого выключателя на КЗ и с момента включения начинают отсчет времени выдержки срабатывания защиты с ускорением отключившегося СВ, при этом контролируют отключение второго броска тока КЗ. И если в момент окончания времени выдержки срабатывания защиты с ускорением происходит отключение второго броска тока КЗ, то устанавливают факт неуспешного АПВ секционирующего выключателя радиальной линии.

Суть предлагаемого способа поясняется рисунками 1 и 2, где:

на рис. 1 — представлена структурная схема, содержащая элементы для реализации способа;

на рис. 2 — диаграмма сигналов на выходах элементов, показанных на рис. 1 при устойчивом КЗ в точке 12 (см. рис. 1).

Схема (см. рис. 1) содержит: трансформатор силовой 1, головные выключатели линий 2, 3, 4, 5, 6 и 7. секционирующие выключатели линий 8, 9, 10 и 11, точки КЗ 12, 109, 110 и 111, датчик тока короткого замыкания (ДТКЗ) 13, элемент ЗАПРЕТ 14, элемент НЕ 15, элемент ПАМЯТЬ 16, элемент ЗАДЕРЖКА 17, элемент ОДНОВИБРАТОР 18, элемент ПАМЯТЬ 19, элемент И 20, эле-

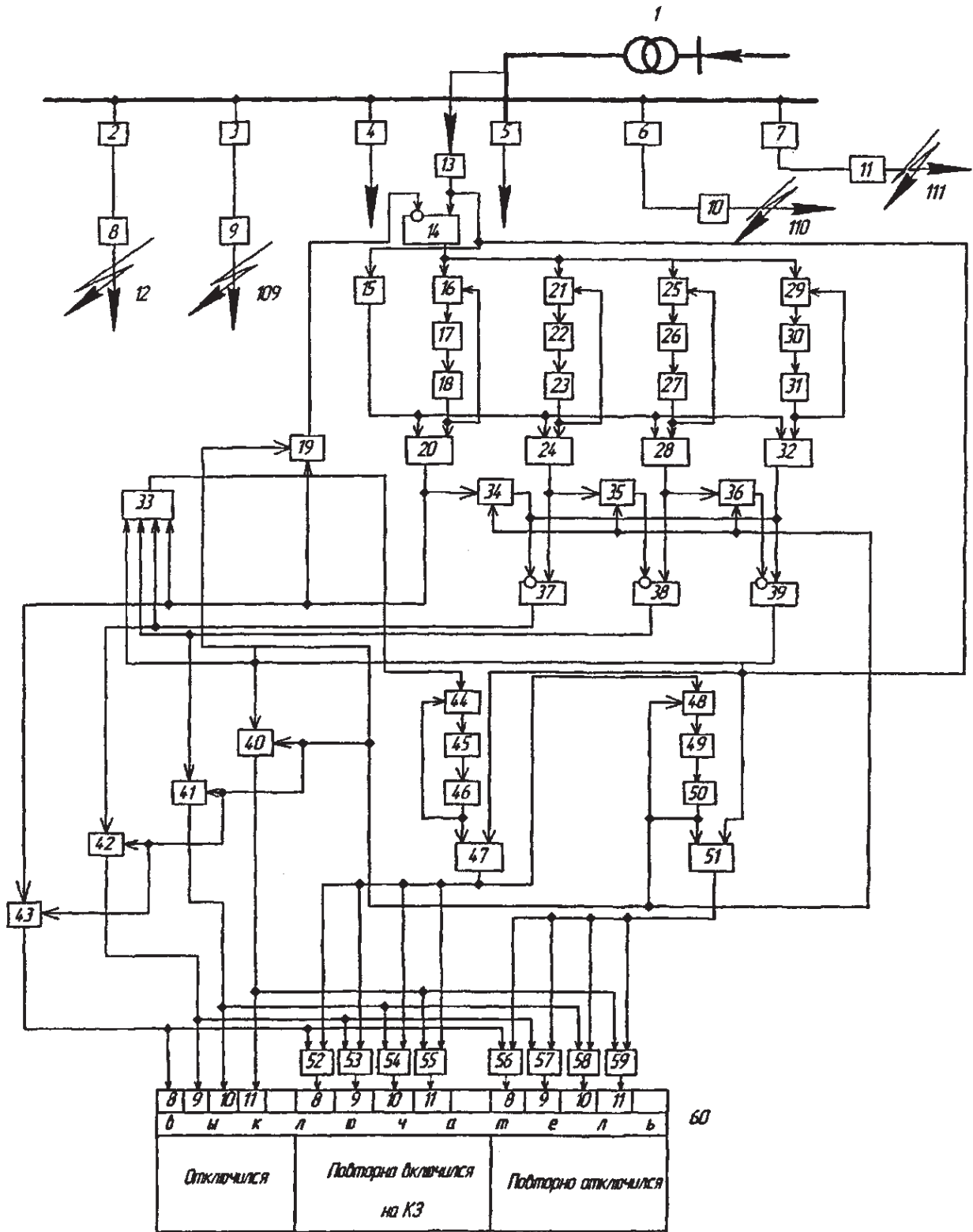


Рис. 1. Упрощенная схема контроля неуспешного включения секционирующих выключателей

мент ПАМЯТЬ 21, элемент ЗАДЕРЖКА 22, элемент ОДНОВИБРАТОР 23, элемент И 24, элемент ПАМЯТЬ 25, элемент ЗАДЕРЖКА 26, элемент ОДНОВИБРАТОР 27, элемент И 28, элемент ПАМЯТЬ 29, элемент ЗАДЕРЖКА 30, элемент ОДНОВИБРАТОР 31, элемент И 32, элемент ИЛИ 33, элементы ПАМЯТЬ 34, 35 и 36,

элементы ЗАПРЕТ 37, 38 и 39, элементы ПАМЯТЬ 40, 41, 42, 43 и 44, элемент ЗАДЕРЖКА 45, элемент ОДНОВИБРАТОР 46, элемент И 47, элемент ПАМЯТЬ 48, элемент ЗАДЕРЖКА 49, элемент ОДНОВИБРАТОР 50, элемент И 51, элементы И 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 и 59, регистрирующее устройство (РУ) 60.

Диаграммы сигналов на выходах элементов, показанных на фигуре 1 при устойчивом КЗ в точке 12 (см. рис. 1), имеют вид (см. рис. 2): 61 — на выходе элемента 13, 62 — на выходе элемента 14, 63 — на выходе элемента 15, 64 — на выходе элемента 16, 65 — на выходе элемента 17, 66 — на выходе элемента 18, 67 — на выходе элемента 19, 68 — на выходе элемента 20, 69 — на выходе элемента 21, 70 — на выходе элемента 22, 71 — на выходе элемента 23, 72 — на выходе элемента 24, 73 — на выходе элемента 25, 74 — на выходе элемента 26, 75 — на выходе элемента 27, 76 — на выходе элемента 28, 77 — на выходе элемента 29, 78 — на выходе элемента 30, 79 — на выходе элемента 31, 80 — на выходе элемента 32, 81 — на выходе элемента 33, 82 — на выходе элемента 34, 83 — на выходе элемента 35, 84 — на выходе элемента 36, 85 — на выходе элемента 37, 86 — на выходе элемента 38, 87 — на выходе элемента 39, 88 — на выходе элемента 40, 89 — на выходе элемента 41, 90 — на выходе элемента 42, 91 — на выходе элемента 43, 92 — на выходе элемента 44, 93 — на выходе элемента 45, 94 — на выходе элемента 46, 95 — на выходе элемента 47, 96 — на выходе элемента 48, 97 — на выходе элемента 49, 98 — на выходе элемента 50, 99 — на выходе элемента 51, 100 — на выходе элемента 52, 101 — на выходе элемента 53, 102 — на выходе элемента 54, 103 — на выходе элемента 55, 104 — на выходе элемента 56, 105 — на выходе элемента 57, 106 — на выходе элемента 58, 107 — на выходе элемента 59, 108 — в РУ 60.

На рис. 2 кроме диаграмм выходных сигналов элементов схемы также показаны: t_1 — момент времени возникновения устойчивого КЗ в точке 12, t_2 — момент времени отключения первого броска тока КЗ секционирующим выключателем 8, t_3 — момент времени повторного включения секционирующего выключателя 8, t_4 — момент времени повторного отключения секционирующего выключателя 8.

Способ осуществляется следующим образом.

В нормальном режиме работы сети головные выключатели линий 2, 3, 4, 5, 6 и 7 включены (рис. 2, момент времени t_0). На выходе ДТКЗ 13 сигнала нет, поэтому схема находится в режиме контроля.

При устойчивом КЗ, например, в точке 12, на выходе ДТКЗ 13 появится сигнал (рис. 2, диагр. 61, момент времени t_1), который поступит на вход элемента НЕ 15, при этом существовавший до этого его выходной сигнал исчезнет (рис. 2, диагр. 63, момент времени t_1), также он поступит на вход элемента ЗАПРЕТ 14 (рис. 2, диагр. 62) и с его выхода на входы элементов ПАМЯТЬ 16, 21, 25 и 29, а также на вторые входы элементов И 47 и 51. Сигнал, поступивший на элемент ПАМЯТЬ 16, запомнится им (рис. 2, диагр. 64) и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 17. С выхода этого элемента сигнал появится через время, равное времени выдержки срабатывания защиты СВ 8 (рис. 2, диагр. 65) и поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 18. Он совершит одно колебание (рис.

2, диагр. 66), этот сигнал «сбросит» память с элемента 16 (рис. 2, диагр. 64) и поступит на второй вход элемента И 20. При этом на первом входе этого элемента вновь появится сигнал с элемента НЕ 15 (рис. 2, диагр. 63), т. к. в момент времени t_2 (рис. 2) произойдет отключение тока КЗ головным выключателем 8. Наличие двух входных сигналов на И 20 приведет к появлению его выходного сигнала (рис. 2, диагр. 68). Этот сигнал поступит на элемент ПАМЯТЬ 43, запомнится им (рис. 2, диагр. 91) и поступит в РУ 60, где появится информация об отключении СВ 8 (рис. 2, диагр. 108, момент времени t_2). Также этот сигнал поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 34, запомнится им (рис. 2, диагр. 82) и поступит на запрещающий вход элемента ЗАПРЕТ 37. Это предотвратит поступление сигнала с элемента И 24 на вход элемента ИЛИ 33, т. к. он сработает после окончания времени задержки элемента 22. Каждый элемент ЗАДЕРЖКА 17, 22, 26 и 30 имеет свое время задержки, равное времени выдержки срабатывания защиты СВ 8, 9, 10, и 11 соответственно. Причем время задержки СВ 8 — $Dt_8 < Dt_9 < Dt_{10} < Dt_{11}$, где Dt_9 , t_{10} и Dt_{11} — время задержек СВ 9, СВ 10 и СВ 11 соответственно. Поэтому элементы И 24, 28 и 32 сработают позже элемента И 20, и их сигналы не поступят в элемент ИЛИ 33 потому, что на запрещающие входы элементов ЗАПРЕТ 37, 38 и 39 с элементов ПАМЯТЬ 34, 35 и 36 соответственно сигналы поступят раньше, чем сигналы с элементов И 24, 28 и 32 соответственно. Сброс памяти с элементов 34, 35 и 36 и снятие сигналов запрета с элементов 37, 38 и 39 произойдет после срабатывания ОДНОВИБРАТОРА 50 (рис. 2, диагр. 98). Кроме этого выходной сигнал с элемента И 20 поступит на элемент ПАМЯТЬ 19, запомнится им (рис. 2, диагр. 67) и с его выхода поступит на запрещающий вход элемента ЗАПРЕТ 14 и предотвратит повторное поступление сигнала с ДТКЗ 13 до момента «сброса» памяти с элемента 19 сигналом ОДНОВИБРАТОРА 50 (рис. 2, диагр. 98), а так же поступит на вход элемента ИЛИ 33 (рис. 2, диагр. 81). С выхода элемента ИЛИ 33 сигнал поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 44, запомнится им (рис. 2, диагр. 92), и поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 45, задержится в ней на время, равное времени выдержки АПВ секционирующего выключателя 8 (рис. 2, диагр. 93). По истечении указанного времени сигнал поступит на вход элемента ОДНОВИБРАТОР 46. Он совершит одно колебание (рис. 2, диагр. 94) и своим сигналом «сбросит» память с элемента 44 (рис. 2, диагр. 92), и поступит на первый вход элемента И 47. В этот момент времени произойдет повторное включение СВ 8 на КЗ (рис. 2, момент времени t_3), поэтому на второй вход элемента И 47 с ДТКЗ 13 (рис. 2, диагр. 61) поступит второй сигнал. Это приведет к срабатыванию элемента И 47, появлению его выходного сигнала (рис. 2, диагр. 95), который поступит на второй вход элемента И 52. При этом на первом входе этого элемента уже есть сигнал с элемента ПАМЯТЬ 43 (рис. 2, диагр. 91), и на выходе элемента И 52 появится свой сигнал (рис. 2, диагр. 100), который обеспечит появление информации

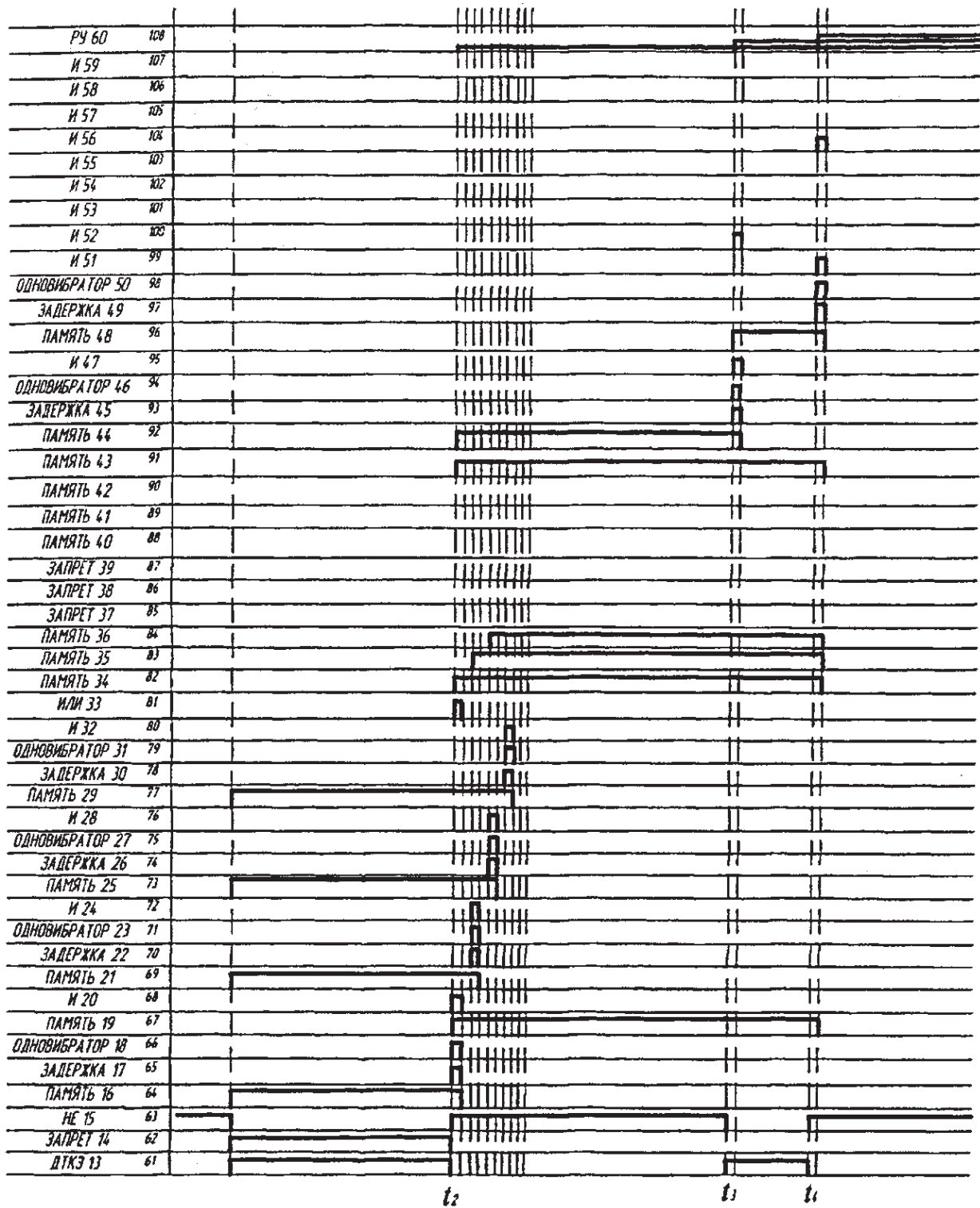


Рис. 2. Диаграммы выходных сигналов элементов структурной схемы

в РУ 60 (рис. 2. диагр. 108) о повторном включении головного выключателя 2 на КЗ. Параллельно с этим выходной сигнал с элемента И 47 поступит на вход элемента ПАМЯТЬ 48 (рис. 2, диагр. 96), а также на вторые входы элементов И 53, 54 и 55. С выхода элемента ПАМЯТЬ 48 сигнал поступит на вход элемента ЗАДЕРЖКА 49, а с его выхода сигнал появится через время выдержки срабатывания защиты с ускорением СВ 8 (рис. 2. диагр.

97, момент времени t_4) и поступит на вход ОДНОВИБРАТОРА 50. Он совершит одно колебание (рис. 2, диагр. 98), своим сигналом «сбросит» память с элемента ПАМЯТЬ 48 (рис. 2, диагр. 96) и поступит на первый вход элемента И 51, при этом на втором входе этого элемента появится второй сигнал с элемента НЕ 15 (рис. 2, диагр. 63), т. к. в момент времени t_4 СВ 8 повторно отключится. Это приведет к появлению выходного сигнала с элемента И 51

(рис. 2, диагр. 99), который поступит на второй вход элемента И 56. При этом на первом входе этого элемента уже есть сигнал с элемента ПАМЯТЬ 43 (рис. 2, диагр. 91), поэтому появится выходной сигнал с элемента И 56 (рис. 2, диагр. 104), который, поступив в РУ 60, обеспечит появление там информации о повторном отключении СВ 8 (рис. 2, диагр. 108, момент времени t_4).

Появление информации в регистрирующем устройстве 60 о действиях секционирующих выключателей 9, 10 или 11 произойдет только при возникновении устойчивых КЗ в точках 109, 110 или 111 соответственно.

Литература:

1. Патент РФ №2479911 С1 кл. НО2J 13/00 опубл. 20.04.2012. Бюл.№11.

Автоматизированный расчет и построение схем электроснабжения в AutoCad с применением языка программирования AutoLisp

Сыздыков Азамат Касымбекович, магистрант
Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева (г. Алматы)

В разработку и интеграцию САПР в области энергетики и проектирования систем электроснабжения вносят вклад такие компании, как CSoft Development, Cad Group, Autodesk, «Русская промышленная компания», «Аскон» и т.д. Продукция этих компаний, несомненно, ориентирована на конечного потребителя и создается специалистами с многолетним опытом создания программ автоматизированного проектирования, однако преимущественно является коммерческой, и сравнительно дорогой, к сожалению, среди них нет ни одной системы автоматизированного проектирования производства Казахстана. Разрабатываемый отечественный САПР позволит сократить время работы проектировщиков, сможет интегрировать в себя базы электрооборудования производителей Казахстана, производить расчеты и создавать проекты в соответствии с нормативными требованиями Республики Казахстан. Методика может найти широкое практическое применение среди проектировщиков, благодаря легкости применения.

Ключевые слова: AutoLisp, электроснабжение, САПР, проектирование, освещение, розеточная сеть.

В данной статье предложена методика автоматического построения схем электроснабжения низкого напряжения с использованием языка программирования AutoLISP, являющегося стандартным для AutoCAD.

В программе использованы элементы, созданные только стандартными средствами AutoCAD. Для этого создаем дополнительные панели управления в AutoCad, путем вызова команды: Сервис-Адаптация-Интерфейс (в различных версиях по разному.) В графе панели нажимаем новая панель инструментов, назовем ее «Расчет схемы». Для этой панели создадим несколько команд. К примеру распишем создание одной команды, для этого нажимаем создать новую программу (см. рис 1), задаем ей имя «Подключение оборудования к щиту». Также можно задать значок, и в графе Макросы пишем $\wedge C \wedge C \text{myConnectQF}$.

Это макрос созданный в Auto Lisp с заданным алгоритмом подключения одного динамического блока в AutoCad к другому, атрибут «принадлежность» (см. рис. 2)

При этом после истечения выдержки времени срабатывания защиты и отключения одного из секционирующих выключателей 9, 10 или 11 в РУ 60 появится информация об его отключении по причине появления выходного сигнала на элементе И 24, 28 или 32. Работа остальных элементов схемы будет осуществляться аналогично выше описанной.

Таким образом, при использовании предлагаемого способа можно получать информацию об отключении и неуспешном АПВ секционирующих выключателей радиальных линий подстанции.

Теперь в списке «настраиваемые команды» появится наша команда «Подключение оборудования к щиту» (см. рис 1). Перенесем ее в панель «Расчет схемы». Должна появиться новая панель «Расчет схемы» с командой «My-Connect QF» как показано на Рисунке 3.

Аналогичным образом добавляем команды «Сбор нагрузки с планов»,

«Расчет схемы», «Фазировка», «Сумма длин проводов и труб», «Сумма модулей в щите», «Подключение щитов к питающим автоматам» и т. д, прописывая макрос каждой команды задавая алгоритм работы в AutoLisp.

Команда «Сбор нагрузки с планов» позволит собрать мощность и длину ваших групп с планов, с записью в автоматический или дифференциальный выключатель. Команда «Фазировка» выполняет фазировку однополюсных автоматов по фазам L1, L2, L3 в щите, с последующей записью результата в таблицу. Резервный автомат располагается на самой незагруженной фазе.

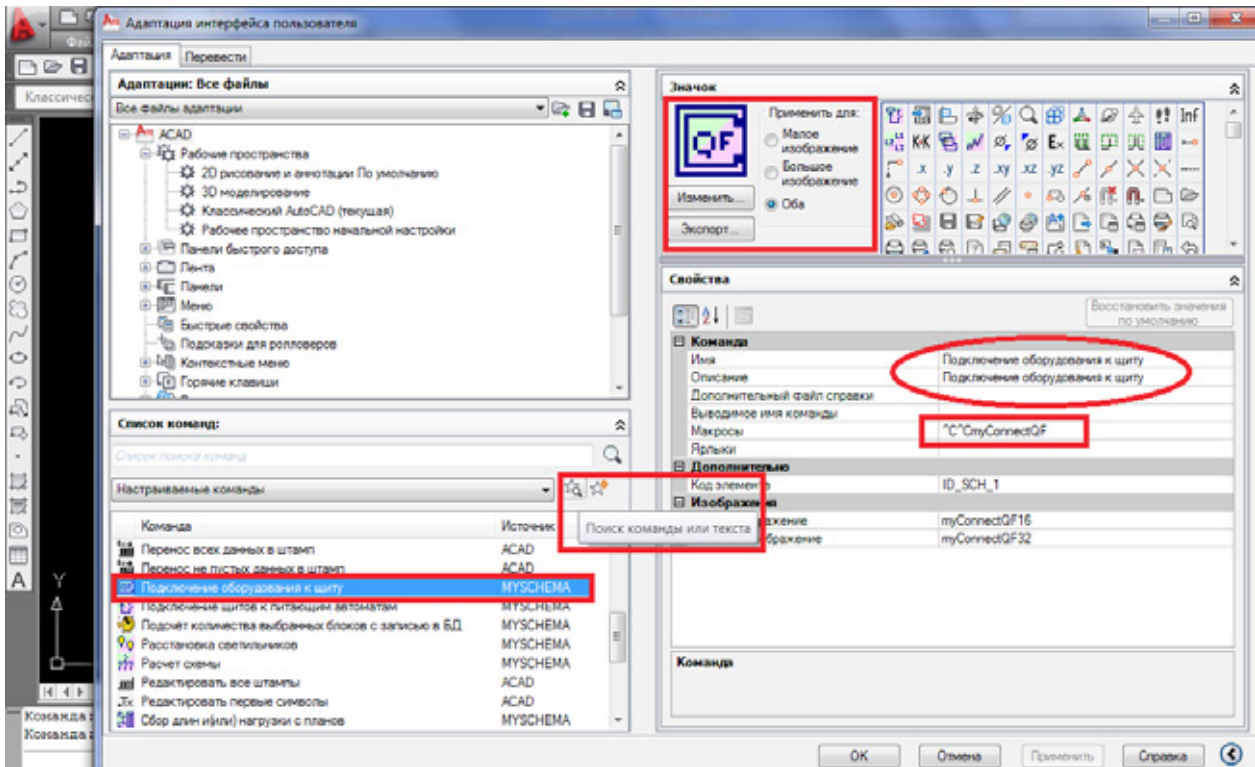


Рис. 1. Создание новых панелей инструментов в AutoCad

```

<Name xlate="true" UID="XLS_0009">формирует ведомость рабочих чертежей основного комплекта</Name>
<Command>^ACmyVC </Command>
<HelpString xlate="true" UID="XLS_0064">формирует ведомость рабочих чертежей основного комплекта</HelpString>
<SmallImage Name="myVC16" />
<LargeImage Name="myVC32" />
</Macro>
</MenuMacro>
<MenuMacro UID="ID_AUM_9">
<Macro type="Any">
<Revision MajorVersion="16" MinorVersion="2" UserVersion="1" />
<ModifiedRev MajorVersion="17" MinorVersion="1" UserVersion="1" />
<Name xlate="true" UID="XLS_0011">Блоки на передний план</Name>
<Command>^ACmyBringToFrontBLOCKS </Command>
<HelpString xlate="true" UID="XLS_0065">Блоки на передний план</HelpString>
<SmallImage Name="myBringToFrontBLOCKS16" />
<LargeImage Name="myBringToFrontBLOCKS32" />
</Macro>
</MenuMacro>
<MenuMacro UID="ID_SCH_1">
<Macro type="Any">
<Revision MajorVersion="16" MinorVersion="2" UserVersion="1" />
<ModifiedRev MajorVersion="17" MinorVersion="1" UserVersion="1" />
<Name xlate="true" UID="XLS_0014">Подключение оборудования к щиту</Name>
<Command>^ACmyConnectQF </Command>
<HelpString xlate="true" UID="XLS_0066">Подключение оборудования к щиту</HelpString>
<SmallImage Name="myConnectQF16" />
<LargeImage Name="myConnectQF32" />
</Macro>
</MenuMacro>
<MenuMacro UID="ID_SCH_2">
<Macro type="Any">
<Revision MajorVersion="16" MinorVersion="2" UserVersion="1" />
<ModifiedRev MajorVersion="17" MinorVersion="1" UserVersion="1" />

```

Рис. 2. Пример кода команды «Подключение оборудования к щиту» в AutoLisp

Команда «Сумма модулей» команда суммирует количество модулей в щите с выводом результатов в командную строку. Ширина одного модуля =18мм. По умолчанию в блоках в атрибуте «06_КОЛ_МОДУЛЕЙ»

Команда «Подключение щитов к питающим автоматам»: После того как щит укомплектован и рассчитаны значения (P_y — установленная мощность, K_c -коэффициент спроса, P_p — расчетная мощность) необходимо

необходимо вписать эти данные в автомат который питает данный щит. Для этого после запуска команды выбираем таблицу щита (блок) с подтверждением (Enter), а потом выбираем блок автоматического выключателя и еще раз (Enter). Все зна-

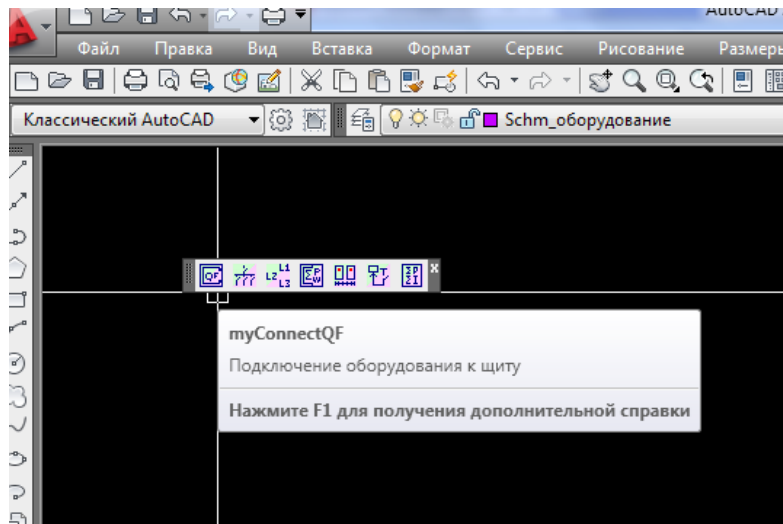


Рис. 3. Новая созданная панель «Расчет схемы»

чения щита занесены в автомат, при этом автоматически выбирается селективный ток автомата.

В функционал программы будут вложены шаблоны схем расчета с готовыми блоками, а так же панели «Вспомогательные модули» и «Расчет спецификации» (см. рис. 4).

Для удобства работы проектировщиков электроснабжения созданы инструментальные палитры (см. рис. 5), (вызов сочетанием клавиш Ctrl+З) с заданными блоками электрических аппаратов, которые соответствуют ГОСТ

21.614–88 «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах» [4], а также МЭК IEC 60027 [5].

Рассмотрим подробнее работу функции «Расчет схемы». На Рис. 3 эта функция показана справа от кнопки «Подключение оборудования к щиту». При запуске вы увидите сообщение «Выберите автоматический (е) выключатель (и) или УЗО».

Программа после ввода P_y (установленная мощность), K_c (коэффициент спроса), $\cos f$ (коэффициент мощности),

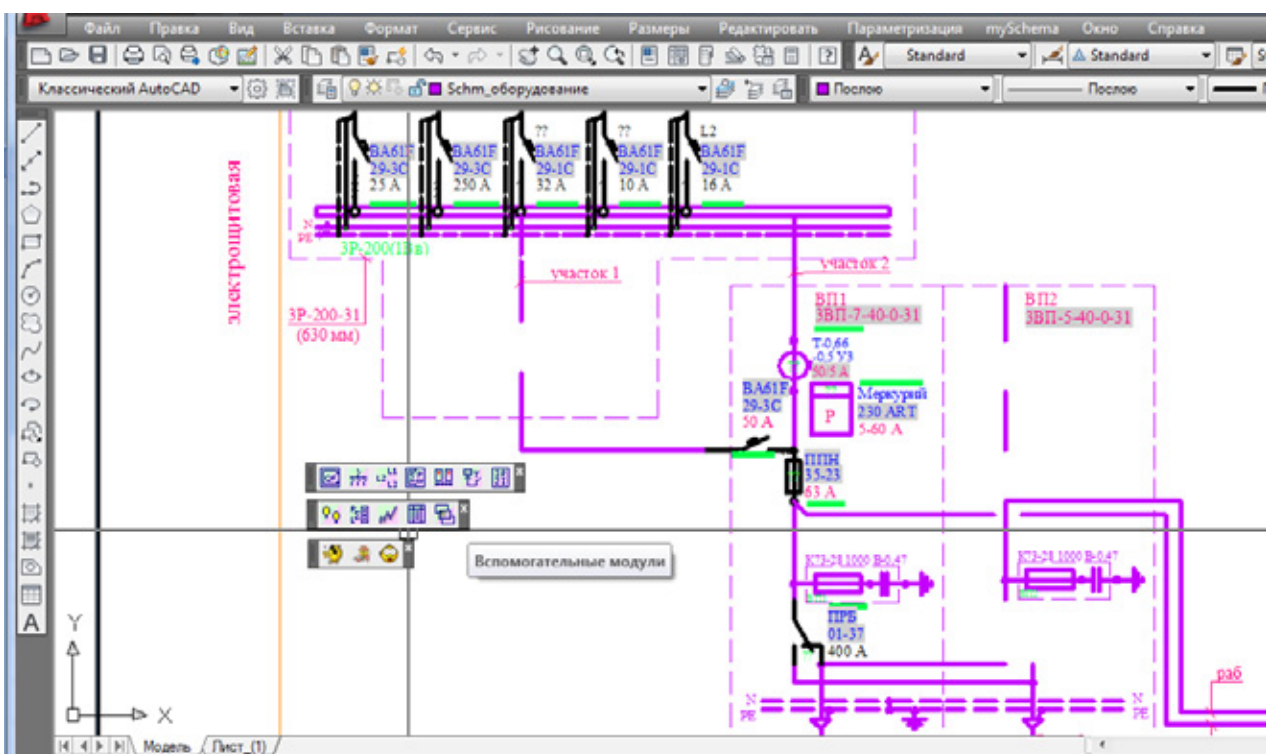


Рис. 4. Созданные панели «Расчет схемы», «Вспомогательные модули», «Расчет спецификации» в шаблоне документа с готовыми блоками элементов расчетной схемы

длины рассчитывает P_p (расчетную мощность), I_p (расчетный ток) и выбирает сечение, трубу (если указана),

момент, потери, ток расцепителя, а также всю нагрузку по щиту.

В программе используются 3 типа данных:

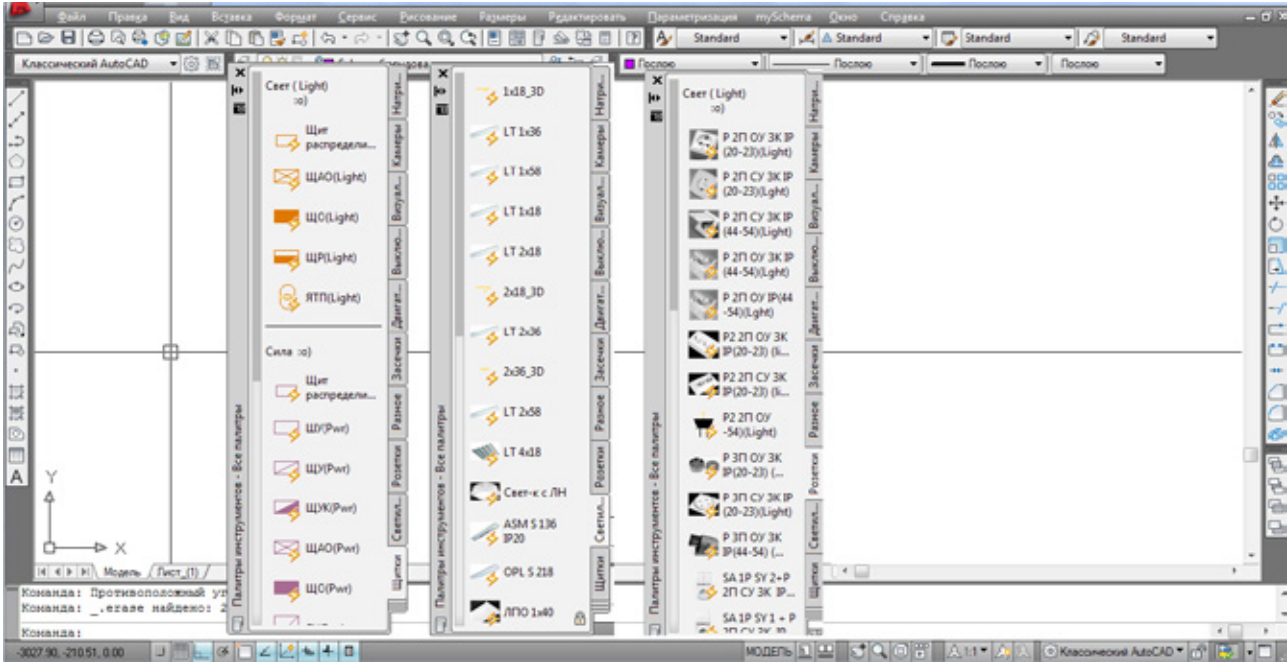


Рис. 5. Палитры инструментов с готовыми блоками, соответствующими МЭК IEC 60027 и ГОСТ 21.614–88

Таблица 1. Вводимые данные в автомат (динамический блок QF)

Наименование данных	Пример заполнения	Позиция атрибута в блоке_имя
Формируется автоматически для спецификации	ВА61F 29–1В 32 А	00_ТИП_ОБЪЕКТА
Должно соответствовать типу ящика ⁽¹⁾	«Щ04»	01_ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ
Ру-установленная мощность, кВт	1	03_МОЩНОСТЬ_УСТАНОВЛЕННАЯ
Kс-коэффициент спроса (по умолчанию=1)	1	04_КОЭФФИЦИЕНТ_СПРОСА
Pp-расчетная мощность, кВт	1	05_МОЩНОСТЬ_РАСЧЕТНАЯ
Cos f	0,92	06_COSF (коэффициент мощности)
Ip-расчетный ток нагрузки, А	4,9	07_ТОК_РАСЧЕТНЫЙ
Тип проводника труба ⁽²⁾	ПуВ 3 (1x2,5) — П20	
L-длина, м	50	14_ДЛИННА_КАБЕЛЯ
Момент, кВт*м потери, % ⁽³⁾	42,5–0,6	18_МОМЕНТ_ПОТЕРИ
Для фазировки в щите (L1, L2, L3)	«L1»	20_ФАЗА
Рабочий или резервный ⁽⁴⁾	(рез)	21_РАБ_РЕЗ
Номер питающей линии	4–1	22_№ПО_ПЛАНУ
Наименование помещения или нагрузки ⁽⁴⁾	осв. холла пож. насос (рез)	26_ИМЯ_ЭЛ_ПРИЕМНИКА
В основном для типа двигателей	ТР 102 или «».	27_ТИП_НАГРУЗКИ
Коэф. одновременности 3 фазном вводе в квартиру	0,19	29_КОЭФФИЦИЕНТ_ОДНОВРЕМЕННОСТИ
Селективный ток расцепителя ⁽⁵⁾	25 А	32_СЕЛЕКТИВН_ТОК_РАСЦЕПИТЕЛЯ
Селективное сечение ⁽⁶⁾	4	33_СЕЛЕКТИВНОЕ_СЕЧЕНИЕ
Пояснение к расчетам	Pp= x	34_ТЕХТ
Площадь БКТ или Pp. кв	14	35_PPK_S
Количество квартир	40	36_N

— обязательные для ввода (выделены красным цветом);

— не обязательные (выделены синим цветом);

— расчетные — данные рассчитанные программой (выделены черным цветом).

Данные вводятся в атрибуты блока «QF» автоматический выключатель. Блок условно может принимать 3 вида видимости определяемые вами:

«Автомат 0.22 (0.66)» или «УЗО 0.22 (0.66)» стандартный режим применяется в большинстве случаев; «Автомат 0.22 (0.66) до 2 потребителей» — применяется, когда нужно шлейфом или отпайкой запитать до 2 потребителей, один или два из которых могут быть резервными (пример: два двигателя 1 раб 1 рез);

«Автомат 0.22 (0.66) до 3 потребителей» — применяется, когда нужно шлейфом или отпайкой запитать до 3 потребителей, один или два или три из которых могут быть резервными; (пример: три двигателя 1 раб 1 раб 1 рез);

Для расчета магистрали:

— жилого дома питающая 1-фазный ввод в квартиры, достаточно заполнить значение атрибута 36_N (Количество квартир), далее программа рассчитает сама в соответствии с СП 31–110–2003 см. 6 раздел (расчет производится с учетом приведенной длины), для наглядности введем в атрибут 34_TEXT « $P_p = x$ »;

— жилого дома питающая 3-фазный ввод в квартиры, достаточно заполнить значения атрибутов 35_PPK_S (В данном случае мощность квартиры), 36_N, далее программа рассчитает сама в соответствии с СП 31–110–2003 [6, раздел 6] (расчет производится с учетом приведенной длины), для наглядности введем в атрибут 34_TEXT « $P_p = x$ »;

— помещений без конкретной технологии, достаточно заполнить значение атрибута 35_PPK_S введя значения площади, для наглядности введем в атрибут 34_TEXT « $S_{об} = m^2$ ». Примечание к таблице 1:

1) Вы должны вписать имя вашего щита самостоятельно (на пример ЩО4), или воспользоваться командой «Подключение автоматов к щиту»

2) Примеры вариантов записи проводника в соответствии с ГОСТ 21.608–84: ВВГнг-FRLS 3x1,5; АВВГ 3 (1x6); ВВГнг-LS 4 (1x70) + 1x35;

ПуВ 3 (1x2,5) — П20Труба может иметь один из 3 видов:

«П» — ПВХ; «Т» — стальная; «Г» — водогазопроводная.

3) Пример записи момент-потери: 1000–1,3.

Момент считается для алюминиевых или медных проводников, потери в групповых или распределительных линиях, при расчете составляет < 1,5%, суммарные потери

по объекту, как показывает статистика не превышает 2,7%.

4) Резервную группу программа поймет, если в поле (атрибут «21_РАБ_РЕЗ» или «26_ИМЯ_ЭЛ_ПРИЕМНИКА») написать любое словосочетание с «рез».

Пример: а) «насос повышения давления (рез)»; б) «пожарный насос-резервный».

Освещение и розеточная сеть рассчитывается с учетом распределенной длины, т. е длина всей трассы умножается на 0,5 для этого в поле атрибута «26_ИМЯ_ЭЛ_ПРИЕМНИКА» или (и) «27_ТИП_НАГРУЗКИ» пишете любое словосочетание с «осв» или «роз» (пример: **освещение холла, ав. осв. коридоров, розетки комнат.**)

При расчете схемы номинал автомата для освещения начинается с «10 А», для всего остального с «16 А».

5) Селективный ток, атрибут «32_СЕЛЕКТИВН_ТОК_РАСЦЕПИТЕЛЯ» дает возможность задать уставку питающего автомата, т. е при расчете нагрузки будет выбрана ваша установка автомата и если ток нагрузки будет больше заданного, то программа автоматически подберет нужную установку. Это актуально когда вы будете собирать нагрузки на ВРУ, для соблюдения селективности, или когда питаете двигатель с ящиком управления в котором уже установлен QF, а значение нашего автомата должно быть на ступень выше. Не пример Ррдвиг.=5,5 кВт, $\cos\phi=0,85$ $I_p=9,8$ А. Пределы регулирования ящика 9,5–14 А, защита 16 А. Значения автомата 20 А. Вот эти 20 А вписываем в 32 атрибут.

6) Селективное сечение дает возможность жестко задать сечение питающего кабеля, т. е. при расчете нагрузки будет выбрано ваше сечение и если потери составят более 1,5% по вашему сечению, то программа автоматически подберет нужное исходя из типа проводника.

Это актуально когда вы будете собирать нагрузки на ВРУ. Сечение питающего проводника должно быть не менее сечения проводника в питаемом этой группой щите.

По окончанию расчетов, результат расчетов можно записать в таблицу.

В данной статье указаны только некоторые функции программы. Программа может быть использована при проектировании силового электрооборудования жилых и общественных зданий. С ее помощью можно рассчитать длины кабелей по группам в соответствии с планами, расчет автоматов по нагрузке и типу кабеля, произвести расчет схемы ВРУ или ГРЩ, так же количество модулей в щите и сумму кабелей по щиту, создана также отдельная панель формирования спецификации. Несомненно, она может ускорить и улучшить качество работы проектировщиков по электроснабжению.

Литература:

1. Полещук, Н. Н., Лоскутов П. В. «Auto Lisp и Visual LISP в среде Auto CAD». — СПб.: Пет ербург. 2006
2. Правила устройств электроустановок Республики Казахстан. 2008
3. ГОСТ 21.613–88 «Силовое электрооборудование»;

4. ГОСТ 21.614–88 «Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах»;
5. МЭК IEC 60027
6. СП 31–110–2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»

Эффективность работы теплового насоса при различных режимах

Тоимбаев Алмас Болатбекович, магистрант специальности «Теплоэнергетика»;
Ермоленко Михаил Вячеславович, кандидат технических наук;
Степанова Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент;
Государственный университет имени Шакарима города Семей (г. Семей)

В статье приведены результаты исследования различных режимов работы теплового насоса.

Ключевые слова: *энергосбережение, тепловой насос (ТН), коэффициент трансформации, температура испарения, температура конденсации.*

Энергетика любой страны, является одной из базовых отраслей экономики. Рост экономики требует увеличения генерирующих мощностей, что может быть достигнуто путем строительства новых электростанций, а также путем рационализации использования уже функционирующих. В перспективе значительную роль в энергетике Казахстана будут играть нетрадиционные и возобновляемые источники, но в настоящее время более 85% электроэнергии Казахстана вырабатывается на тепловых электростанциях. Это связано с наличием огромного количества углеводородного сырья в нашей стране, поэтому строительство принципиально новых электростанций, основанных на альтернативной энергии в настоящее время не всегда рентабельно. Нетрадиционная энергетика, находится в стадии активного развития, но проекты требуют слишком больших инвестиций, поэтому процесс перехода на возобновляемые источники энергии происходит во всем мире довольно медленно [1].

Прогнозируется, что доля альтернативной энергетики (солнечной, ветряной, приливной, гелиоэнергетики и т. п.) в мировом энергопотреблении будет ежегодно возрастать и к 2030 году составит 30%, к 2050 году — 50%. Однако, несмотря на многообещающие результаты, альтернативные источники энергии пока еще не нашли на уровень оптимального соответствия ожиданиям массового потребителя [2].

В этой связи, вопросы эффективного использования возобновляемых ресурсов рассматриваются как задача на будущее, в том числе дано поручение Президента Республики Казахстан о необходимости выработки Правительству подходов к решению этой проблемы [3].

Применение тепловых насосов в альтернативной энергетике является принципиально новым решением проблемы теплоснабжения и позволяет в зависимости от сезона и условий работы достигать максимальной эффективности, так как они могут быть встроены в существующие системы отопления и горячего водоснабжения,

а также одновременно может служить источником для системы кондиционирования.

Тепловые насосы представляют собой технические устройства, позволяющие трансформировать теплоту с низкого температурного уровня на более высокий. Важнейшая особенность теплонасосных установок является универсальность по отношению к виду используемой энергии (электрической, тепловой). Это позволяет оптимизировать топливный баланс энергоисточника путем замещения более дефицитных энергоресурсов менее дефицитными. Основное отличие теплового насоса от других генераторов тепловой энергии (электрических, газовых и дизельных) заключается в том, что при производстве тепла до 80 процентов энергии извлекается из окружающей среды.

Целью исследования было определение эффективности работы теплового насоса в зависимости от стартовой температуры низкопотенциального источника энергии.

Исследования проводились на экспериментальной установке (рисунок 1) при разных температурах низкопотенциального источника энергии. Данная установка позволяет осуществлять многократную трансформацию тепла, путем переключения соответствующих вентилях, меняя тем самым местами конденсатор и испаритель.

В процессе проведения экспериментов осуществлялся контроль температур в испарителе и конденсаторе до момента стабилизации температуры нагреваемой воды. Опыты проводились при разных стартовых температурах в испарителе: 8°C, 24°C и 40°C. При этом в конденсаторе начальная температура воды имела свои начальные параметры соответственно 9°C, 17,5°C и 10,5°C. На основе полученных данных был построен график зависимости температуры воды в конденсаторе от стартовой температуры в испарителе (рисунок 2).

В результате анализа полученных данных было установлено, что при начальной температуре воды в испарителе 40°C наблюдается более интенсивный нагрев воды

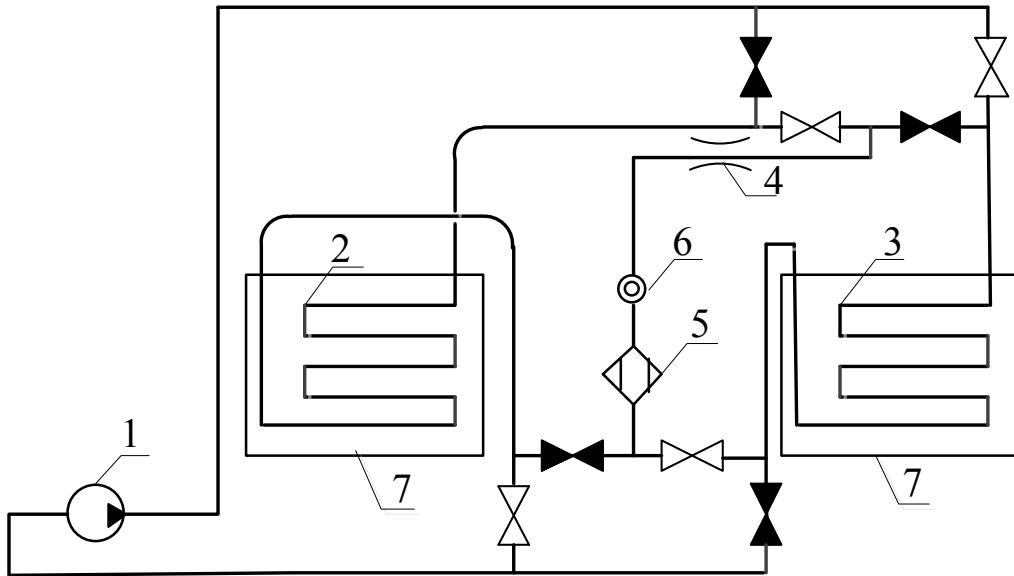


Рис. 1. Принципиальная схема работы теплового насоса: 1 — компрессор; 2 — испаритель; 3 — конденсатор; 4 — дроссель; 5 — фильтр-осушитель; 6 — индикатор влаги; 7 — емкости для воды

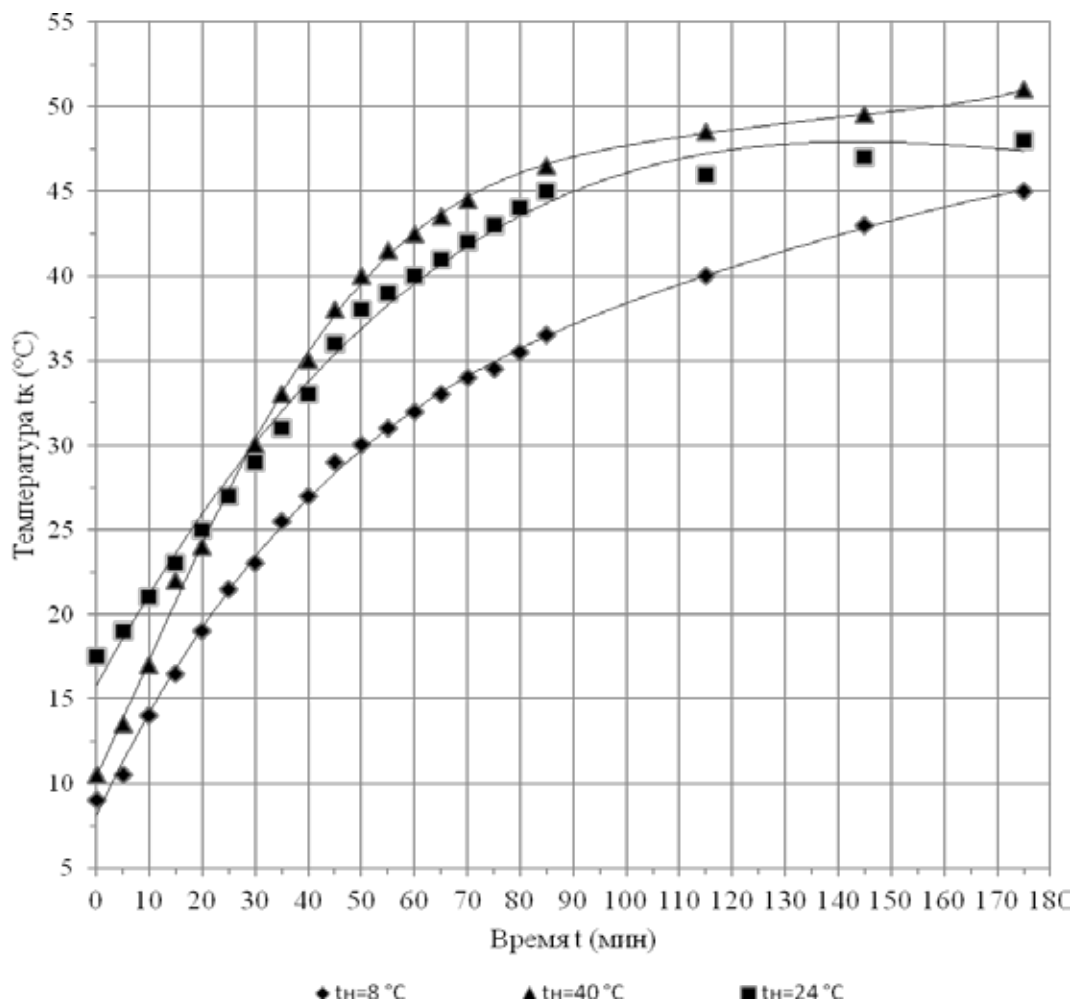


Рис. 2. Зависимость температуры воды (t_k), в конденсаторе от температуры низкопотенциального источника (t_n)

Таблица 1

Стартовая температура в испарителе $t_n, ^\circ\text{C}$	Расчетная температура в испарителе $t_n, ^\circ\text{C}$	Расчетная температура в конденсаторе $t_k, ^\circ\text{C}$	КОП (COP):
8	9	45	4,42
24	12	48	4,46
40	16,5	51	4,69

в конденсаторе в интервале времени 80 минут. Это может быть объяснено более высоким коэффициентом трансформации тепла. Далее интенсивность повышения температуры снижается, так как температура в испарителе понижается и соответственно снижается коэффициент трансформации.

Экономическая эффективность применения теплонасосных систем теплоснабжения определяется выбором источника теплоты и режимными характеристиками системы. Следуя, законам термодинамики коэффициент преобразования теплоты рассчитываем по формуле:

$$\text{КОП(COP)} = 0,5 \frac{t_k}{t_k - t_n} \quad (1)$$

где t_k — высокая температура (температура конденсации — температура в системе отопления), К,

t_n — низкая температура (температура испарения температура источника низкопотенциального тепла), К.

Так как температура в испарителе в процессе работы теплового насоса понижается и является величиной

не постоянной, то для расчета коэффициента преобразования за расчетную температуру низкопотенциального источника берем стабилизированную температуру, соответствующую, в определенный момент времени, определенной температуре в конденсаторе. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Из полученных величин видно, что коэффициенты преобразования мало отличаются по величине, это объясняется тем, что запас низкопотенциальной теплоты уменьшается в процессе работы теплового насоса.

Выводы:

1 При высокой стартовой температуре воды в испарителе наблюдается более интенсивный нагрев воды в конденсаторе.

2 При переменном низкопотенциальном источнике теплоты коэффициент преобразования рассчитывается по стабилизированным температурам и имеет небольшие значения, находясь в доверительном интервале.

Литература:

1. Отраслевая программа по развитию электроэнергетики в Республике Казахстан на 2010–2014 годы. <http://www.mint.gov.kz/>
2. Статистический сборник «Топливо-энергетический баланс Республики Казахстан за 2000–2004 годы», Алматы 2005, Агентство Республики Казахстан по статистике.
3. Проект «Программы эффективного и рационального использования возобновляемых источников энергии» — Поручение Президента Республики Казахстан Правительству от 28 августа 2006 года № 3392

Изучение кинетики щелочной расшлихтовки хлопчатобумажных тканей

Хаитов Ахрор Ахмадович, кандидат технических наук, доцент;
Нурбоев Рашид Худайбердиевич, кандидат технических наук, доцент;
Назаров Шомурод Комилович, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Получение качественное хлопчатобумажных тканей находится в прямой зависимости от степени ее расшлихтовки перед отделкой (1). Так, оставшаяся на ткани шлихта, в количестве, превышающем 0,11 % массы ткани, может явиться причиной образования дефектов при последующих операциях подготовки и отделки.

В передовых странах в качестве шлихты используют главным образом частично гидролизированный полимер поливинилового спирта. Его сравнительно легко можно удалить с ткани тщательной промывкой, в связи с чем на новом проходном оборудовании для этой операции предусматриваются небольшие агрегаты. В Узбе-

кистане, к сожалению, доля крахмальной шлихты очень велика. Поэтому, чтобы удалить ее, необходимо решить сложные проблемы расшлихтовки ткани в условиях высоких скоростей процесса. Одним из наиболее известных и доступных способов является щелочная расшлихтовка, при котором крахмал гидролизует в щелочной среде.

Нами исследованы кинетические закономерности процессов, протекающих при щелочной расшлихтовке. Исследования проводили на лабораторной установке, позволяющей регулировать температурный режим, модуль, гидродинамические и другие показатели, а также обеспечивающей возможность анализировать состав ванны для расшлихтовки и качество расшлихтованной ткани. Объем ванны 500 мл, модуль 15:1. В качестве субстрата использовали суровую хлопчатобумажную бязь арт. 142. Для большей воспроизводимости применяли дистиллированную воду. Качество расшлихтовки оценивали капиллярностью по ГОСТ 3910–01, остаточное содержание крахмала по оригинальной методике, описанной в работе [2]. Изменение основных и окислительно-восстановительных свойств в ходе расшлихтовки определяли титриметрически. УФ-спектры расшлихтовочных растворов снимали на спектрофотометре «М–40» «Карл Цейсс Йена» (Германия).

На рис. 1 представлены данные за 20 минут обработки, отражающие влияние температуры на качество расшлихтовки ткани одной щелочью концентрацией 1,0 г/л (кривые 1, 2) и при добавлении к ней неионогенного ПАВ синтанол ДС–100,5 г/л (кривые 1', 2'). Из рисунка видно, что температурная зависимость капиллярности (2, 2') и остаточного содержания крахмала (1, 1') носит экстремальный характер, свидетельствуя об одновременном развитии процессов набухания как самого волокна, так и крахмала. Причем оба эти процесса характеризуются разной скоростью. С увеличением температуры примерно до 90°C капиллярность достигает 125 мм/30 мин с ПАВ и 85 мм/30 мин без ПАВ. Затем при щелочной расшлихтовке со смачивателем наблюдается уменьшение капиллярности, тогда как без него капиллярность продолжает расти. На остаточное содержание крахмала температура до 90°C практически не оказывает влияния. Оно достигает 0,7%, после чего степень расшлихтовки увеличивается, снижая содержание крахмала на ткани до 0,5%. Это происходит потому, что скорость набухания крахмала выше, чем волокна «связанной» воды, препятствующей протеканию дальнейших процессов.

Резкое увеличение капиллярности при температуре выше 80°C объясняется плавлением воскообразных ве-

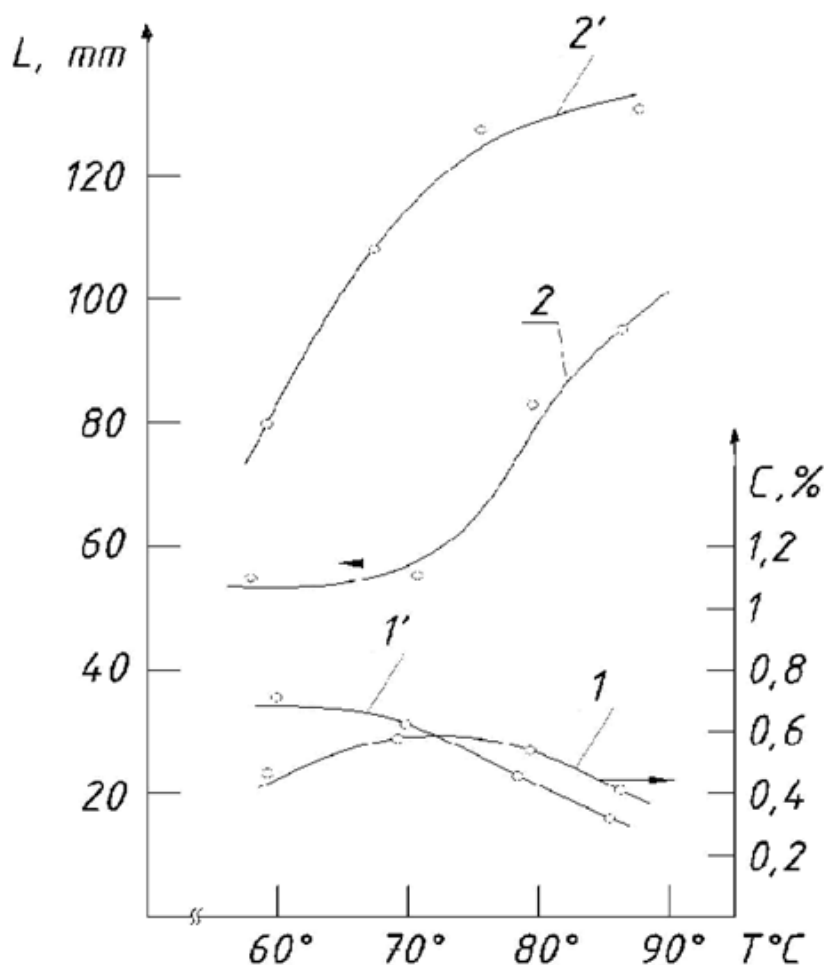


Рис. 1

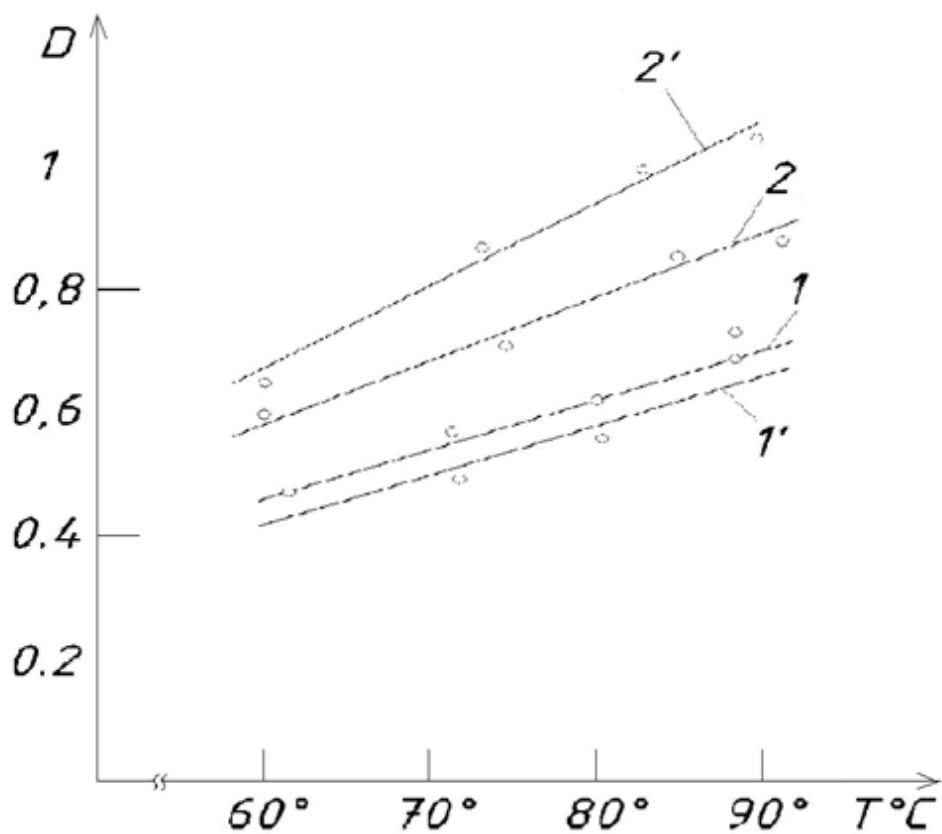


Рис. 2

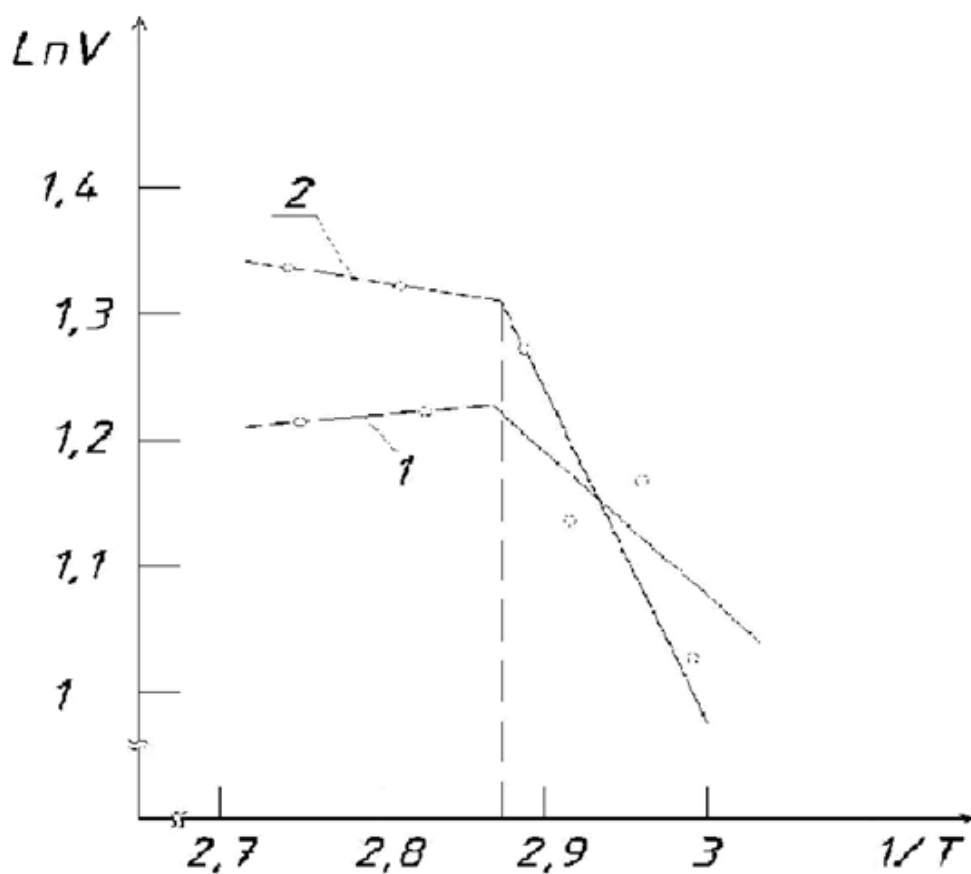


Рис. 3

ществ, их эмульгированием в щелочи и переходом в раствор. Введение ПАВ увеличивает капиллярность расшлихтованных тканей с ростом температуры от 60 до 80°C, после чего она практически не изменяется. Температурная зависимость оптической плотности (при $\lambda=280$ нм) этих же щелочных растворов при расшлихтовке имеет в основном линейный характер (рис. 2).

На рис. 3 представлена зависимость скорости процесса в Арренусовской анаморфозе:

$$\lg = \lg \frac{\Delta D}{\Delta \tau} - \frac{1}{T}$$

Литература:

1. Ковальчук, Г. Е., Никитков В. А. Теория и практика подготовки текстильных материалов. Москва. 1989.
2. Сафонов, В. В., Сидоренко И. А. Новый количественный экспресс-метод определения содержания крахмала на ткани/Текстиль. промышленность, 1990. № 11. с. 58.

Кривая 1 соответствует процессу без ПАВ, кривая 2 — в присутствии ПАВ, Как следует из рис. 3, действительно наблюдается перелом при температуре 72°C, свидетельствующий об одновременном протекании двух процессов с различной энергией активации. Введение ПАВ (кривая 2) изменяет энергию активации процесса.

Таким образом, обработка суровой ткани щелочными растворами позволяет удалить крахмальную шлихту до 0,3–0,1% ее остаточного содержания на ткани и достигнуть равномерной капиллярности 80–120 мм/30 мин. Более эффективно процесс идет в присутствии неионогенного ПАВ при температуре 75°C.

Проект создания сборочного производства металлообрабатывающих центров

Черемных Денис Николаевич, студент-магистрант;
Ташлыкова Елизавета Владимировна, студент-магистрант;
Разепина Марина Геннадьевна, студент-магистрант
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В статье рассматриваются проблемы отрасли станкостроения и металлообработки, на основе которых выдвинуто предположение о создании проекта сборочного производства.

Ключевые слова: проект сборочного производства, металлообрабатывающий центр, постановление Правительства РФ № 56.

По сравнению с развитыми странами мира, где объемы машиностроительной продукции составляют почти половину объемов промышленного производства, в России этот показатель едва достигает 20%. В 1990 г. страна занимала 2-е место в мировой экономике по потреблению механообрабатывающего станочного парка и 3-е место по производству. Сегодняшняя промышленная статистика сообщает, что по производству страна на 22 месте, а по потреблению — на 17-м. За 20 лет России удалось занять в структуре мирового станочного рынка долю в 0,3% [1].

По данным статистики станочный парк страны сократился за последние десятилетия почти на миллион единиц и составляет сегодня не более 1,5 млн шт. Причем, износ действующего станочного оборудования находится на уровне 70%.

По предложениям специалистов, для достижения современного уровня необходимо опережающее инновационное развитие машиностроения с темпами роста не менее 10% в год, в течение 15 лет необходимо замкнуть около 2 миллионов единиц производственного оборудования. Многие специалисты утверждают, что наше

станкостроение находится в таком плачевном состоянии, что лучше вообще от него отказаться и воспользоваться готовыми предложениями на мировом рынке, но нужно понимать, что развитые страны контролируют экспорт наиболее наукоемкого оборудования и технологий, поэтому нужно активно развивать свое производство и повышать его уровень. Тем самым можно говорить о том, что данная тема является одной из самых актуальных для нашей страны [2].

В рамках создания проекта сборочного производства металлообрабатывающих центров предлагается объединить усилия двух ключевых игроков рынка в целях увеличения доли рынка до уровня не менее 30% от всего российского рынка станочного оборудования и выхода на мировой рынок с современным надежным оборудованием с лучшим соотношением качество — цена, а также увеличения товарооборота, каждого участника проекта.

Главная цель проекта захватить значительную долю российского рынка крупных машиностроительных предприятий с государственным участием, в том числе предприятий ОПК, обеспечив переход из средней ценовой категории в средне-премиальную ценовую категорию.

Ключевым фактором успеха данной стратегии является предоставление предприятиям широкого ассортимента современного российского машиностроительного оборудования с оптимальным показателем качество — цена.

Важным конкурентным преимуществом стратегии маркетинга является использование сильного бренда ОАО «Протон-ПМ» на целевом рынке. Что в совокупности с компетенциями ОАО «Протон-ПМ» в области организации сборочного производства качественной наукоемкой машиностроительной продукции, развитой системой логистики, сервиса и продаж ООО «Пром-Ойл», обеспечит необходимый авторитет проекту и изготавливаемому оборудованию [3].

Дополнительным конкурентным преимуществом стратегии увеличения доли рынка и увеличения среднего размера выручки на одного потребителя является предоставление высокого уровня сервиса оборудования, а также услуг по организации рабочего пространства цехов и участков, в том числе поставку вспомогательного промышленного оборудования, мебели и инвентаря.

Дополнительная цель проекта использовать возможности Подпрограммы «Развитие отечественного станкостроения и инструментальной промышленности» на 2011–2016 годы в рамках федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» для быстрого наращивания потенциала совместного предприятия, за счет получения государственной поддержки проекта и финансирования со стороны Правительства РФ.

Для достижения поставленной цели, предлагается учредить совместное предприятие с долевым участием, каждого участника пропорционально их вкладу. Ожидаемый объем продаж к 2014 году должен достигнуть 3 млрд. руб. в год.

В качестве целевых рынков в рамках проекта выделяют:

- металлообрабатывающие центры повышенной точности и надежности для крупных российских промышленных предприятий, являющихся стратегическими организациями машиностроительного и оборонно-промышленного комплексов и обладающих технологиям двойного назначения (авиастроительного, ракетно-космического, судостроительного и энергомашиностроительного);

- оборудование средней и средне-премиальной ценовой категории для малых и средних предприятий России и стран СНГ;

- оборудования средне-премиальной ценовой категории для рынка восточной Европы.

Проект должен предусматривать:

- продвижение станков и продажу обрабатывающих центров под российским брендом на целевые рынки, в том числе лоббирование оборудования для обеспечения поставки на рынок ОПК и лоббирование проекта;

- сборку металлообрабатывающих центров на сборочном производстве

- ОАО «Протон-ПМ»;

- логистику поставки основных комплектующих и агрегатов компанией ООО «Пром-Ойл»;

- производство и поставку основных комплектующих и агрегатов компанией *Neway*;

- разработку современного индивидуального дизайна оборудования специально для российского и европейского рынка;

- проектирование и производство вспомогательных металлоконструкций оборудования в России.

Разрабатываемый проект будет нацелен на существенное изменение текущего состояния отрасли путем выстраивания долгосрочной кооперации сильнейших игроков рынка машиностроения, таких как:

- крупная торгово-сервисная и логистическая компания РФ, занимающаяся машиностроительным оборудованием;

- качественный зарубежный производитель металлообрабатывающего оборудования и комплектующих;

- предприятие РФ, обладающее высокими компетенциями в сборке высокотехнологичного машиностроительного оборудования и продвижения крупных проектов в высокотехнологичных отраслях РФ.

Существующая ситуация российского рынка станочного оборудования характеризуется следующими факторами (неудовлетворенная потребность):

- рост спроса на промышленное оборудование со стороны крупных промышленных предприятий, в том числе с государственным участием;

- государство обязывает предприятия с государственным участием приобретать российское оборудование (Постановление Правительства РФ №56 от 07.02.2011) и только в отсутствие, которого разрешается приобретать зарубежное оборудование;

- отсутствие или недостаточность качественного современного российского оборудования для удовлетворения растущего спроса российских предприятий;

- недостаточность бюджетов, выделяемых государственным промышленным предприятиям, для закупки современного европейского и японского оборудования;

- имидж китайского оборудования как ненадежного;

- выход Подпрограммы «Развитие отечественного станкостроения и инструментальной промышленности» на 2011–2016 годы в рамках федеральной целевой программы «Национальная технологическая база», нацеленной на развитие российских станкостроительных производств, в том числе совместных с иностранными разработчиками и производителями оборудования и инструмента;

- риск появления сильного конкурента, который может воспользоваться ситуацией и создать совместное российское производство машиностроительного оборудования, что значительно сократит или закроет доступ иностранного оборудования на рынок крупных машиностроительных предприятий с государственным участием.

Тем самым можно отметить, что реализация проекта способствует увеличению экспорта продукции пред-

приятый отрасли, по мнению аналитиков, такая динамика будет составлять порядка 3–5%. Помимо того, изменения в отрасли приведут к сокращению поставок комплектующих из-за рубежа и поддержанию отечественного производителя, что соответствует планам правительства РФ, зафиксированным постановлением №56 «Об установлении запретов и ограничений на допуск товаров, происходящих из иностранных государств, работ, выполняемых иностранными лицами, в рамках размещения заказов

на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для нужд обороны страны и безопасности государства» [4] и программе «Развитие отечественного станкостроения и инструментальной промышленности» на 2011–2016 годы в рамках федеральной целевой программы «Национальная технологическая база», нацеленной на развитие российских станкостроительных производств, в том числе совместных с иностранными разработчиками и производителями оборудования и инструмента [5].

Литература:

1. Станкостроение в России: состояние, тенденции, перспективы [Электронный ресурс]. — URL: www.mashportal.ru (дата обращения 17.03.2014).
2. «Будет ли станкостроение в России в наступающем веке?» — Карбовский Виталий, Руководитель аналитического отдела ИФК «Солид», канд. экон. Наук [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.old.rcb.ru/Archive/articles.asp?id=1593> (дата обращения 18.03.2013).
3. Концепция создания российского сборочного производства высокотехнологичных и производительных металлообрабатывающих центров мирового уровня. А. М. Клещевников, Егоров Я. В. — Пермь, 2012.
4. «Будет ли станкостроение в России в наступающем веке?» — Карбовский Виталий, Руководитель аналитического отдела ИФК «Солид», канд. экон. Наук [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.old.rcb.ru/Archive/articles.asp?id=1593> (дата обращения 18.03.2013).
5. Постановление Правительства РФ от 07_02_2011 №56
6. Станкостроение в России: состояние, тенденции, перспективы/Издательский дом ПАНОРАМА, журнал Главный механик №10 // 2009, [Электронный ресурс]. — URL: http://panor.ru/journals/glavmeh/archive/index.php?ELEMENT_ID=5237 (дата обращения 18.03.2013).

Изучение силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий с использованием тензометрических установок

Шабанов Михаил Леонидович, кандидат технических наук, доцент;
Лысыч Михаил Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;
Шкильный Антон Александрович, студент
Воронежская государственная лесотехническая академия

Большое значение при испытании сельско- и лесохозяйственных машин имеет динамометрирование, заключающееся в измерении сил, передаваемых от двигателя к машине или действующих в рабочих органах и деталях машин. Динамометрирование применяется как при выполнении исследовательских работ, так и при эксплуатации сельскохозяйственных машин в рабочих условиях, например для комплектования тракторных агрегатов, установления норм выработки и расхода горючего, а также обеспечения контроля за техническим состоянием тракторов и сельскохозяйственных машин, правильности регулирования их.

Динамометрированием машин в полевых, лабораторных и заводских условиях определяют:

а) энергетические показатели, необходимые для рационального подбора трактора или двигателя к машине или, наоборот, для подбора необходимого количества машин и рабочих органов к трактору и двигателям;

б) усилия, действующие на детали и рабочие органы, необходимые для расчетов на прочность и износ;

в) данные, необходимые для расчета технологических процессов сельскохозяйственных машин;

г) характеристики, необходимые для оценки качества изготовления машин или отдельных узлов и качества ремонта;

д) данные, необходимые для определения к. п. д. механизмов и машин.

Показатели, определяемые динамометрированием, являются исходными для решения основных задач машиностроения и использования машин, а именно: экономии материалов, улучшения качества продукции и технологического процесса, уменьшения износа деталей и расхода энергии при эксплуатации. Таким образом, конечной целью динамометрирования является создание наиболее рационально сконструированных и недорогих в производстве сельскохозяйственных

машин, обеспечение их рационального использования и долговечности.

Рассмотрим подробнее некоторые конструкции измерительных установок используемых для динамометрирования почвообрабатывающих орудий.

Тензометрическое устройство завода им. Октябрьской революции (рисунок 1 *а*) позволяет проводить замеры только горизонтальных составляющих усилий в трех точках, а также суммировать эти составляющие. Тензонавеска представляет собой переходную рамку между плугом и трактором.

Тензометрические тяги конструкции ВИСХОМа (рисунок 1 *б*) для исследования тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий представляют собой три тяги тракторной навески с наклеенными на них тензометрическими датчиками. Такое техническое решение обладает высокой конструктивной простотой, однако интерпретация получаемых данных представляет собой сложную задачу, требующую сложения показаний трех датчиков. При этом остается невыясненным вопрос о влиянии на достоверность данных изгибающих и крутящих моментов возникающих в тягах, особенно при испытании несимметричных орудий.

Разработанная Одесской НИС НАТИ тензометрическая рама (рисунок 1 *в*) в которой все тензопальцы связаны между собой в одном узле. Два нижних выполнены

как одно целое с горизонтальной осью. В верхней части стойка заканчивается вилкой, имеющей с одной стороны тензопалец, а с другой соединительный шарнир. Подобный метод позволяет по сравнению с использованием динамометрических тяг, определять измерения более простыми способами и с более простыми вычислениями. Так же возможно определение не только горизонтальной, но и вертикальной составляющей тягового сопротивления. Однако значительным недостатком является высокая погрешность измерений — 8...10% и удаление орудия от трактора, из-за помещения между ними тензометрической рамы.

Другая тензометрическая навеска разработанная Одесской НИС НАТИ (рисунок 1 *г*) предназначена для исследования горизонтальной составляющей тягового сопротивления. В ней использовано одно тензометрическое звено, что значительно упрощает обработку данных и не вносит дополнительных погрешностей в измерения. Однако ее компоновка требует снятие с испытуемой машины ее серийной навески, что не всегда удобно.

Тензометрическая навеска конструкции ВГЛТА (рисунок 1 *д*) для исследования тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий включает в себя две рамки, расположенные одна под другой и соединенные качающимися поводками. Рамки имеют возможность двигаться друг относительно друга только в продольном направлении. Эту степень свободы ограничивает тензозвено,

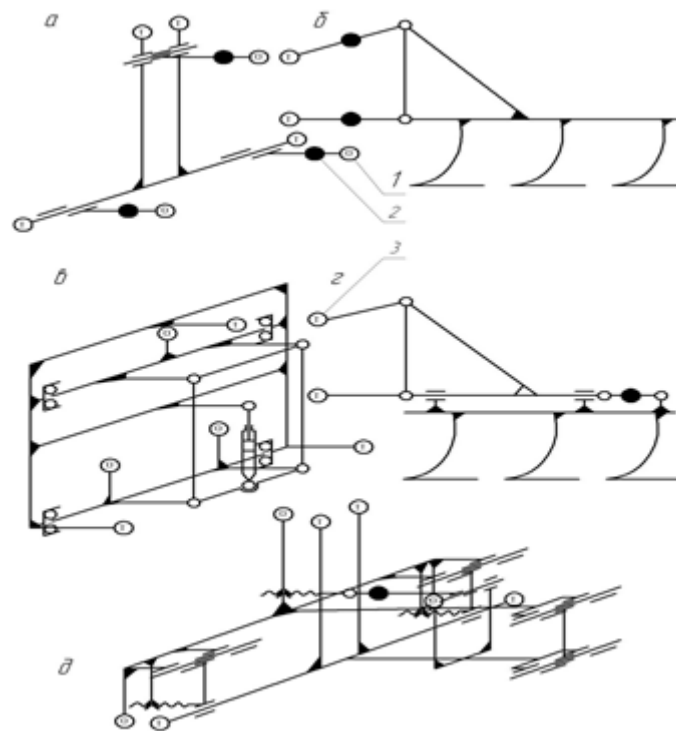


Рис. 1. Кинематические схемы тензооборудования, применяемого для определения тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий

а — завода Октябрьской Революции ВИСХОМа; *б* — Киевской сельскохозяйственной академии;

в, г — Одесской НИС НАТИ; *д* — ВГЛТА

1 — точка присоединения орудия; 2 — точка присоединения навески трактора; 3 — тензодатчик

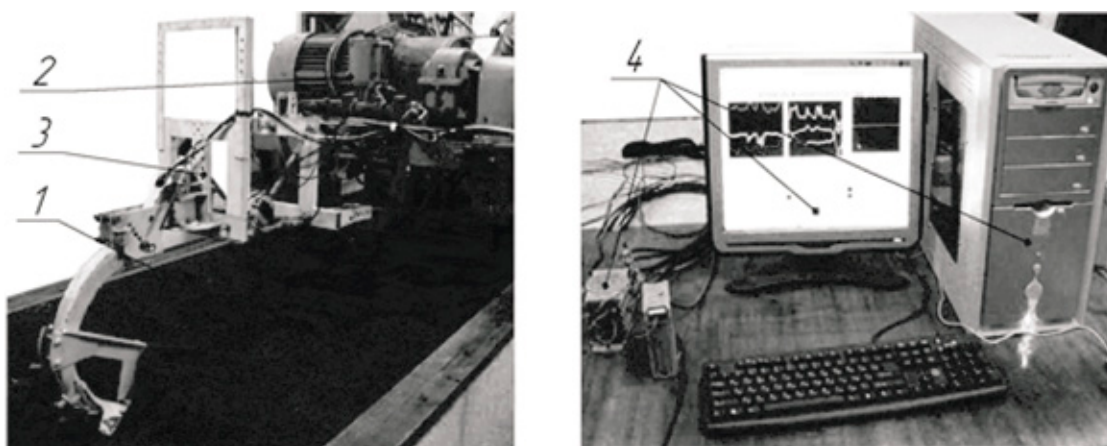


Рис. 2. Тензометрическая установка

связывающее рамки при движении вперед и упоры с винтовой регулировкой, воспринимающие нагрузки в транспортном положении орудия.

Результаты анализа конструкций тензометрических установок явно указывают на то, что они с достаточной точностью способны фиксировать только горизонтальную составляющую тягового сопротивления. Лишь некоторые конструкции позволяют фиксировать вертикальную составляющую, а величины боковых составляющих тягового сопротивления остаются не изученными, что крайне важно для несимметричных орудий.

С целью детального изучения силовых параметров различных рабочих органов и получения входных данных для математического моделирования на кафедре механизации лесного хозяйства и проектирования машин (МЛХиПМ) ВГЛТА была разработана и изготовлена

установка для пространственного тензометрирования (рисунок 2).

Она включает следующие основные элементы: грунтовый канал 1, тяговую тележку 2 с 3-точечным навесным устройством, тензометрическое навесное оборудование 3 и устройства 4 для преобразования электрического сигнала и регистрации измеряемых величин. Непосредственно тензометрическое оборудование включает следующие основные элементы: две рамки 1 и 2, соединенные при помощи трех параллельных тяг 3 и трех тягораскосов 4, концы которых закреплены посредством шаровых шарниров 5, шести тензометрических звеньев 6, установленных на каждую тягу, механизма позволяющего варьировать угол установки рабочего органа в горизонтальной и вертикальной плоскостях 7 и кронштейнов крепления к навесной системе 8 (рисунок 3). Одна рамка

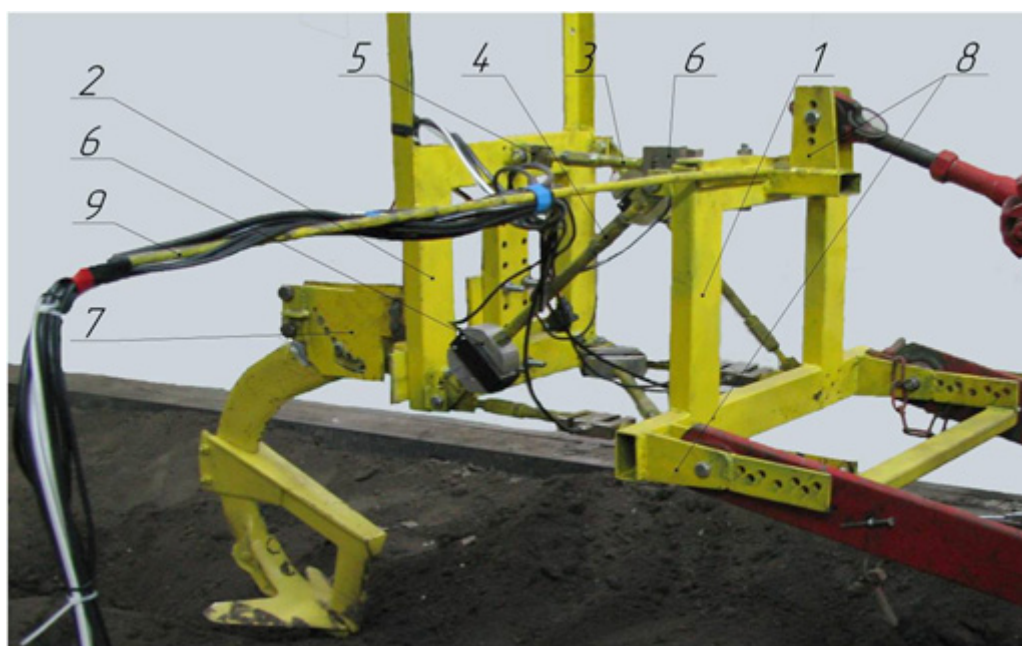


Рис. 3. Тензометрическое оборудование

жестко закреплена в трех точках на навесном устройстве тяговой тележки, другая также установлена жестко, посредством такого расположения шести тяг которое полностью блокирует все шесть степеней свободы. Использование шаровых шарниров позволяет избежать передачи тягами крутящих моментов и на датчики действуют лишь сжимающие и растягивающие силы, параллельные направлению тяг [3].

В результате исследований были получены как горизонтальная и вертикальная составляющие тягового сопротивления, так и боковые составляющие.

Модуль тягового сопротивления в рабочем положении составляет 402,396 Н для экспериментального и 373,137 Н для серийного рабочего органа. Это объясняется увеличением поверхностей взаимодействия с почвой экспериментального органа.

Литература:

1. Бартнев, И. М. Математическая модель колебаний рабочего органа почвообрабатывающего орудия с пружинным предохранительным механизмом [Текст]/И. М. Бартнев, И. Е. Донцов, М. Н. Лысыч // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления: межвуз. сб. науч. тр. «ВГЛТА». — Воронеж, 2008. — Вып. 13. С 70—74
2. Пат. 2319329 РФ, МКИА01В49/02, 76/00. Комбинированное почвообрабатывающее орудие [Текст]/И. М. Бартнев, М. Н. Лысыч, А. А. Кузнецов; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. — №2006127356/12; заявл. 27.07.2006; опубл. 20.03.2008, Бюл. №12. — 3 с.
3. Пат. 2498245 РФ, МПК G01L5/13 (2006.01). Установка для объемного тензометрирования [Текст]/И. М. Бартнев, М. Н. Лысыч, А. А. Донцов И. Е.; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. — №2012118290/28, заявл. 03.05.2012; опубл. 10.11.2013.

Построение и исследование имитационной модели системы контроля работы студентов

Шашков Борис Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор;
Нуждов Денис Игоревич, магистрант
Пензенский государственный университет

Приводится имитационная модель системы контроля работы студентов, построенная в среде математического пакета Mathcad. Производятся измерения основных характеристик сервера при взаимодействии с клиентами разной функциональной толщины.

Ключевые слова: имитационное моделирование, Mathcad, тонкий клиент, толстый клиент, система контроля работы студентов.

Целью проведения моделирования информационной системы является определение изменения основных характеристик системы в зависимости от изменения толщины клиента. Оценка этих характеристик позволяет сделать выводы о требованиях к системе в зависимости от загруженности системы. Для доступа к тем или иным сетевым сервисам используются клиенты, возможности которых характеризуются понятием «толщины». Оно

Проверка правильности показаний проводилась путем взвешивания эталонного груза перед применением навески. Расхождение в показаниях составило 1,7%.

Также проводилось сравнение горизонтальной составляющей тягового сопротивления полученной на другой установке конструкции ВГЛТА (рисунок 1 д). Тензометрическое звено, схема подключения и обработки данных, а также почвенные условия были аналогичными. Расхождение в показаниях составило 3,6%. Полученные данные также достаточно хорошо согласуются с теоретическими.

Выводы. Использование предложенной установки пространственного тензометрирования позволяет проводить изучение силовых параметров различных почвообрабатывающих рабочих органов. Эти данные в дальнейшем могут использоваться при математическом моделировании для изучения динамики движения и устойчивости отдельных рабочих органов и орудий в целом.

определяет конфигурацию оборудования и программное обеспечение, имеющиеся у клиента.

Толстый и тонкий клиенты совершают запросы к серверу 3 типов:

1. заявки на получение статического содержимого сайта (изображения, HTML-страницы, таблицы стилей),
2. заявки на получение информации из базы данных,
3. заявки на ввод данных в базу данных.

Сервер получает от клиентов информацию одинакового типа. Обрабатывает и отправляет ответ с результатами на запрос. Результаты всех вычисления на толстом клиенте сохраняются на локальной базе данных. И при доступном интернет соединении обновляет данные на сервере.

Модель имитирует потоки заявок и их обработку на сервере.

Web-сервер можно рассматривать как многоканальную систему массового обслуживания (СМО), приняв при этом следующие упрощающие предположения:

- поток заявок в системе является случайным, стационарным, ординарным, однородным, без последствий, с отказами;

- обслуживание без приоритетов;
- время обслуживания заявок в системе случайное;
- система является многоканальной и разомкнутой;

Концептуальная модель информационной системы контроля работы студентов приведена на рисунке 1.

Имитационной моделью системы является стохастическая сеть Петри. Для моделирования обработки заявок сервером 3 типов, в модель введены маркеры разной формы \blacktriangledown \blacklozenge \blacksquare . Маркеры, обозначаемые в виде \bullet обозначают обработку запроса каналом сервера. Разработанная имитационная модель системы, представленная на рисунке 2, обеспечила предварительную оценку загрузки сервера.

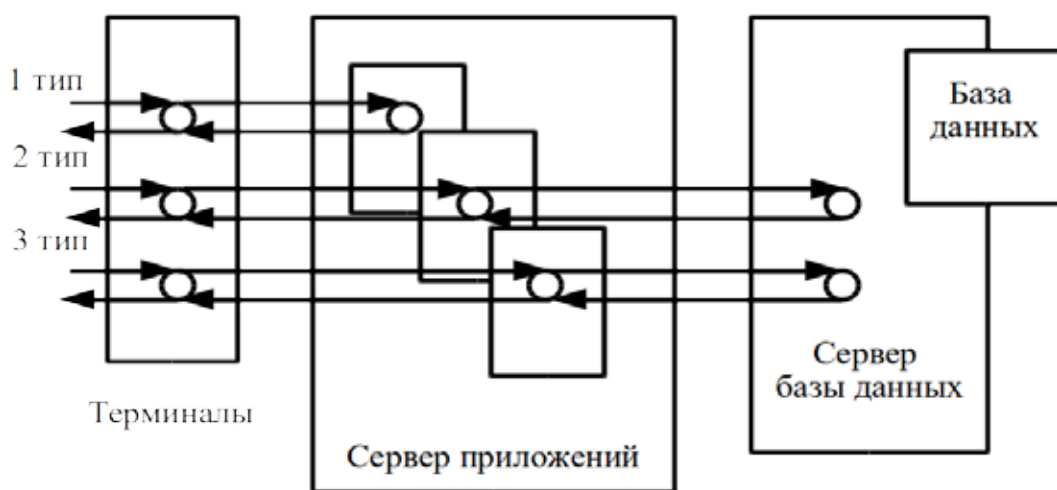


Рис. 1. Концептуальная модель информационной системы

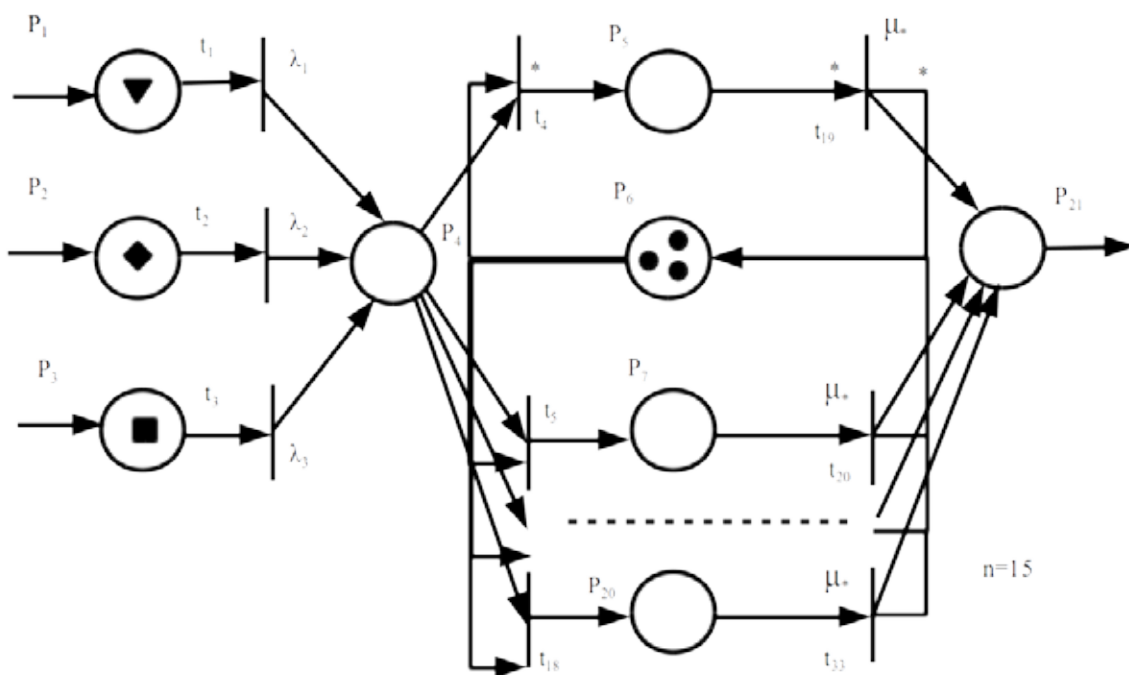


Рис. 2. Модель web-сервера в виде сети Петри

Для тестовой сборки системы контроля работы студентов, имитировавшей нагрузку, сопоставимую с использованием системы 25 пользователями, была собрана необходимая статистика. Число одновременных соединений для web-сервера равно 15, поэтому $n=15$. Этот показатель останется неизменным в ходе исследований.

В зависимости от выбранного клиента, интенсивность поступления заявок на обслуживание составила $\lambda = 10$ для тонкого, и $\lambda = 6$ для толстого клиентов. Из-за того, что на толстом клиенте большая часть информации хранится локально, уменьшается количество запросов на сервер, поэтому интенсивность поступления заявок становится меньше. Как показывает статистика, среднее время обработки одной заявки без учета раскраски равно 0,5 с. Средняя интенсивность обслуживания заявок при этом составляет $\mu = 2$.

Как показывает анализ статистических данных при получении заявок от тонкого клиента, с учетом раскраски заявки на получение статистического содержимого сайта приходили с интенсивностью $\lambda_1 = 5$, среднее время обслуживания составило $t_1 = 0,15$ с. Интенсивность обслуживания была равна $\mu_1 = 6$. Заявки на получение информации из базы данных приходили с интенсивностью $\lambda_2 = 3$, среднее время обслуживания составило $t_2 = 0,35$ с, интенсивность обслуживания была равна $\mu_2 = 2,1$. Интенсивность поступления в систему заявок на ввод данных в базу данных, исходя из статистики имитации, равнялась $\lambda_3 = 2$, среднее время обслуживания составило $t_3 = 0,75$ с, а интенсивность обслуживания равна $\mu_3 = 1,9$.

При взаимодействии сервера с толстым клиентом, заявки на получение статистического содержимого сайта приходили с интенсивностью $\lambda_1 = 3$, среднее время обслуживания равны $t_1 = 0,2$ с, интенсивность обслуживания составила $\mu_1 = 5$. Заявки на получение информации из базы данных приходили с интенсивностью $\lambda_2 = 1$, среднее время обслуживания равны $t_2 = 0,4$ с, интенсивность обслуживания составила $\mu_2 = 3$. Интенсивность поступления в систему заявок на ввод данных в базу данных $\lambda_3 = 2$, среднее время обслуживания равны $t_3 = 0,7$ с, интенсивность обслуживания составила $\mu_3 = 2$. и не изменились.

Подпрограмма имитации обслуживания потока заявок в среде математического пакета MathCAD приведена на рисунке 3. На вход подпрограммы подается: x — вектор заявок на входе, p — раскраска заявки, u — текущее состояние каналов сервера обслуживания, μ — вектор интенсивностей обслуживания заявок с разной раскраской. Осуществляется поиск канала, освободившегося раньше других и, заявка либо обрабатывается в канале с интенсивностью μ_p , либо блокируется, в зависимости от времени генерации заявки. На выходе из подпрограммы формируются: v — вектор окончания обработки обслуживания заявок; q — вектор блокировки заявок при загрузке всех каналов обслуживания.

На рисунке 4 представлен график трафика на выходе узла обслуживания с интенсивностями поступления за-

```

Imitation( $x, p, u, \mu$ ) :=
     $U_m \leftarrow \min(u)$ 
    for  $k \in 0, 1 \dots \text{rows}(u) - 1$ 
        if  $u_k = U_m$ 
             $g \leftarrow k$ 
            break
    if  $x \geq U_m$ 
         $v \leftarrow x + \text{rexp}(1, \mu_{p-1}) \cdot 0$ 
         $u_g \leftarrow v$ 
         $q \leftarrow 0$ 
    if  $x < U_m$ 
         $v \leftarrow x$ 
         $q \leftarrow 1$ 
     $\begin{pmatrix} v \\ q \\ u \end{pmatrix}$ 
    
```

Рис. 3. Подпрограмма имитации обслуживания раскрашенного потока заявок

явок $\lambda_1 = 5 \text{ с}^{-1}$, $\lambda_2 = 3 \text{ с}^{-1}$, $\lambda_3 = 2 \text{ с}^{-1}$ для тонкого клиента. Интенсивности обслуживания составили $\mu_1 = 6$, $\mu_2 = 2,1$, $\mu_3 = 1,9$.

Как показано на рисунке, при заданных характеристиках для тонкого клиента, каналы с 10 по 15 остаются не загруженными. Среднее время обслуживания заявок в системе вне зависимости от раскраски $T_c = 0,329 \pm 0,014$ с. Среднее число заявок в системе $N_c = 3,217 \pm 0,121$. Среднее число одновременно используемых каналов в системе равно 5. Интегрированная интенсивность поступления заявок в систему $L = 9,766 \pm 0,146$.

На рисунке 5 представлен график трафика с интенсивностями поступления заявок $\lambda_1 = 3 \text{ с}^{-1}$, $\lambda_2 = 1 \text{ с}^{-1}$, $\lambda_3 = 2 \text{ с}^{-1}$ для толстого клиента, и интенсивностями обслуживания $\mu_1 = 5$, $\mu_2 = 3$, $\mu_3 = 2$.

Для толстого клиента не загруженными остаются каналы с 8 по 15. Среднее число заявок в системе $N_c = 1,982 \pm 0,118$. Среднее число одновременно используемых каналов в системе равно 3. Интегрированная интенсивность поступления заявок в систему $L = 5,993 \pm 0,139$.

Таким образом, использование толстого клиента в информационной системе контроля работы студентов уменьшает интенсивность поступления заявок, что, при сохранении интенсивностей обслуживания, обеспечивает меньшую загрузку сервера и повышает отказоустойчивость системы.

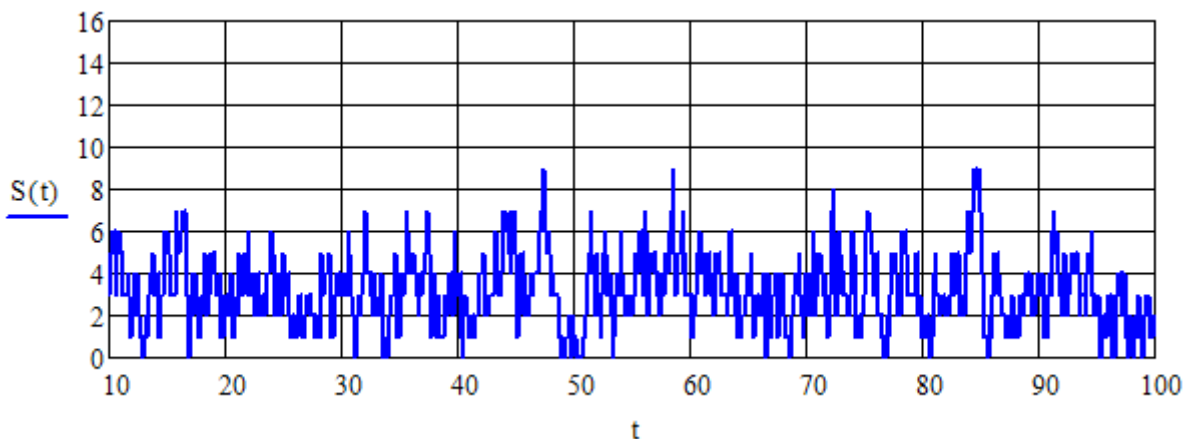


Рис. 4. График трафика на выходе узла обслуживания для тонкого клиента

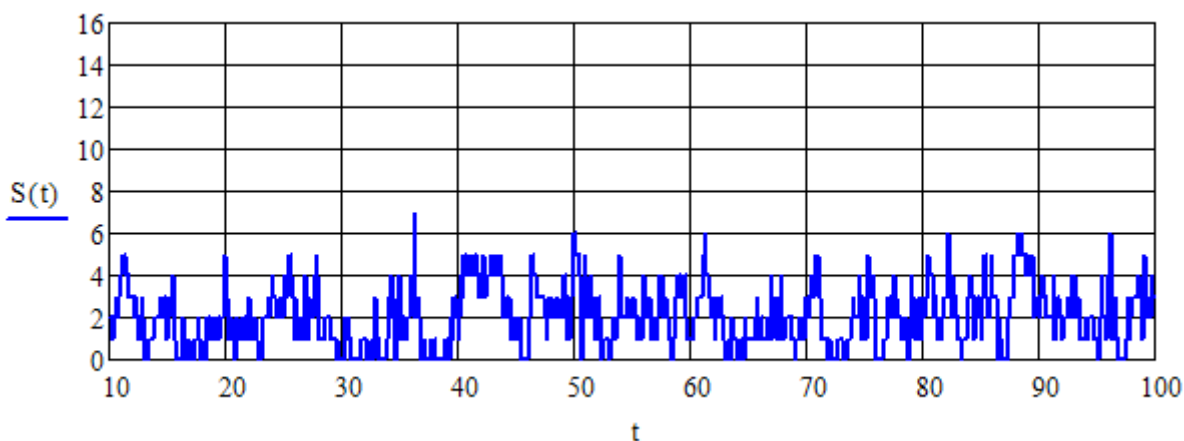


Рис. 5. График трафика на выходе узла обслуживания для толстого клиента

Опытная эксплуатация показала устойчивость функционирования системы. В результате проведения нагрузочного тестирования системы была проведена кор-

ректировка распределения нагрузки между клиентом и сервером информационной системы в целях повышения отказоустойчивости системы.

Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 6 (65) / 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Авдеюк О. А.
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.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
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)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Игисинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Козырева О. 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 «Конверс», г. Казань, ул. Сары Садыковой, д. 61