

Momenty wychowawcze

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ

# учёный

международный научный журнал

Koszalki-Opałki

## Król Maciuś Pierwszy

## Dzieci ulicy

## Moski Joški i Srule

Jak kochać dziecko

Sam na sam z Bogiem:  
modlitwy tych, którzy się nie modlą



16+

12  
2016  
Часть IV



ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 12 (116) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

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

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

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

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

На обложке изображен Януш Корчак (1878–1942) — выдающийся польский педагог, писатель, врач и общественный деятель.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

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

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Галина Анатольевна

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

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

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

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

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

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.07.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### **Онищенко В. С.**

Пути повышения эффективности систем скрытой радиолокации ..... 353

#### **Очилов Л. И.**

Адсорбция воды на цеолитах типа ZSM-5 ..... 358

#### **Очилов Л. И.**

Технология приготовления фитиля из капиллярно-полых материалов ..... 360

#### **Очилов Л. И.**

Исследование некоторых свойств капиллярно-полых материалов ..... 362

#### **Паршикова Т. А., Егоров Р. Н.**

Автомобильный парк предприятия и показатели его использования ..... 364

#### **Рахмонов И. М., Салихова З. Б.**

Устройство и анализ механизма иглы швейных машин промышленного назначения ..... 368

#### **Руднев Д. Г., Лыткин А. А.**

Исследование технологии устройства монолитных оснований при низких положительных и отрицательных температурах воздуха методом холодного ресайклинга ..... 370

#### **Селюкова С. А., Селюкова Г. П.**

Целочисленное решение задач линейного программирования методом ветвей и границ с помощью Excel ..... 372

#### **Смаглий Г. Д.**

Встраивание CSS-стилей в HTML-документы ... 375

#### **Смирнов Д. О., Степанец В. Г.**

Устройство насыпи земляного полотна на слабом основании с применением геосинтетических материалов ..... 379

#### **Соколов В. Д.**

Основы долговечности геосинтетических материалов под влиянием агрессивных сред ... 382

#### **Соловьёва А. А.**

Анализ видов виброполосы с позиции обеспечения дорожной безопасности ..... 385

#### **Сурков В. О.**

Повышение качества работы навигационных систем подвижных наземных объектов за счет радиотехнических измерителей ..... 389

#### **Титанов А. В., Абдрахманов А. А., Сафин Г. Г., Великанов В. С.**

Повышение эффективности работы систем автоматического управления освещением горных выработок ..... 391

#### **Трифонов А. А., Бахарев В. А., Ганец Г. В.**

Тенденции совершенствования деформационных швов автодорожных мостов ..... 394

#### **Трушко Е. Г., Зубарик А. В.**

Определение удобочитаемости шрифта на основе его геометрических параметров ..... 397

#### **Туляганов М. М., Абдуллабеков И. А.**

Математическая модель оптимизации режима горения природного газа в топке паровых котлов с помощью частотно-регулируемого асинхронного электропривода ..... 400

#### **Удальцов И. Э.**

Современные методы расчета дорожных одежд. Часть 1. Обзор и анализ ..... 403

#### **Уринов Н. Ф., Уринов Н. Н., Саидова М. Х.**

Повышение эффективности резания тонкостенных металлических изделий ..... 406

#### **Файфер Л. А.**

Применение вейвлет преобразования для расчёта действующих значений величин ..... 408

#### **Файфер Л. А.**

Существующие методы мониторинга силовых трансформаторов ..... 412

#### **Файфер Л. А.**

Способы контроля силовых трансформаторов ..... 415

#### **Фатоев И. И., Аслонов Б. Б.**

Степень кристалличности композитов, переработанных литьем под давлением ..... 418

#### **Фатоев И. И., Аслонов Б. Б.**

Плотность упаковки и дефектность структуры композитов ..... 420

#### **Федотов А. А., Иванов А. М.**

Информационно-компьютерное сопровождение бизнес-процессов торговой компании ..... 423

#### **Фетисова М. А., Козыркин В. А.**

Современное нормативно-правовое регулирование контроля качества строительной продукции ..... 426

<b>Филимонов Н. С., Гришин Ю. А.</b> Стенд для исследования газодинамических характеристик клапанных каналов поршневых двигателей.....	429	<b>Шипулин О. Г.</b> Методы модификации проточных частей нефтяных магистральных насосов .....	444
<b>Хайитова И. И.</b> Классификации моделей.....	434	<b>Шульга К. С., Астапова Ю. О., Астапов А. Е.</b> Сравнение основных типов компенсирующих устройств.....	449
<b>Хайитова И. И.</b> Переменные, их классификация и описание в моделировании .....	436	<b>Яхьяев Н. Ш., Жураев Л. Ж.</b> Изучение состава местных и импортируемых нефтей при транспортировке.....	453
<b>Хидиров А. А.</b> Исследования состояния и использования ресурсов подземных вод Республики Узбекистан.....	438	<b>Яхьяев Н. Ш., Камолов А. К.</b> Лабораторные методы измерения и приборы контроля коррозии.....	455
<b>Цветкова М. Д.</b> Оценка устройства асфальтобетонных покрытий на мостах на ортотропной плите.....	441	<b>Яхьяев Н. Ш., Нафиддинов У. И.</b> Расчет и классификация трубопроводов при неизотермическом движении нефтегазовый смесей.....	458



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Пути повышения эффективности систем скрытной радиолокации

Онищенко Виктор Сергеевич, заместитель начальника  
АО «КБ «Связь» (Ростовская область)

*Статья посвящена перспективным системам полуактивной радиолокации, которые используют нерадарные источники постороннего подсвета. Перечислены основные направления путей повышения эффективности данных систем, работающих в условиях наличия мощной когерентной помехи. Представлены результаты натурного эксперимента макета скрытной РЛС, подтверждающие, что поляризационная обработка принимаемого электромагнитного поля в скрытных РЛС является одним из возможных путей повышения эффективности обнаружения подвижных объектов по их эхо-сигналам.*

Со второй половины 90-х годов наблюдается быстрое развитие направления скрытной радиолокации, начало которого было заложено в 1935, когда был построен первый бистатический радар, который в качестве источника подсвета использовал коротковолновый передатчик радиоканала Би-би-си в г. Дэвентри мощностью 10 кВт на частоте 6 МГц. Англоязычные термины Passive bistatic radar (PBR), Passive covert radar (PCR) и Passive coherent location (PCL) — общие названия для скрытных РЛС, использующих в качестве источников подсвета передатчики сторонних излучателей. В качестве источников стороннего подсвета могут использоваться сигналы не только аналоговых теле- и радиопередатчиков, но и цифровые сигналы наземных вещательных станций (DRM, DAB, DVB-T, GSM), а также сигналы спутниковых систем.

Скрытные РЛС, помимо скрытности работы, имеют ряд преимуществ, которые следуют из отсутствия собственного радиопередатчика. Для работы не требуется выделение дополнительного радиочастотного ресурса, снижается вредное воздействие на экологию окружающей среды и человека. Такие радиолокаторы не создают взаимных помех, более экономичны в производстве и эксплуатации по сравнению с активными системами [1, 2].

Простейшей системой радиолокации с посторонним подсветом является бистатический радар. Более сложные варианты реализации мультистатических радаров могут содержать несколько приемных станций или работать по сигналам нескольких пространственно разнесенных передатчиков.

В различных обзорах по данной тематике [1, 3, 4], помимо преимуществ скрытных РЛС также перечислены ряд недостатков, которые затрудняют создание эффективных систем. Самый существенный недостаток — вы-

сокие требования к динамическому диапазону приемной аппаратуры и методам обработки принимаемого электромагнитного поля, так как селекция эхо-сигналов осуществляется на фоне мощных когерентных помех, к которым, прежде всего относится прямой сигнал стороннего передатчика, превышающий слабые рассеянные целями эхо-сигналы в среднем на 60–90 дБ [3], а также отражения прямого сигнала от различных стационарных объектов.

Целью данной работы является экспериментальная проверка повышения эффективности обнаружения подвижных объектов системами скрытной радиолокации путем селекции эхо-сигналов целей в ортогональных компонентах поляризации принимаемого электромагнитного поля.

**Обзор методов селекции эхо-сигналов целей.** Задача обнаружения подвижных объектов в скрытных РЛС решалась в различных работах, посвященных селекции эхо-сигналов целей на фоне когерентных помех. Методы селекции делятся на три основные группы: адаптивная пространственная обработка; адаптивная частотно-временная обработка; поляризационная обработка.

Работы по решению задачи адаптивной пространственной обработке принимаемого электромагнитного поля в скрытных РЛС [5, 6] посвящены методам адаптивного формирования диаграмм направленности, теоретически обеспечивающие подавление прямого сигнала подсвета до уровня — 40 дБ, чего нельзя добиться классическими методами. Суть методов адаптивного формирования диаграмм направленности заключается в нахождении оптимальных весовых фазирующих векторов, полученных на основе вычисления обратной корреляционной матрицы принятых сигналов и помех. К основным

недостаткам адаптивных методов пространственной обработки можно отнести необходимость априорного знания направления прихода мешающих сигналов и помех для их подавления, а также уменьшение эффективности последующего обнаружения полезных сигналов с направлений близких приходу подавляемых стационарных помех.

Известные методы адаптивной частотно-временной обработки [7–9] заключаются в нахождении комплексных весовых коэффициентов и последующей компенсации прямого сигнала подсвета и других мощных мешающих переотражений в целевых каналах приема. В данных методах используется базисная матрица, которая формируется из принятого опорного сигнала постороннего подсвета путем внесения в сигнал временных задержек и частотных доплеровских сдвигов, соответствующих мощным когерентным помехам. Решением оптимизационной задачи вычисляются весовые векторы, соответствующие сигнальным векторам базисной матрицы, с использованием которых когерентные помехи компенсируются в целевых приемных каналах.

Главным достоинством данных методов является возможность компенсации в частотно-временной области практически любого количества мешающих сигналов, излучаемых из некоторого общего пространственного сектора обзора. К ограничениям данных методов можно отнести тот факт, что вычислительная сложность методов адаптивной частотно-временной обработки резко возрастает при увеличении количества сигнальных векторов в используемой базисной матрице, а также невозможность разделения эхо-сигналов подвижных объектов с различных направлений, имеющие одинаковые значения временной задержки и частотного доплеровского сдвига.

Кроме описанных выше частотно-временных методов уменьшения влияния мощного мешающего сигнала подсвета, разработаны и апробированы вариационные методы оценки параметров эхо-сигналов в скрытых РЛС с посторонним подсветом [10]. Ключевым отличием и достоинством данного подхода по сравнению с методами адаптивной частотно-временной обработки является отсутствие необходимости обязательной компенсации мешающего сигнала подсвета для возможности селекции эхо-сигналов целей. К недостаткам данного подхода можно отнести высокую вычислительную сложность алгоритма. В настоящее время предложен метод повышения вычислительной эффективности вариационного метода оценки параметров эхо-сигналов, а также повышение вычислительной эффективности метода путем использования многоядерных графических процессоров и библиотеки параллельных вычислений.

Анализируя современное состояние развития поляризационной обработки радиосигналов, можно сделать вывод о том, что данное направление актуально и существует достаточное количество работ, посвященных радиополяриметрии в системах активной радиолокации, геолокации и системах связи [11–13]. Тем не менее, основная часть работ посвящена поляризационной обработке в ак-

тивных радарх с синтезированной апертурой решетки. Имеющиеся зарубежные публикации, посвященные поляризационной обработке в скрытых бистатических радарх [14, 15] на данный момент не позволяют в полной мере оценить степень повышения эффективности обнаружения подвижных объектов путем селекции эхо-сигналов целей неизвестной поляризации.

Необходимость поляризационной обработки сигналов очевидна из физических соображений, так как поляризация отраженной волны определяется как параметрами облучающей волны, так и свойствами цели (ее формой, размерами, материалом, ориентацией в пространстве и т.п.) [13].

#### **Экспериментальные исследования поляризационной обработки сигналов.**

Для подтверждения повышения эффективности обнаружения воздушных объектов за счет обработки ортогональных компонент поляризации принимаемого электромагнитного поля и селекции эхо-сигналов целей был проведен натурный эксперимент. В данном эксперименте использовался трехканальный макет скрытной РЛС, который состоял из трех направленных антенных элементов, аналого-цифрового приемного тракта и ПЭВМ в котором осуществлялась обработка принятых сигналов. Поляризация опорной антенны была выбрана горизонтальной для получения наилучших характеристик опорного сигнала, поскольку имелась априорная информация о типе поляризации сигнала DVB-T2, излучаемого передатчиком эфирного телевидения. Вторая и третья приемные антенны, являющиеся целевыми, были ориентированы в направлении пролета цели для приема горизонтальной и вертикальной компоненты рассеянного сигнала соответственно. При обнаружении малоразмерного объекта обрабатывалась часть спектра излучаемого сигнала DVB-T2 полосой 200 КГц. Каждая выборка принимаемых сигналов имела длительность 1,7 с каждая.

Методика экспериментального исследования повышения эффективности обнаружения подвижных объектов системами скрытной радиолокации путем селекции эхо-сигналов целей в ортогональных компонентах поляризации принимаемого электромагнитного поля аналогична методике, подробно описанной в [9].

Тогда оценка очищенного от мощных когерентных помех полезного сигнала  $\hat{\mathbf{x}}_{[H,V]}(t)$  целевого канала горизонтальной  $H$  или вертикальной  $V$  поляризации представим в виде:

$$\hat{\mathbf{x}}_{[H,V]}(t) = \mathbf{x}_{[H,V]}(t) - \mathbf{A}(t)\mathbf{w}_{[H,V]} + \mathbf{n}(t) \quad (1)$$

где  $\mathbf{x}_{[H,V]}(t)$  — вектор измерений смеси сигналов целевых  $H$  или  $V$  каналов;  $t$  — индекс времени,  $\mathbf{w}_{[H,V]}$  — вектор комплексных весовых коэффициентов;  $\mathbf{A}(t)$  — матрица измерений прямого опорного сигнала передатчика, учитывающая задержки по времени, вызванные многолучевым характером распространения прямого опорного сигнала передатчика подсвета;  $\mathbf{n}(t)$  — вектор централизованных аддитивных шумов канала.



Вектор комплексных весовых коэффициентов  $\mathbf{w}_{[H,V]}$  вычислялся по формуле (2) независимо для каждого целевого канала.

$$\mathbf{w}_{[H,V]} = (\mathbf{A}^H(t)\mathbf{A}(t))^{-1} \mathbf{A}^H(t) \mathbf{x}_{[H,V]}(t) \quad (2)$$

где  $(\cdot)^H$  — операция эрмитового сопряжения,  $(\cdot)^{-1}$  — обозначения операции обращения матрицы.

Далее вычислялись двумерные взаимные корреляционные функции (ДВКФ), между сигналом опорного канала и компенсированными сигналами целевых каналов, описывающие изображения эхо-сигналов в координатах «временная задержка — доплеровский сдвиг частоты».

$$\Psi_{[H,V]}(\tau, \Delta f) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{x}_{on}(t) \cdot \hat{\mathbf{x}}_{[H,V]}^*(t - \tau) e^{j2\pi\Delta f t} dt \quad (3)$$

где  $\mathbf{x}_{on}(t)$  — опорный сигнал постороннего подсвета горизонтальной поляризации,  $\hat{\mathbf{x}}_{[H,V]}(t)$  — оценка очищенного целевого сигнала горизонтальной  $H$  или вертикальной  $V$  поляризации,  $(\cdot)^*$  — оператор комплексного сопряжения,  $\tau$  — временная задержка,  $\Delta f$  — доплеровский сдвиг частоты,  $\Psi_{[H,V]}(\tau, \Delta f)$  — комплексная частотно-временная матрица ДВКФ  $H$  или  $V$  поляризации соответственно.

Пример вычисленных ДВКФ для одной реализации длительностью 1,7 секунды представлены на рисунке 1.

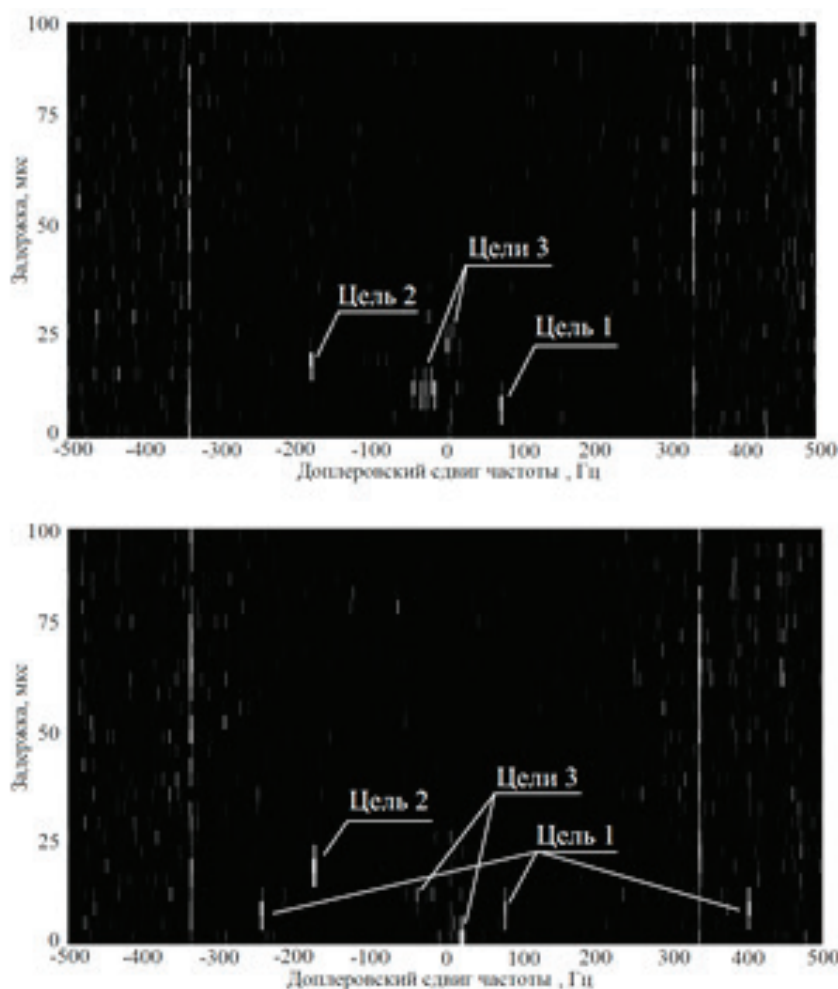


Рис. 1. ДВКФ сигнала опорного канала с сигналами целевых каналов горизонтальной и вертикальной поляризациями: а) эхо-сигналы  $H$  поляризации, б) эхо-сигналы  $V$  поляризации

На рисунке 1 (а) обнаружены отклики эхо-сигнала горизонтальной компоненты поляризации от корпуса приближающейся воздушной цели с винтовым двигателем (Цель 1) с ОСШ равным 19 дБ. Отклик эхо-сигнала взлетающего турбореактивного пассажирского самолета (Цель 2), удаляющегося от макета скрытной РЛС имеет ОСШ равное 16 дБ. Также обнаруживаются множественные эхо-сигналы от движущихся автомобилей (Цели 3) с различными значениями ОСШ.

На рисунке 1 (б) обнаружен отклик эхо-сигнала вертикальной компоненты поляризации от корпуса воздушной цели (Цель 1) с ОСШ равным 18 дБ, а также отклики эхо-сигналов микродоплеровских сигнатур, обусловленные вращением воздушного винта и являющиеся продуктом модуляции рассеянного эхосигнала со значениями доплеровской частоты в области — 247 Гц и 400 Гц. Отклик эхо-сигнала от взлетающего турбореактивного пассажирского (Цель 2) имеет ОСШ равное 18,4 дБ.

Следует отметить, что высокие значения ОСШ обнаруженных эхо-сигналов при обработке вертикальной компоненты поляризации получены благодаря приему горизонтально поляризованного мешающего прямого сигнала подсвета по кроссполяризации. Это обеспечивает более низкий на 10–12 дБ средний уровень шумов ДВКФ.

На рисунке 2 представлены частотно-временные спектрограммы с откликами эхо-сигналов воздушной цели с винтовым двигателем (Цель 1) и турбореактивного пассажирского самолета (Цель 2). Данные спектрограммы строились на основе результатов обнаружения в течение трех минут эхо-сигналов по ДВКФ горизонтальной и вертикальной компоненты поляризации сигналов соответственно.

При обработке горизонтальной компоненты поляризации на отрезке времени наблюдения от нуля до 90 секунд отклики эхо-сигналов Цели 1 на движущейся удалении 5–7 км от макета скрытой РЛС имеют более высокие ОСШ, так как объект имеет плоский горизонтально ориентированный профиль. При обработке вертикальной компоненты поляризации на отрезке времени 110–180 секунд, помимо откликов эхо-сигналов от Цели 1, обнаруживаются отклики микродоплеровской сигнатуры на частотах в области — 247 Гц и 400 Гц, обуслов-

ленные вращением воздушного винта в вертикальной плоскости. Данный факт может быть учтен на этапе выполнения процедур распознавания типа цели по параметрам микродоплеровских сигнатур [16].

Для подтверждения повышения эффективности обнаружения за счет поляризационной обработки было осуществлено некогерентное сложение и получены соответствующие спектрограммы для Цели 1 (рисунок 3).

По яркости доплеровских треков целей на полученных спектрограммах рисунка 3 а, б) видно, что для отдельных поляризационных компонент ОСШ откликов от корпуса БПЛА флуктуирует во времени, что влечет за собой ухудшение эффективности обнаружения. В то же время, доплеровский трек БПЛА на рисунке 3 (в) лишен данного недостатка и имеет более высокие значения ОСШ.

**Заключение.** Результаты проведенного натурального эксперимента подтверждают, что поляризационная обработка принимаемого электромагнитного поля в скрытых РЛС является одним из возможных путей повышения эффективности обнаружения подвижных объектов по их эхо-сигналам. Кроме этого, поляризационная обработка позволяет получить дополнительную информацию для методов классификации подвижных объектов по микродоплеровским сигнатурам обнаруженных эхо-сигналов.

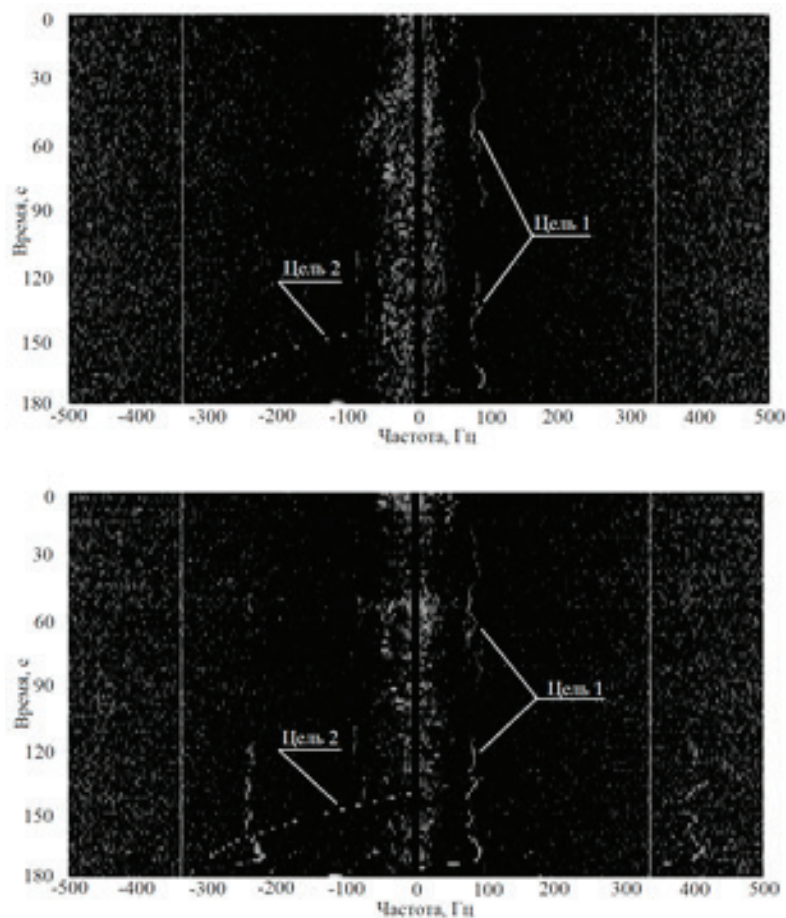


Рис. 2. Спектрограммы доплеровских откликов эхо-сигналов воздушных целей для случаев обработки горизонтальной и вертикальной компонент поляризации: а) эхо-сигналы *H* поляризации, б) эхо-сигналы *V* поляризации

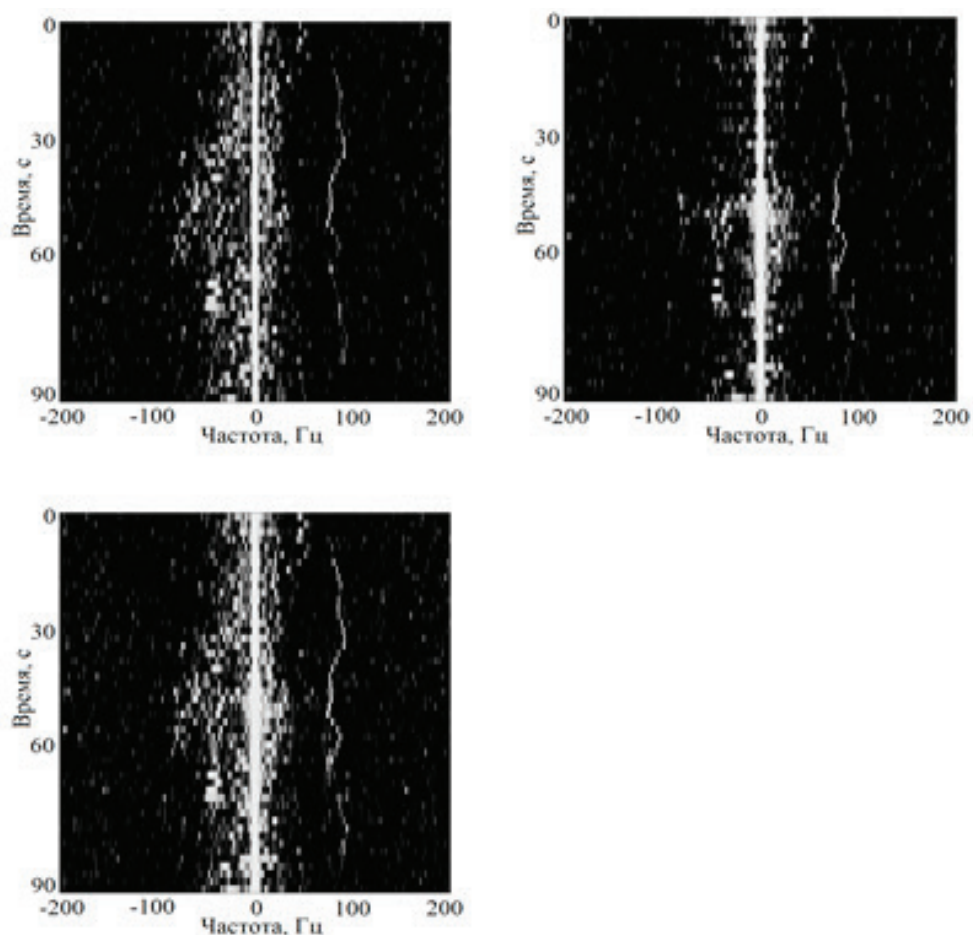


Рис. 3. Спектрограммы доплеровских эхо-сигналов воздушной цели с винтовым двигателем для различных случаев приема произвольно поляризованного поля: а)  $H$  поляризация, б)  $V$  поляризации, в)  $H+V$  поляризация

Литература:

1. Семашко, П. Г., Пархоменко Н. Г., Охрименко А. Е. Перспективы полуактивной радиолокации в связи с развитием служб цифрового радиовещания // Успехи современной радиоэлектроники, 2010. — № 7. с. 38–46.
2. Пархоменко, Н. Г., Семашко П. Г. Потенциальные характеристики полуактивных радиолокационных систем с посторонним подсветом // Автоматизация процессов управления, 2010. — № 4. с. 85–89.
3. Chan Benson Receiver site optimisation for passive coherent location radar system, Cape Town, October 2008.
4. Cherniakov, M. Bistatic radar: emerging technology, University of Birmingham, UK, April 2008.
5. Malanowski, M. and K. Kulpa. Digital beamforming for passive coherent location radar, 2008 IEEE Radar Conference, 1–6, Rome, May 26–30, 2008.
6. M. Rubsamen, C. Gerlach, A. B. Gershman. Low-rank covariance matrix tapering for robust adaptive beamforming, Acoustics, Speech and Signal Processing, 2008. ICASSP 2008. IEEE International Conference on; 05/2008.
7. F. Colone, D. W. O’hagan, P. Lombardo, C. J. Baker. A Multistage Processing Algorithm for Disturbance Removal and Target Detection in Passive Bistatic Radar. IEEE transactions on aerospace and electronic systems vol. 45, no. 2 April 2009.
8. Пархоменко, Н. Г., Онищенко В. С., Перетятко А. А., Шевченко В. Н. Метод адаптивной компенсации когерентных помех в системах пассивной радиолокации с посторонним подсветом // Электромагнитные волны и электронные системы. — 2012. — Т. 17, № 6. — с. 92–96.
9. Пархоменко, Н. Г., Онищенко В. С., Перетятко А. А., Виноградов С. Н., Шевченко В. Н. Результаты полунатурного моделирования метода адаптивной компенсации когерентных помех в системах пассивной радиолокации с посторонним подсветом // Труды 4-й Междунар. конф. «Акустооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации», г. Суздаль, 2011. с. 93–96.
10. Н. Г. Пархоменко, А. А. Перетятко, Я. А. Рейзенкинд, В. С. Онищенко, В. Н. Шевченко, Применение вариационного метода к задаче оценки параметров сигналов в пассивной радиолокации с посторонним подсветом // Автоматизация 2014, № 1, с. 60–65.

11. Канарейкин, Д. Б., Павлов Н. Ф., Потехин В. А. Поляризация радиолокационных сигналов. — М.: Сов. радио, 1966. — 440 с.
12. Козлов, Н. И., Логвин А. И., Сарычев В. А. Поляризация радиоволн. Книга 2. Радиолокационная поляриметрия. — М.: Радиотехника, 2007. — 640 с.
13. E. Everaere. Polarimetry in bistatic configuration for ultra high frequency radar measurements on forest environment. Optics. Ecole Polytechnique, 2015. English.
14. J. Pisane. Automatic target recognition using passive bistatic radar signals. Doctoral thesis, University of Liege, Belgium, 2013.
15. F. Colone, P. Lombardo. Polarimetric passive coherent location, IEEE Transactions on aerospace and electronic systems, April 2015.
16. Беляев, Г. Г., Лерер А. М., Шевченко В. Н. Особенности микро-доплеровской структуры эхо-сигналов подвижных пропеллерных объектов // 25-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», 6–12 сентября 2015, г. Севастополь, материалы конф., Т. 2, с. 981–982.

## Адсорбция воды на цеолитах типа ZSM-5

Очилов Лазиз Ибодович, ассистент

Бухарский филиал Ташкентского института ирригации и мелиорации (Узбекистан)

Для решения поставленной задачи применяли адсорбционно-калориметрический метод исследования, дающий непосредственно количественную и качественную характеристики природы и сил адсорбционного взаимодействия.

Адсорбционные измерения и дозировку адсорбата проводили с помощью универсальной адсорбционной установки, в рабочей части которой использовались исключительно ртутные затворы, заменяющие краны со смазкой. Установка позволяет осуществлять дозировку адсорбата как газо-объемным, так и объемно-жидкостным методами.

Теплоты адсорбции измеряли дифференциальным микрокалориметром ДАК-1–1, записывающим в функции времени тепловые мощности медленно протекающих процессов. Дифференциальные теплоты адсорбции оценивались точностью от 1 до 3%.

Обменные катионы играют главную роль в адсорбции воды и других малых полярных молекул на цеолитах. Энергетически однородные центры (катионы) в однотипных кристаллографических позициях определяются с помощью измерения дифференциальных теплота адсорбции таких пробных молекул как вода, метанол и аммиак [1]. Чистокремнезёмные цеолиты, такие как силикалит, показывают гидрофобность, т.е. адсорбция воды на этих цеолитах очень мала [2].

Начальная теплота адсорбции паров воды на CsZSM-5 (без учета адсорбции на примерном центре) равна 61,5 кДж/моль (рис.1). Количество сильно адсорбированной воды соответствует схеме  $2\text{H}_2\text{O} : \text{Cs}^+$ . Теплота линейно снижается до 49 кДж/моль. Адсорбция последующих трех молекул протекает с постоянной теплотой 49 кДж/моль. Образую ступеньку, адсорбция шестой молекулы воды сопровождается понижением теплоты до уровня конден-

сации 43,5 кДж/моль. Еще одна молекула воды адсорбируется с теплотой, равной теплоте конденсации.

Комплексы  $\text{Cs}^+$  с шестью молекулами воды располагаются в перекрестьях прямых и зигзагообразных каналов. Полная адсорбция составляет 7 молекул воды в пересчете на катион.

Изотерма адсорбции воды (рис.2) на CsZSM-5 вогнутой при низких давлениях, что указывает на существование сильновзаимодействующих адсорбционных центров. Далее изотерма круто поднимается вверх при больших давлениях и она доведена до 7,38 N/М при  $P/P_s = 0,68$ . Изотерма адсорбции воды на CsZSM-5 полностью описывается трехчленным уравнением ТОЗМ [3]:

$$a = 0,851 \exp \left[ - \left( \frac{A}{18,22} \right)^2 \right] + 1,63 \exp \left[ - \left( \frac{A}{6,3} \right)^2 \right] + 1,748 \exp \left[ - \left( \frac{A}{2,094} \right)^2 \right]$$

где  $a$  — величины адсорбции в ммоль/г,  $A = RT \ln P_s/P$  — работа адсорбции в кДж/моль.

Параметры с индексами 1, 2 и 3 являются характеристиками взаимодействия на катионах. Параметры с индексом 1 характеризуют адсорбцию молекулы воды при сильном взаимодействии на катионах, с индексом 2 — при менее сильном взаимодействии на катионах, а с индексом 3 — при слабом взаимодействии на катионах.

На рис.2 представлена соответствующая изотерма адсорбции воды на цеолите CsZSM-5 в полулогарифмических координатах, где — экспериментальные точки, а  $n$  — рассчитанные на основе уравнения ТОЗМ. Из рис.2 видно, что расчетные данные хорошо согласуются с экспериментальными.

Энтропия (рис.1) адсорбции воды линейно снижается с максимального значения (25 Дж/К×моль) до нулевой линии, которая принята за энтропию жидкой воды при адсорбции одна молекула воды на  $\text{Cs}^+$ . Далее энтропия волнообразно меняется. В целом подвижность молекул воды,

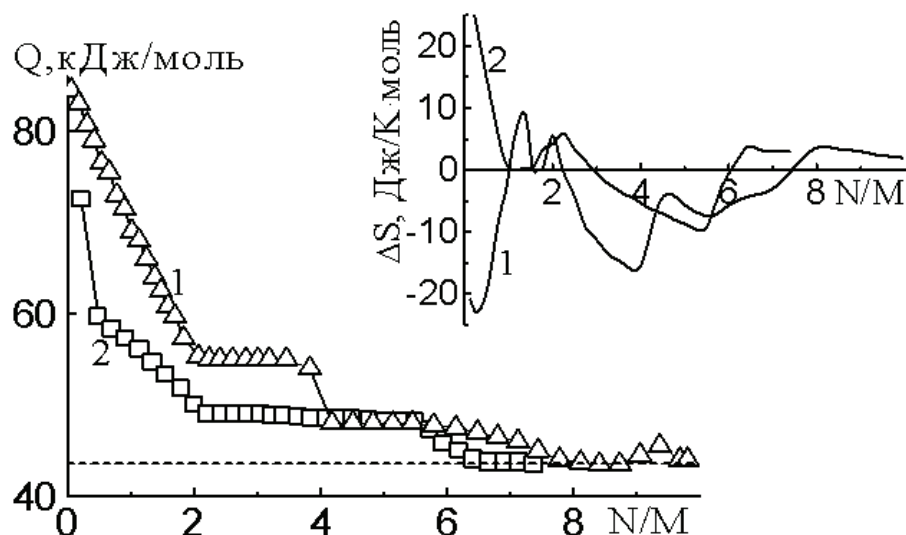


Рис.1. Дифференциальные теплоты и энтропии (вверху) адсорбции воды а цеолитах: 1-LiZSM-5, 2-CsZSM-5

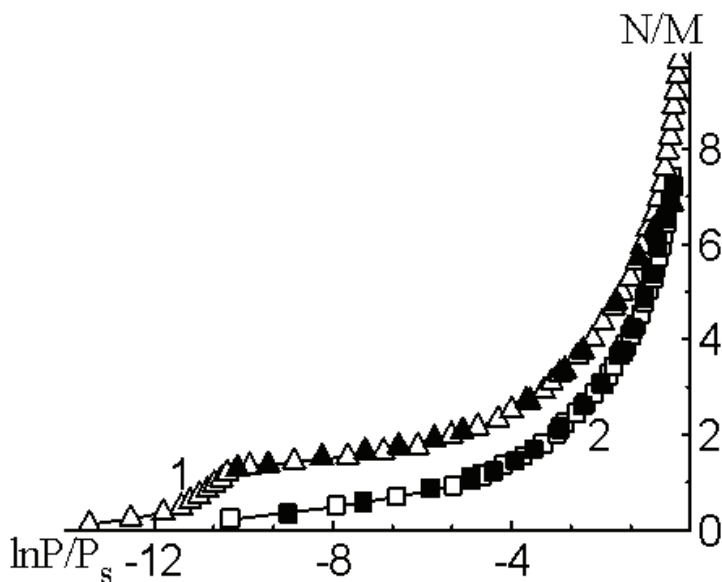


Рис. 2. Изотермы адсорбции воды на цеолитах: 1-LiZSM-5, 2-CsZSM-5

ассоциированных с катионами Cs<sup>+</sup>, близка к подвижности жидкой воды.

Время установления адсорбционного равновесия до полного формирования молекула/катион комплекса в соотношении H<sub>2</sub>O: Cs<sup>+</sup>-1:1 замедлено. В целом процесс адсорбции завершается примерно за 50 минут. Исключением является область, где формируется четырехмерный комплекс, когда наблюдается замедление процесса адсорбции и кривая проходит через максимум.

Начальные теплоты адсорбции воды на LiZSM-5 около 86 кДж/моль (рис.1). Количество сильно адсорбированной воды соответствует схеме 2H<sub>2</sub>O: Li<sup>+</sup>. Линейное падение теплот указывает на извлечение водой катионов лития из их экранированной позиции за пределами основных каналов. Адсорбция третьей и четвертой молекулы идет с постоянной теплотой 55 кДж/моль, которая при завершении резко падает до 49 кДж/моль. Эти две

молекулы воды завершают образование тетраэдрического ион-дипольного комплекса.

Такой комплекс локализуется в перекрестьях прямых и зигзагообразных каналов. Потом идет заполнение второй координационной сферы. Еще 4 молекулы адсорбируются с теплотой, превышающей теплоту конденсации. Дальнейшая адсорбция идет уже с теплотой, равной теплоте конденсации, демонстрируя адсорбцию воды на преадсорбированной воде посредством водородной связи. Полная адсорбция составляет 10 молекул воды в пересчете на катион.

Изотерма адсорбции воды на LiZSM-5 доведена до 10 N/M при P/P<sub>s</sub>=0,8 (рис.2). В соответствии с дифференциальными теплотами адсорбции область прочной адсорбции отмечена линейным подъемом кривой. При дальнейшей адсорбции изотерма вогнутая, а затем линейно поднимается до насыщения. Полная адсорбция

составляет около 2,8 молекул на одно перекрестье каналов.

Изотерма адсорбции также подтверждает формирование высоко энергетического одномерного комплекса. Изотерма адсорбции воды на LiZSM-5 удовлетворительно описывается трехчленным уравнением ТОЗМ при заполнениях от двух до семи молекул/катион:

$$a = 1,203 \exp \left[ - \left( A/36,65 \right)^2 \right] + 1,531 \exp \left[ - \left( A/8,26 \right)^2 \right] + 1,333 \exp \left[ - \left( A/3,77 \right)^2 \right]$$

где  $a$  — величины адсорбции в ммоль/г,  $A = RT \ln P_s/P$  — работа адсорбции в кДж/моль.

Энтропия адсорбции воды на LiZSM-5 в целом расположена ниже энтропии жидкой воды, что указывает на ограничение подвижности молекул воды в цеолите.  $DS_a$  имеет отрицательное значение за исключением начальной

области до одной молекулы воды на катион, что указывает на сильное взаимодействие  $H_2O$  на  $Li^+$ .

Интересен ход кривой зависимости времени установления адсорбционного равновесия от заполнения. До соотношения 1 N/M процесс установления равновесия замедляется. При более высоких заполнениях резко ускоряется. Этот факт указывает на диффузию катионов в решетке цеолита, что приводит к такому резкому замедлению процесса сорбции. Ступеньки при адсорбции 4 N/M и 8 N/M коррелируют со ступеньками на кривых дифференциальных теплота при тех же заполнениях и подтверждают образование тетраэдрического ион-дипольного комплекса в первой координационной сфере и адсорбцию четырех молекул воды во второй координационной сфере.

#### Литература:

1. Rakhmatkariev, G. U., Isirikyan A. A. Crustallochemical structure of zeolite micropores and adsorption-energetical characteristics // Studies in Surface Science and Catalysis. — 1991. — v.62. — P.525–529.
2. Flanigen, E. M., Bennet J. M., Grose R. W., Cohen J. P., Patton R. L., Kirdiner R. M. Silicalite a new hydrophobic crystalline silics molecular sieve // Nature. — 1978. — v.271. — P.512–516.
3. Рахматкариев, Г. У., Исириян А. А. Полное описание изотермы адсорбции уравнениями теории объемного заполнения микропор // Изв. АН СССР, Сер. хим. — 1988. — № 11. — С.2644–2645.

## Технология приготовления фитиля из капиллярно-полых материалов

Очилов Лазиз Ибодович, ассистент

Бухарский филиал Ташкентского института ирригации и мелиорации (Узбекистан)

Фитилем в тепловых трубах считается звено-насос (элемент), выполняющее функции теплопроводника, жидкости или циркуляции пара. Изыскания, сделанные на основе научной литературы показывают, что способность передачи тепла в тепловых трубах зависит не только от свойств теплопроводников, но непосредственно и от геометрических форм фитилей, их тепловых-технических (физических) и гидравлических свойств.

В целях повышения эффективности производительности дистиллированной воды парниковым, одноступенчатым Солнечным водным опреснителем, экономии солнечной энергии попадающей внутрь устройства, аккумуляции его большей части и повышения паровой оболочки воды, специалистами предложено использовать в устройстве фитиль, изготовленный из капиллярно-полого материала.

В нашем примере фитили изготавливаются из различных материалов, ганча, гипса, золы и их различных концентрационных смесей. Размеры геометрической формы фитилей в форме параллелепипеда взяты в размере 2x2x50см (рисунок-1). Свойства абсорбции необходимой воды фитилей были исследованы традиционными методами и в 1-таблице приведены их результаты.

Согласно результатам исследований проведенных над капиллярно-полыми материалами, были установлены следующие скорости абсорбции воды:

- в смеси ганча-золы — 10 см/в час;
- в смеси золы-гипса — 4,625 см/в час;
- в ганче — 4,375 см/в час;
- в смеси ганча-гипса — 4 см/в час;
- в гипсе — 3 см/в час

Исходя из этих результатов, параллелепипед, изготовленный из смеси ганча-золы был выбран в качестве капиллярно-полого материала для солнечного опреснителя (фитиля), ввиду большой скорости абсорбции солёной воды и меньшего времени абсорбции объёма солёной воды.

Согласно достигнутым результатам, были изготовлены образцы капиллярно-полого материала (фитиля) в форме параллелепипеда в размере 5x10x1100 см, сделанные из смеси ганча-золы в процентном соотношении ганча к золе 10%, 20%, 30%, 40% и 50% и над ними были проведены проверочные опыты. В таблице-2 приведены характеристики абсорбции воды процентным материалом изготовленным из смеси ганча и золы.

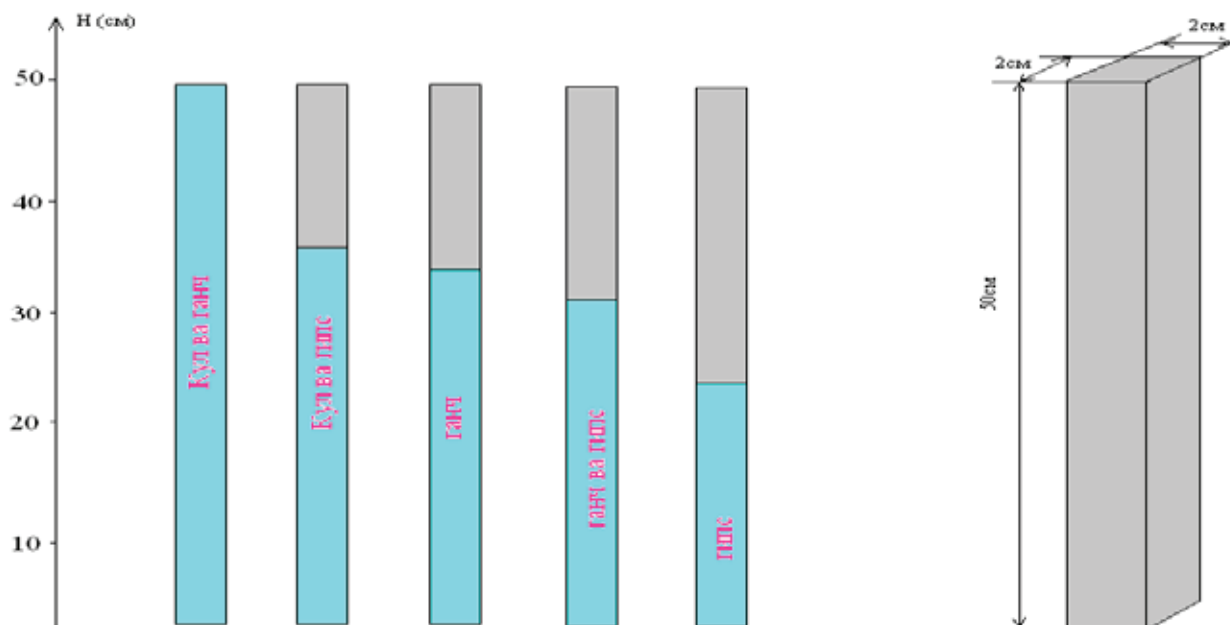


Рис. 1. Высота подъёма воды фитиля в форме параллелепипеда, сделанных из капиллярно-полого материала

Таблица 1. Свойства абсорбции воды в приготовленных фитилях (испытания проведенные для поверхности размером 4 см<sup>2</sup>)

Материал фитиля	Объём взятия воды	Время абсорбции воды	Высота подъёма воды	Скорость абсорбции см/ в час	Объём фитиля см <sup>3</sup>
Зола и ганч	90 см <sup>3</sup>	5 часов	50см	10	200
Зола и гипс	56 см <sup>3</sup>	8 часов	37см	4,625	
Ганч	48 см <sup>3</sup>	8 часов	35см	4,375	
Ганч и гипс	50 см <sup>3</sup>	8 часов	32см	4	
Гипс	28 см <sup>3</sup>	8 часов	24см	3	

Таблица 2. Свойства абсорбции воды приготовленными фитилями (опыт проведен для образцов окружностью 50 см<sup>2</sup>)

№	Процентное соотношение смеси ганча к золе%	Время проведения опыта	Высота подъёма воды	Объём абсорбции солёной воды	Скорость абсорбции (см/в час)
1	10	24	72	500	3
2	20	24	81	540	3,375
3	30	24	84	560	3,5
4	40	24	86	610	3,58
5	50	24	90	650	3,75

Литература:

1. Лутпуллаев, С. И., «Захидов Р. А. и др. Возобновляемые источники энергии: проблемы и перспективы».
2. Очилов, Б. М., Шадыев О. Х., Жураев Т. Д. «Солнечные опреснители и холодильники». Ташкент: Фан. 1976. с.15.
3. Байрамов, Р. Саиткурбанов. «Опреснение воды с помощью солнечной энергии». Ашхабад. «Ылим», 1977й.
4. БоломерДж.В., Коллинс Р.А., Эйбилинг Д.А. «Полевые испытания солнечных опреснителей морской воды». В.кн.: Опреснение соленых вод.М., 1963.

## Исследование некоторых свойств капиллярно-полых материалов

Очилов Лазиз Ибодович, ассистент

Бухарский филиал Ташкентского института ирригации и мелиорации (Узбекистан)

Как видно из изданной научной литературы, имеются несколько методов определения теплопроводности твердых веществ. Самое современное и более информированное среди них — определение коэффициента теплопроводности импульсивным методом. Устройства определения коэффициента теплопроводности, изготовленные на основе импульсивного метода, своей конструкцией бывают более востребованы по отношению к другим устройствам. Они направлены на измерение широкого диапазона порционного давления газа и температуры нагревания параметров теплотехники.

Такое устройство изготовлено в лаборатории молекулярной акустики «Отдела тепловой физики» АН РУз. Это устройство модернизировано в целях определения коэффициентов теплопроводности приготовленных капиллярно-полых материалов в процессе адсорбции и десорбции (рисунок-2).

В научных статьях более глубоко изучено строение устройства, принцип его работы и теоретические основания метода определения коэффициента теплопроводности.

Тонкий проводник-датчик 10, диаметром до 12–10–6м, изготовленный из высокосоотносимого сопротивляемого металла (вольфрам или платина) вступает в контакт с исследуемым капиллярно-полым материалом. Капиллярно-полый материал изготовлен в форме цилиндра. А для измерения гранулированных материалов передатчик-датчик-10 располагается вдоль оси ампулы-14. Внутренний диаметр ампулы 9–10 м3 и высотой 40–10 м3 заполняясь гранулированным материалом, устанавливается в ячейку устройства.

Исследуемый цилиндрический капиллярно-полый материал зажимается между двумя пружинами-15. Все они располагаются в ячейке измерения. Внутренняя стенка ячейки измерения устройства, обеспеченная источником тока, изолирована от тепла и термостатирована при помощи нихромных проводников. Для вывода паров или газов в стенке устройства открыто отверстие-11 и к ней припаяна трубка-12. Проверяемая вода, при нагревании абсорбированного капиллярно-полого материала выводится из его состава в форме пара через ячейку наружу. Температура проверяемого материала измеряется при помощи термпаров-8 хромель-капель и учитывается считанным вольтметром. Датчик R2–10 будет установлен на одно из плеч моста компенсации устройства.

На верхнюю часть моста передается сильный ток при помощи генератора импульсов-1 и усилителя-2 (частота импульса тока выбирается таким образом, что тепловая волна, раздаваемая вдоль проверяемого образца сквозь паузу импульсов была полностью погашена). Затем,

через магазин сопротивлений R4 (P.4831) схема моста полностью балансируется, а осциллограф 5 (СФ-83) используется в качестве нулевого индикатора. При помощи магазина сопротивления R4 и осциллографа-5 сопротивление изменяемое датчика оценивается в моменты времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

Четырехугольный импульс (сигнал) перед передачей осциллографу усиливается посредством дифференциального усилителя-4.

Следующий пример служит для измерения коэффициента проводимости теплоты проверяемого материала:

$$\lambda = \frac{U^2 \alpha \ln \frac{\tau_2}{\tau_1}}{4\pi l \Delta R}, \quad (1)$$

где  $U$  — передатчик — амплитуда импульса усиления, установленного в датчике;  $\alpha$  — передатчик — температурный коэффициент материала датчика;  $l$  — передатчик — длина датчика;  $\Delta R$  от  $\tau_1$  до  $\tau_2$  изменение сопротивления во временной момент, устанавливается из магазина сопротивления в схеме моста.

Проведенные расчеты позволяют установить коэффициент проводимости молекулярной теплоты капиллярно-полых материалов изготовленных авторами при помощи данного метода.

Во многих случаях коэффициент проводимости теплоты твердых материалов определялся при помощи методов, предложенных авторами научных работ.

$$\lambda = \frac{\ln \frac{d_2}{d_1}}{2 \left( \frac{\pi d (t_{cm} - t_{вн})}{Q_1 - Q_3} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} \right)}. \quad (2)$$

Здесь,

$d_1, d_2$  и  $d_3$  — оборудование для измерения диаметра цилиндрических труб;  $t_{cm}$  и  $t_{вн}$  — температура стенок трубы (внутренней и внешней);  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  — коэффициент проводимости теплоты стенок материалов;  $l$  — длина цилиндрической трубы.

На основе опытов определив, температуру стенок генератора-трубы, количество теплоты данной и потерянной устройством, был установлен коэффициент проводимости теплоты проверяемого материала. На основе результатов исследований было определено, что степень точности такого метода в 2–3 раза ниже используемого нами импульсного метода.

Сверочно-тепловые вместимости проверяемых капиллярно-полых материалов были установлены на основе указанных методов и рассчитаны на основе следующего примера:



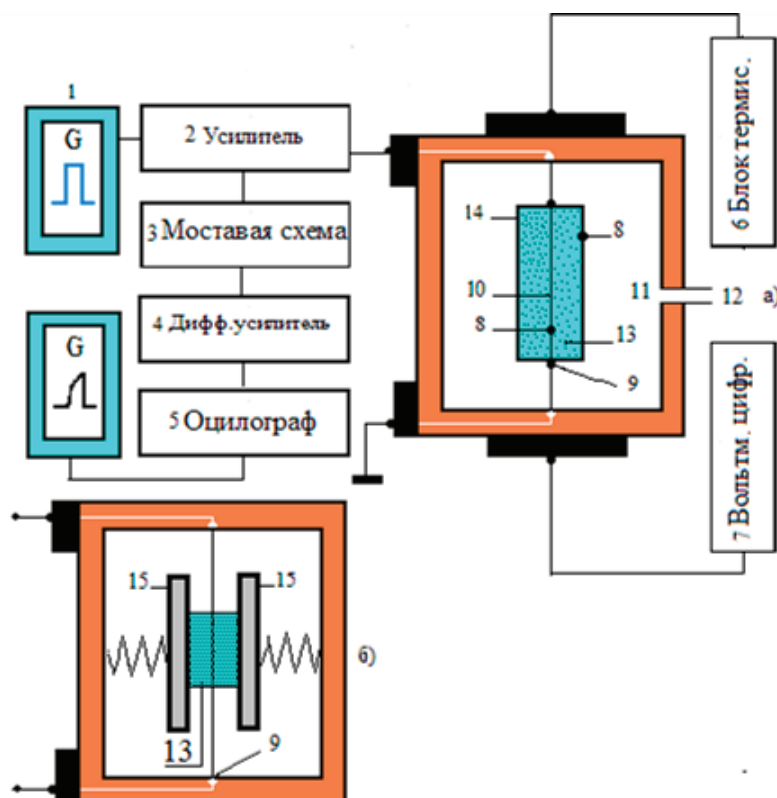


Рис. 2. Блок-схема измерения коэффициента проводимости теплоты: 1 — генератор сигнала; 2 — усилитель; 3 — мостовая электросхема; 4 — дифференциальный усилитель; 5 — осциллограф; 6 — блок термостатирования; 7 — считанный датчик; 8 — термопары; 9 — контакт проводников; 10 — проводник-датчик; 11 — отверстие для вывода пара; 12 — трубка; 13 — проверяемый образец; 14 — ампула для исследования гранулированных образцов; 15 — пружина-зажим.

$$c_o = \frac{m_m c_m + m_c c_c}{m_m + m_c} \quad (3)$$

Здесь,  $m_m, m_c$  — капиллярно-полюй материал и масса воды в его составе;  $c_m, c_c$  — капиллярно-полюй материал и теплоемкость воды в его составе.

Для определения механической твердости готового капиллярно-полого материала образцы испытываются на машине марки Р-10. Эта машина предназначена для проведения испытаний растяжимости металлов и твердостей по ГОСТ 7855–74, ГОСТ 1497–73, ГОСТ 12004–66 под давлением 100кН.

В дополнительных случаях при помощи этого оборудования можно узнать сжатие, искривление и поворачивание образцов по ГОСТ 14019–68.

Состав машины: эта машина состоит из пульта управления и установщика загрузочной структуры. Загрузочная структура предназначена для спуска и деформации испытуемого образца.

Пульт управления служит для управления процессом загрузки образца, а также контролирует нормативы образца.

Пульт управления машины включает в себя насосное устройство: измеритель силы и систему управления; аппарат диаграммы; аппарат учёта диаграммы деформации нагрузки.

Машинное устройство и пульт управления прикреплены в фундаменте друг к другу посредством труб.

В этой машине были определены механическая твердость созданного капиллярно-полого материала и взяты следующие результаты:

- для ганча- $2,5 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>;
- 10% смесь золы к глине —  $1,1 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>;
- 20% смесь золы к глине —  $0,8 \cdot 10^6$ ;
- 30% смесь золы к глине —  $0,6 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>;
- 40% смесь золы к глине —  $0,55 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>;
- 50% смесь золы к глине —  $0,5 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>;

Результаты исследований показали, что (2.1.1), (2.1.2), (2.1.3) согласно примеру коэффициенты проводимости

тепла приблизительно равняются  $0,14 - 0,3 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ ; свёрочные вместимости тепла приблизительно равняются

$$0,87 - 0,3 \frac{кДж}{(кг \cdot ^\circ C)}.$$

По результатам исследований направленных на скорость абсорбации воды и механической твёрдости капиллярно-полюе материалы (фитили) были выбраны из 20% смеси ганча к золе и приготовлены к исследованию.

Желательно выбирать капиллярно-полюе материалы (фитили) по их размеру и формам, а также по тому в каких устройствах они используются.

Литература:

1. Лутпуллаев, С. И., «Захидов Р. А. и др. Возобновляемые источники энергии: проблемы и перспективы».
2. Очилов, Б. М., Шадыев О. Х., Жураев Т. Д. «Солнечные опреснители и холодильники». Ташкент: Фан. 1976. с. 15.
3. Байрамов, Р. Сайткурбанов. «Опреснение воды с помощью солнечной энергии». Ашхабад. «Ылим», 1977й.
4. Боломер Дж. В., Коллинс Р. А., Эйбилинг Д. А. «Полевые испытания солнечных опреснителей морской воды». В.кн.: Опреснение соленых вод. М., 1963.

## Автомобильный парк предприятия и показатели его использования

Паршикова Татьяна Андреевна, магистрант;

Егоров Роман Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия К. А. Тимирязева

*В статье представлена методика расчета оптимального количества автомобилей транспортного подразделения, что в свою очередь непосредственно влияет на рост общей прибыли предприятия.*

**Ключевые слова:** автомобильный транспорт, уровень концентрации автопарка, автомобильные перевозки, себестоимость перевозок

Сельское хозяйство является одной из наиболее транспортеемких отраслей народного хозяйства. Затраты труда на транспортные работы от общей трудоемкости возделывания и уборки зерна составляют 30%, картофеля — 40% и кукурузы на силос — 70%. В среднем по сельскохозяйственному производству затраты на транспортные работы составляют 40...45%, а затраты на топлива до 50% [1, 2, 3].

В настоящее время транспортными работами занято 20...25% работников сельскохозяйственного производства [4].

Транспортные работы в сельскохозяйственном производстве выполняются по транспортным и транспортно-производственным процессам. Транспортные процессы включают операции погрузки, перевозки и разгрузки, а транспортно-производственные процессы включают еще и взаимодействие транспортных средств с сельскохозяйственными машинами (комбайнами, косилками и др.), т.е. участие их в производственных операциях внесения в почву удобрений, уборки урожая, раздачи кормов и др. [5–7].

В общем грузообороте сельскохозяйственных предприятий доля вне хозяйственных перевозок составляют 60–80%. Поэтому, в тех районах, где нет специализированных автопредприятий по обслуживанию сельскохозяйственного производства примерно 40–50% автомобилей, принадлежащих сельскохозяйственным предприятиям, постоянно заняты на вне хозяйственных перевозках.

Следовательно, во многих районах имеются предпосылки для создания крупного транспортно-технологического предприятия или объединения с выполнением функций по централизованному освоению вне хозяйственных перевозок и участию во внутрихозяйственных перевозках сельскохозяйственных предприятий в наиболее напряженные периоды. Концентрация автопарка может сопровождаться не только положительными, но и отрицательными организационно-экономическими результатами, поэтому необходимо определить факторы, сопутствующие процессу концентрации и проанализировать их влияние на показатели использования автопарка объединения, в том числе на обобщающий показатель экономической эффективности — приведенные затраты на выполнение годового объема перевозок [8, 9, 10].

Поскольку транспортно-технологическое предприятие в основном освободит от выполнения вне хозяйственных перевозок, может уменьшить их потребность в собственном автотранспорте, то есть произойдет разукрупнение их автотранспортных подразделений. Это может привести к отрицательным экономическим последствиям, несмотря на более эффективную работу автотранспорта в сфере вне хозяйственных перевозок, что в конечном итоге повлияет на сокращение их себестоимости. Это объясняется тем, что с уменьшением размера автопарка сельскохозяйственных предприятий может возрасти стоимость внутрихозяйственных перевозок, так как возрастут удельные накладные расходы, затраты на ремонт, техническое обслуживание, также капиталовложения в производственную базу [11].

Увеличение уровня концентрации автопарка приводит как к положительным, так и отрицательным последствиям. Следовательно, существует определенный оптимальный размер транспортно-технологического предприятия и автотранспортных подразделений сельскохозяйственных предприятий, которым будут соответствовать оптимальные значения приведенных затрат [12].

В целях определения рационального уровня концентрации автопарка по минимуму суммарных приведенных затрат, выразим их как функцию факторов концентрации уравнением, руб/год:

$$R^{(k)} = \sum Q_{j\tau}^B \cdot S_{j\tau} + \sum \sum Q_{j\tau}^X \cdot S_{j\tau} + E_x \left( \sum M_j \cdot U_j + \sum M_j^a \cdot C_{nopj} + \sum \sum M_{jn} + \sum \sum M_{jn}^X \cdot C_{ооjn}^X \right), \text{ руб./год} \quad (1)$$

где  $k$  — номер варианта распределения функций по выполнению внутрихозяйственных перевозок между транспортно-технологическим предприятием и собственным автопарком сельскохозяйственных предприятий;

$i$  — номер вне хозяйственной перевозки;

$i'$  — номер внутрихозяйственной перевозки;

$n$  — номер сельскохозяйственного предприятия;

$j$  — номер автомобиля, принадлежащего сельскохозяйственному предприятию;

$\tau$  — номер периода года (месяца);

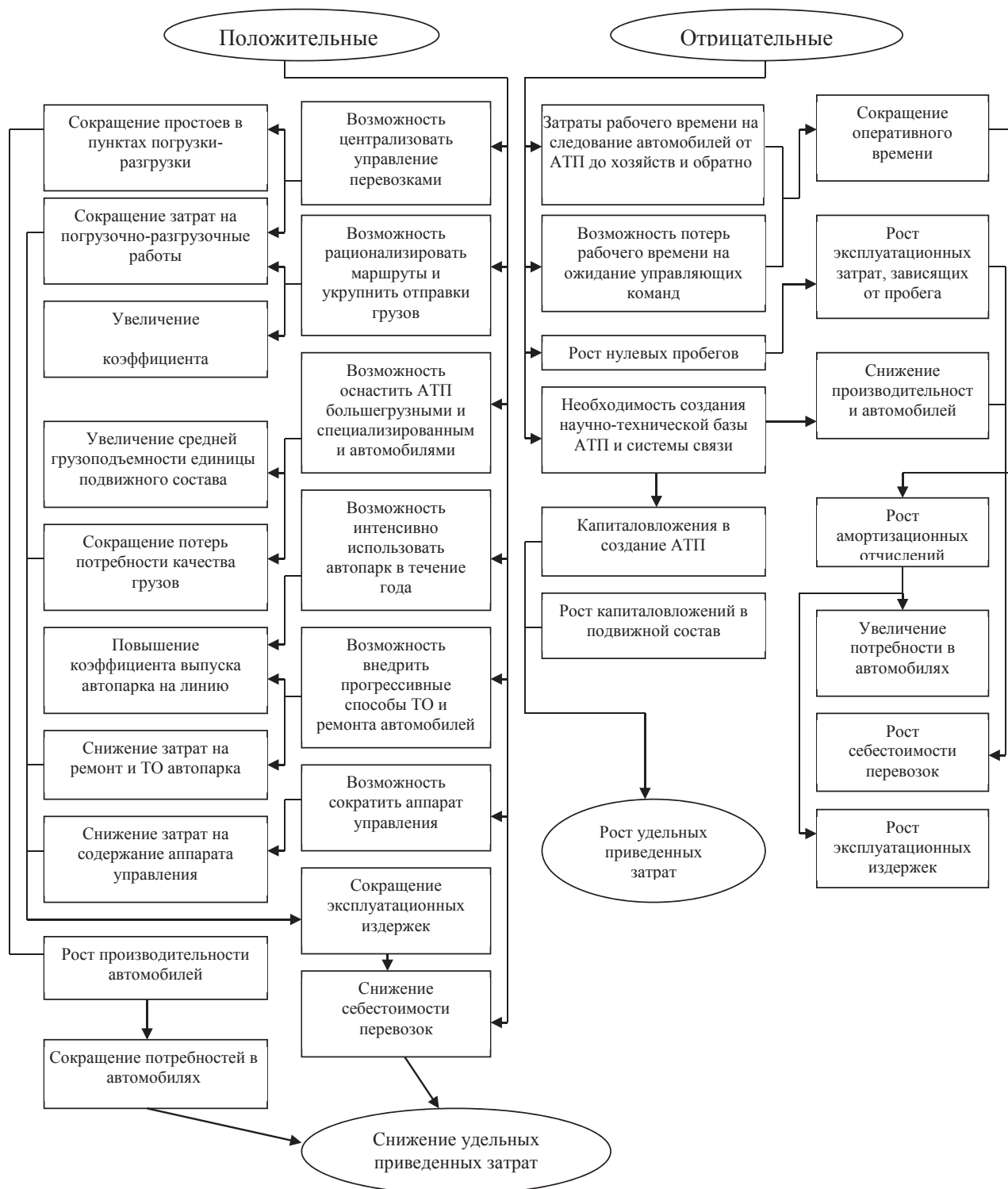


Рис. 1. Основные организационно-экономические результаты концентрации автопарка ТТП

- $Q_{jt}^в$  — объем  $i$  — вне хозяйственной перевозки, выполняемый  $j$  автомобилем в  $\tau$  периоде, т.;  
 $Q_{jn}^в$  — объем  $i$  — внутрихозяйственной перевозки, выполняемой  $j$  — автомобилем в  $n$  — сельскохозяйственном предприятии в  $\tau$  периоде, т.;  
 $Q_{jn}^х$  — объем  $i$  — внутрихозяйственной перевозки, выполняемый  $j$  — автомобилем в  $n$  — сельскохозяйственном предприятии в  $\tau$  периоде, т.;  
 $S_{jt}$  — себестоимость выполнения  $i$  — вне хозяйственной перевозки  $j$  — автомобилем в  $\tau$  периоде, руб./т;  
 $S_{i'jt}$  — себестоимость выполнения  $i$  — внутрихозяйственной перевозки  $j$  — автомобилем в  $\tau$  периоде, руб./т;  
 $M_j^a$  — количество  $j$  — автомобилей, принадлежащих авто-предприятию;  
 $M_{jn}^x$  — количество  $j$  — автомобилей, принадлежащих  $n$  — сельскохозяйственному предприятию;  
 $U_j$  — балансовая цена  $j$  — автомобиля, руб.;  
 $C_{пфj}$  — стоимость пассивных основных фондов, приходящихся на  $j$  — автомобиль в ТТП, руб./автомобиль;  
 $C_{офjn}^x$  — стоимость основных пассивных фондов, приходящихся на  $j$  — автомобиль в  $n$  — сельскохозяйственном предприятии, руб./автомобиль;  
 $E_x$  — нормативный коэффициент капиталовложений.

В связи с тем, что критерий оптимальности должен быть представлен как функция факторов концентрации автопарка, потребовалось уточнить эффективные уравнения расчета себестоимости перевозок, производительности автомобилей и капиталовложений в развитие производственно-технической базы и ввести в них соответствующие соотношения, характеризующие процесс концентрации автотранспорта ТТП [13, 14]. Себестоимость перевозок [12], как функция факторов концентрации выражается уравнением; руб./т.

$$S = \frac{(I_0 + L) \cdot (\tau_{км} + \tau'_{км}) + T_k \cdot (\tau_{зп} + \tau_{нр}) + \tau_i \cdot Z + L \cdot q \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \tau_{ткм}}{W}, \text{ руб./т} \quad (2)$$

где  $I_0$  — среднее расстояние от ТТП до места первой погрузки и от места последней разгрузки до ТТП (нулевой пробег), км/день;

$L$  — пробег, связанный с перевозкой грузов, км/день;

$Z$  — количество поездок с грузом в день;

$\tau_{км}$  — затраты на горюче-смазочные материалы, отчисления на ремонт и восстановление, амортизационные отчисления, руб./км;

$\tau'_{км}$  — затраты на ТО и ТР, как функция мощности ТТП, руб./км;

$\tau_{нр}$  — накладные расходы, как функция мощности ТТП, руб./час;

$\tau_{зп}$  — затраты на оплату труда водителей, руб./час;

$\tau_i$  — затраты, зависящие от количества выполненных поездок (учитывается только для автомобилей — самосвалов);

$\tau_{ткм}$  — затраты на топливо, израсходованные на транспортную работу (учитывается только для бортовых автомобилей и автопоездов), руб./т×км;

$q$  — грузоподъемность автомобиля, т;

$\beta$  — коэффициент использования пробега;

$\gamma$  — коэффициент использования грузоподъемности;

$T_k$  — продолжительность рабочего дня автомобиля, час;

$W$  — производительность автомобиля.

В уравнении (2) показатели  $I_0$ ,  $\tau'_{км}$ ,  $\tau_{нр}$  количественные, характеризующие влияние концентрации автопарка на себестоимость перевозок.

Производительность автомобиля [15] как функция факторов концентрации автопарка выражается уравнением; т/день

$$W = \left[ \frac{(T_n - t) \cdot (h - n_k t_k)}{\frac{l}{V_\beta} + g \cdot \gamma \cdot t_{нр} \cdot t_0 \cdot \eta_0} + 2h \right] \cdot g \cdot \gamma, \text{ т/день} \quad (3)$$

где  $t$  — производительность нулевых рейсов, час;

$l$  — среднее расстояние перевозки груза, км;

$t_{нр}$  — продолжительность погрузки-разгрузки 1 тонны груза, час;

$t_0$  — средняя продолжительность простоя автомобиля в очереди при погрузке-разгрузке на вне хозяйственных перевозках при полной их децентрализации, час;

$\eta_0$  — коэффициент изменения времени простоя в очередях, как функция уравнения централизации перевозок;

$\eta_k$  — средняя часовая потребность в управляющих командах со стороны руководящих работников предприятия;

$t_k$  — среднее время прохождения управляющей команды, час;  
 $V$  — средняя техническая скорость движения, км/час;  
 $h$  — доля загруженности нулевых районов от общего их числа.

Для определения производительности автомобиля с учетом факторов концентрации автопарка в уравнении (3) введены составляющие  $t$ ,  $\eta_k$ ,  $t_k$ ,  $\eta_0$ ,  $h$ .

На основании вышеизложенного следует отметить, что численность автопарка предприятия является одной из важнейших характеристик [16]. Именно это определяет возможности автопарка и его основной показатель — производительность. Определив оптимальное количество автомобилей транспортного подразделения добиваются снижения затрат на хранение и эксплуатацию, что в свою очередь приведет к росту общей прибыли предприятия.

#### Литература:

1. Дидманидзе, О. Н., Митягин Г. Е. Перспективы развития сельского хозяйства России в современных условиях // Агробизнес-Россия. 2006. № 5. с. 13–14.
2. Егоров, Р. Н. Совершенствование транспортно-технологического обслуживания районных сельскохозяйственных предприятий: Автореф. дис. канд. техн. наук. — М.: МГАУ, 2006. — 18 с.
3. Алдошин, Н. В., Егоров Р. Н. Оптимизация транспортных процессов. Учебное пособие. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. — 40 с.
4. Кушнарв, Л. И., Дидманидзе О. Н. Состояние и проблемы трудового потенциала сельского хозяйства России. — М.: «ООО УМЦ «Триада», 2010. — 70 с.
5. Дидманидзе, О. Н., Асадов Д. Г., Карев А. М., Егоров Р. Н., Журилин А. Н. Транспортные и транспортно-технологические процессы. — М.: ООО «УМЦ «Триада», 2016. — 163 с.
6. Карев, А. М., Пуляев Н. Н., Егоров Р. Н., Журилин А. Н. Автотранспортные процессы и системы. — М.: ООО «УМЦ «Триада», 2016. — 94 с.
7. Дидманидзе, О. Н., Рыбаков К. В., Митягин Г. Е. и др. Автотранспортные и тракторные перевозки: учебник — М.: УМЦ «Триада», 2005. — 552 с.
8. Дидманидзе, О. Н. Ресурсосбережение на автомобильном транспорте и в сельскохозяйственном производстве. / В сб.: Научные проблемы автомобильного транспорта: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГОУ ВПО МГАУ, 2010. — с. 5–8.
9. Алдошин, Н. В., Пуляев Н. Н. Маршрутизация помашинных перевозок грузов. — М.: ООО «УМЦ «Триада», 2016. — 38 с.
10. Дидманидзе, О. Н., Иванов С. А., Смирнов Г. Н. Ultra Car: области применения // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2005. — № 4. — с. 11–14.
11. Солдатов, В. В., Дидманидзе О. Н., Судник Ю. А. Управление техническими системами в условиях информационной неопределенности. — М.: ООО «УМЦ «Триада», 2010. — 307 с.
12. Пилипченко, А. И. Организационно-экономические основы транспортного обслуживания предприятий агропромышленного комплекса — М. 1991. — с. 36.
13. Коротких, Ю. С. Международные автомобильные перевозки России в период антироссийских санкций // «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса»: сб. ст. по материалам IX Всероссийской научно-производственной конференции. — Пенза: Пензенская ГСХА, 2016. — с. 24–26.
14. Дидманидзе, О. Н., Варнаков Д. В. Повышение параметрической надежности автомобильных двигателей // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2007. — № 5. — с. 2–7.
15. Афанасьев, Л. Л., Цукерберг С. М. Единая транспортная система и автомобильные перевозки. — М.: Транспорт, 1984. — 336 с.
16. Егоров, Р. Н., Журилин А. Н., Паршикова Т. А. Обоснование выбора и оснащенности подержанного коммерческого транспорта // Международный технико-экономический журнал. — 2015. — № 6. — с. 86–89.

## Устройство и анализ механизма иглы швейных машин промышленного назначения

Рахмонов Иномжон Мухторович, кандидат технических наук, доцент,

Салихова Зилола Бахтияровна, магистр

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Одним из решающих условий повышения качества производства услуг, эффективности работы отрасли является дальнейшее ускорение научно-технического прогресса, повышение технического уровня предприятий за счет разработки новой высокопроизводительной техники, а также обеспечения высокой эксплуатационной надежности технологического оборудования.

Существующий уровень развития техники и технологий легкой промышленности предлагает использование машин, механизмов и рабочих органов, которые совершают возвратно-поступательные, качательные или сложные комбинированные движения. Такие механизмы используются как в машинах периодического, так и непрерывного действия (механизмы съёмных гребней чесальных машин, клубочные механизмы чесальных и ленточных машин и др.). Как правило, машины, содержащие такие механизмы, являются виброактивными и требуют применения виброизоляторов. Однако, виброизоляция, защищая фундамент и перекрытия производственного помещения от воздействия динамических нагрузок со стороны машин, не меняет ни величины, ни характера нагрузок в самой машине и поэтому не может служить средством, гарантирующим нормальную работу машины.

Динамические нагрузки в машине являются следствием движения ее исполнительных механизмов и рабочих органов, скорости движения которых, в соответствии с требованием увеличения производительности, все время возрастают, растут и инерционные нагрузки в звеньях механизмов. Эти нагрузки приводят к снижению срока службы кинематических пар, соединяющих звенья механизмов, к частым их разладам, снижению объема вырабатываемой продукции, что иногда делает экономически нецелесообразным повышение скорости. Однако, если найти путь к снижению инерционных нагрузок в кинематических парах механизмов, то появляется возможность дальнейшего, а иногда, значительного увеличения скоростных режимов работы механизма при сохранении или даже снижении эксплуатационных расходов. В настоящее время в швейном машиностроении происходит обновление парка машин. Разрабатываются новые базовые машины, доводятся до современных технических требований конструкции действующих машин, то есть происходит реконструкция отрасли швейного машиностроения.

На основе проведенных теоретико-экспериментальных исследований получены следующие новые научные результаты:

— на основе анализа существующих конструкций разработана новая конструкция механизма иглы швейной машины с упругой связью;

— решена задача динамики механизма иглы с упругой связью при учёте динамической и механической характеристик двигателя, инерционных, упруго-диссипативных параметров механизма, а также силы сопротивления сшиваемых материалов швейной машиной. Получены зависимости изменения параметров в функции от силы сопротивления сшиваемых материалов;

— определены рациональные параметры механизма иглы с упругой связью, установлено, что при более жесткой упругой связи механизма иглы увеличится время на сжатие и уменьшится время рабочего хода сшивания материалов;

— на основе анализа кинематики механизма иглы с упругой связью, а также уравнивания механизма при различной частоте вращения кривошипа обоснованы рациональные параметры системы. Установлено, что в упругой связи механизма иглы (пружины) максимальные значения нормальных напряжений меньше чем 400 МПа, число цикла нагружения становится неограниченным. Определён оптимальный режим работы швейной машины при использовании упругого накопителя энергии.

Создавая новую иглу или выбирая ее для вновь создаваемой машины из числа имеющихся, необходимо представить себе во всех деталях процесс образования стежка и изучить условия, при которых он будет протекать. В отдельных случаях, для выбора нужной иглы приходится, в соответствии с заданными условиями, проводить предварительно серию экспериментов. Поэтому, желательно, чтобы игла была наименьшей длины, ее прочность была большей и реже происходила бы поломка иглы, но при этом нужно учитывать величину ее рабочего хода. Чем он больше, тем длиннее должна быть игла. Рабочий ход её зависит в челночной машине, в основном, от максимальной толщины сшиваемых материалов, толщины игольной пластины, расстояния между игольной пластиной и носиком челнока, величины, на которую ушко иглы должно опуститься ниже траектории носика челнока. Поскольку величина опускания иглы зависит от ряда условий (упругости нитки, веса и крутки, длины петли, соответствия между шириной ушка иглы и диаметром нитки и др.), то должна быть предусмотрена возможность соответствующего изменения величины рабочего хода иглы (например, в пределах  $1 \pm 2$  мм). Величина рабочего хода иглы зависит также и от длины ее острия. При большей длине острия угол заточки меньше и следовательно, меньше повреждаемость нитей ткани при проколе, но при этом следует учитывать расположение шпульки внутри челнока, и не будет ли острие иглы касаться ее. Кроме того, нельзя забывать и о возрастании напряжений в игле с увеличением ее длины.

Игла, в существующей швейной машине двухниточного цепного стежка выполняет: прокол швейных материалов, проведение через них петли верхней нити, заправленной в ушко иглы, образование петли-напуска верхней нити при обратном ходе иглы, предварительное затягивание петли верхней нити, прокол ниточного треугольника. Челноки применяются в швейных машинах, образующих преимущественно двухниточные (иногда однониточные, трехниточные) челночные переплетения нитей, а петлители — одно-, двух-, трехниточные и более сложные цепные переплетения. Строчки с челночными переплетениями практически не распускаются и требуют наименьшего количества нитей. Однако, при их выполнении игольные (верхние) нити сильно изнашиваются, вследствие чего повышается обрывность нити и ухудшается качество изделия; кроме того, эти строчки не всегда обладают достаточной податливостью при деформации.

Анализ исследований швейных машин показывает, что дальнейшее совершенствование швейных машин и их рабочих органов, механизмов должен быть направлен на повышение скоростных режимов, расширению технологических возможностей, уменьшения габаритов, силовых и энергетических показателей швейных машин. С этой целью нами рекомендуется новая конструкция механизма иглы с упругой связью швейной машины. Сцепление между реечным двигателем и материалом, необходимое для перемещения, обеспечивается прижимной лапкой, на которую действует пружина. Шарнирная лапка закреп-

плена винтом на конце стержня, помещенного в направляющую втулку. Верхний конец стержня имеет осевое отверстие, в которое входит направляющий хвостовик регулировочного винта, ввернутого в головку рукава машины. На этот хвостовик надета цилиндрическая пружина, нижним концом упирающаяся в стержень лапки, а верхним — в регулировочный винт.

На верхнем конце стержня винтом закреплён направлятель лапки, отросток которого входит в вертикальную прорезь головки машины и удерживает стержень от поворотов вокруг своей оси. Под направлятелем находится кронштейн 6, свободно посаженный на направляющую втулку и связанный тягой с коромыслом устройства для ножного подъема лапки. Для ручного подъема лапки служит рычаг, на который опирается кронштейн. При повороте рычага кронштейн поднимается и заставляет подниматься направлятель вместе со стержнем и лапкой. Одновременно с этим кронштейн нажимает на плечо рычага освобождения натяжения верхней нитки (на рисунке не показан) и тормозные шайбы регулятора натяжения освобождают нитку, позволяя вынуть изделие из-под иглы машины.

Необходимо отметить, что тензометрированием были определены характер и величины действующих сил, реакции в шарнирах механизма иглы с упругим накопителем энергии и без него. Полученные результаты показали, что установка в механизм упругого накопителя энергии дала возможность в 2–2,5 раза снизить динамические нагрузки по сравнению с существующими (рис. 1).

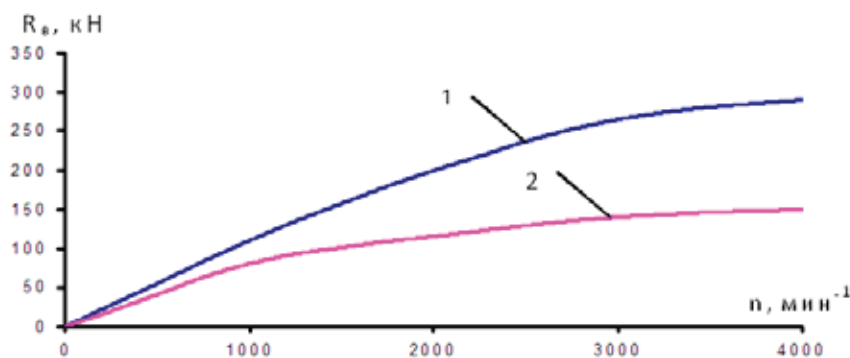


Рис. 1. Зависимость изменение величин действующих сил на механизм иглы от скорости главного вала машины, где: 1 — без упругих элементов, 2 — с упругими элементами.

Экспериментальными исследованиями методом тензометрирования определены величины действующих сил в кинематических парах как в существующем механизме иглы, так и в рекомендованном механизме с упругой связью. Установлено, что величины действующих сил реакции в механизме иглы с упругим эле-

ментом в  $2,0 \pm 2,5$  раза меньше, чем в существующем механизме. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование конструкции как иглы, так и механизма иглы, обеспечивающей увеличение скорости режимов и технологических возможностей швейных машин.

#### Литература:

1. Рахмонов, И. М. Разработка и обоснование параметров механизма иглы с упругим элементом универсальных швейных машин. Диссертация. Ташкент, 2008. 182 стр.

2. Тухтаева, З. Ш., Шаропова Д. Х. Анализ механизма иглы швейных машин при процессе образования челночных и цепных стежков. Молодой учёный. Международный научный журнал. № 7 (111). Казань, 2016. Стр.199–201.

## Исследование технологии устройства монолитных оснований при низких положительных и отрицательных температурах воздуха методом холодного ресайклинга

Руднев Данил Геннадьевич, магистрант;  
Лыткин Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

*Представлены результаты опытно-экспериментального исследования по разработке технологии холодного ресайклинга при низких положительных и отрицательных температурах воздуха на участке автомобильной дороги Р-265 «Чуйский тракт».*

**Ключевые слова:** холодный ресайклинг, монолитное основание, асфальтогранулобетон, противоморозные добавки

В настоящее время в России более 70% дорог не отвечает нормативным требованиям, поэтому весьма актуально внедрение современных технологий, обеспечивающих темпы ремонта, повышение несущей способности дорожных конструкций и качество, в том числе при неблагоприятных погодных условиях.

### Технология холодной регенерации (ресайклинга) как эффективное решение проблем дорожной сети России

В настоящее время, одним из наиболее прогрессивным методом капитального ремонта дорожной одежды нежесткого типа является холодный ресайклинг.

Его применение позволяет исключить из технологического процесса ряд операций, что дает преимущества по сравнению с традиционными технологиями. Отпадает необходимость в устройстве объездной дороги, исключаются работы по разборке дорожного полотна с вывозом и утилизацией полученных материалов. Не требуется устройство песчаных и щебеночных оснований, т.к. при проведении регенерации существующее основание не повреждается. Существенно снижается количество задействованной при проведении работ техники.

Ведущей машиной при технологии холодного ресайклинга является ресайклер, который своим мощным фрезерным барабаном измельчает материал дорожной одежды (покрытия и основания), превращая его в асфальтовый гранулят (АГ) [1].

С учетом того, что одним из путей повышения долговечности дорожных конструкций является устройство не дискретных, а монолитных оснований, целесообразно омоноличить АГ, например водно-цементной суспензией.

В условиях Сибири, с ее коротким летним периодом, особую актуальность приобретает проблема продления

строительного сезона по устройству монолитных оснований дорожных одежд на основе минеральных вяжущих.

Традиционные технологии создания условий для набора асфальтогранулобетонной смеси критической или полной прочности предусматривают введение в водно-цементную суспензию хлоридов ( $\text{NaCl}$  и  $\text{CaCl}_2$ ), которые обеспечивают твердение материала при отрицательных температурах воздуха. Но в нашем исследовании применяется более эффективная добавка, Биagr-УТ. В отличие от солей, она не только обеспечивает твердение, но и ускоряет процессы набора прочности [2].

Отработка технологии осуществлялась на базе ООО «Стройсервис» в процессе опытно-экспериментального строительства в апреле-мае 2014 г. на участке автомобильной дороги Р-265 «Чуйский тракт» Новосибирск-Барнаул-Горно-Алтайск-граница с Монголией, Республика Алтай. Протяженность опытного участка составляла 5 км. Комплекс машин ресайклер WR 2500 и суспензитор WM 100 обеспечивали точность дозировки всех компонентов. Суспензитор подавал уже готовую смесь (цемент, вода и ускоритель), в точном соответствии с рецептом, в смесительный барабан ресайклера, где она равномерно перемешивалась с асфальтовым гранулятом до получения однородной асфальтогранулобетонной смеси (АГБ-смеси). После этого смесь профилировалась автогрейдером и уплотнялась катками.

Опытно-экспериментальный участок состоял из 5 секций, отличающихся составом компонентов для сравнительного анализа и определения оптимального количества воды, цемента и ускорителя.

После устройства нового основания, по истечении 7 суток были отобраны и испытаны керны (рис 1).

Результаты испытаний асфальтогранулобетонных смесей представлены в таблице 2.



Таблица 1. Составы асфальтогранулобетонных смесей секций опытного участка

Номер секции	Адрес секции	Номер состава и содержание компонентов		
		Номер состава	Вода, %, от массы минеральных материалов	«Биагр УТ», % от массы воды
1	ПК 0+00- ПК 2+50 (лево) ПК 0+00- ПК 2+00 (право)	2	3,5	0
2	ПК 2+00 (право) - ПК 8+00 (право)	2	3,5	6
3	ПК 2+50 (лево) ПК 8+00 (лево)	1	5,0	6
4	ПК 8+00 (лево) ПК 17+00 (лево)	1	4,0	4
5	ПК 17+00 (лево) - ПК 30+00 (лево) ПК 8+00 (право) - ПК 30+00 (право)	1	4,0	0

Примечание: ПК 0+00 соответствует км 803+00



Рис. 1. Керны из асфальтогранулобетонной смеси, отобранные из слоя основания опытно-экспериментального участка через 7 суток

Таблица 2. Физико-механические свойства асфальтобетонных кернов, отобранных из слоя основания опытно-экспериментальных участков

Номер секции	Средняя плотность, гр./см <sup>3</sup>	Коэффициент уплотнения	Водонасыщение, %	Прочность при 20°С, Мпа
1	2,19	0,99	9,3	1,4
2	2,17	0,99	9,7	1,9
3	2,16	0,99	10,1	2,2
4	2,16	0,99	11,3	1,7
5	2,16	0,99	10,7	1,7

Результаты испытаний показали, что в 7 суток значение прочности при сжатии составляет на всех секциях 1,4–2,2 Мпа.

Для набора статистических данных по набору прочности, через 120 суток были отобраны и испытаны керны из основания секций № 4 и № 5. (рис. 2).



Рис. 2. Керны из асфальтогранулобетонной смеси, отобранные через 120 суток

Результаты испытаний показали, после 120 суток наиболее интенсивный набор прочности основания отмечается при наличии в составе комплексной добавки «Биагр УТ» (4,4 Мпа в 5 секции), что на 39% больше, чем в секции 4 (3,5Мпа) без этой добавки.

#### Заключение

Работу в этом направлении с продолжением научных разработок и более широкого практического внедрения следует продолжить, но уже сейчас стоит отметить существенные преимущества технологии устройства монолитных оснований при отрицательных температурах методом холодного ресайклинга.

#### Литература:

1. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. — Изд. офиц. — Отрасл. дор. метод. документ / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). — М., 2002. — 58 с.
2. Пособие к СНиП 3.06.03—85. Пособие по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами: пособие к СНиП — М. СоюздорНИИ, 1990. — 205 с.
3. Проект производства работ «Ремонт автомобильной дороги Р-256 «Чуйский тракт» — Новосибирск — Барнаул — Горно-Алтайск — граница с Монголией, км 803+000 — км 808+000, Республика Алтай».

## Целочисленное решение задач линейного программирования методом ветвей и границ с помощью Excel

Селюкова Светлана Александровна, преподаватель;  
Селюкова Галина Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Государственный аграрный университет Северного Зауралья

В большинстве экономико-математических моделей, сформулированных как задачи линейного программирования, часть или все компоненты вектора-решения должны выражаться в целых числах, т.е. быть целочис-

ленными. К ним относятся, например, задачи, в которых переменные означают количество единиц неделимой продукции, число станков при закупке оборудования, количество домов при очередности строительства и т.д. [3, с. 180]

С другой стороны, это могут быть задачи, в которых при моделировании используются логические (булевы) переменные со значениями 1 и 0, что означает, например, брать или не брать арендную плату, создавать или не создавать дополнительный пункт производства и т.д. Покажем особенности фактора целочисленности на следующем примере, который в учебных целях генерируется на компьютере в виде индивидуальных заданий. Оптимальное решение в примере, в принципе, не может быть получено каким-либо округлением решения соответствующей задачи линейного программирования.

Для решения рассмотренного класса задач математического программирования, как правило, используется универсальный метод решения под названием «метод ветвей и границ». [2, с. 158]

Продемонстрируем основные идеи этого метода на примере решения задачи целочисленного линейного программирования (ЦЛП).

Эти задачи включают в себя требования целочисленности ко всем искомым переменным. Они относятся к классу задач полностью целочисленного линейного программирования (задача ЦЛП). В свою очередь, эти задачи являются частным случаем задачи частично целочисленного линейного программирования (ЧЦЛП). [2, с. 160]

При решении задач частично-целочисленного линейного программирования методом ветвей и границ на определенных этапах решаются вспомогательные задачи линейного программирования (ЛП), для которых применяется симплекс-метод.

Рассмотрим развернутую экономико-математическую модель задачи.

Система переменных:  $x_1, x_2$

Система ограничений:  $2x_1 + x_2 \leq 9$

$5x_1 + 4x_2 \leq 29$

Целевая функция:  $F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max$

Решение задачи осуществляется симплексным методом [1, с. 176] с помощью сервисной функции MS Excel «Поиск решения».

Описание шагов алгоритма «метода ветвей и границ»

1. *Решение вспомогательной задачи линейного программирования.*

Вспомогательная задача № 1 получается из данной задачи целочисленного линейного программирования путём игнорирования требования целочисленности. Решим задачу симплексным методом с помощью Excel. В результате получим:  $x_1=2,3, x_2=4,3, F_{\max}=154$  (схема 1).

2. *Очередное ветвление вспомогательной задачи на две вспомогательные подзадачи нижнего уровня.*

Так как вышеполученное решение нецелочисленное, то оно дает верхнюю границу  $F = 154$  для максимума целевой функции искомого оптимального решения исходной задачи.

В этом случае одна из переменных, имеющих дробное значение, в данном случае  $x_1$ , берется за основу для разбивания (ветвления) данной вспомогательной задачи № 1 на вспомогательные подзадачи под номерами 1.1 и 1.2 по нижеприведенной методике:

Так как  $2 < x_1=2,3 < 3$ , то:

задача 1.1.  $\rightarrow$  задача 1.2.

$2x_1 + x_2 \leq 9 \rightarrow 2x_1 + x_2 \leq 9$

$5x_1 + 4x_2 \leq 29 \rightarrow 5x_1 + 4x_2 \leq 29$

$x_1 \leq 2 \rightarrow x_1 \geq 3$

$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \quad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$

$F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max \rightarrow F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max$

При решении подзадачи 1.1. в Excel добавим ограничение  $x_1 \leq 2$

В результате получим:

$x_1=2, x_2=4,75, F_{\max}=153,75$ .

153,75 — уточненная верхняя граница

При решении подзадачи 1.2. в Excel добавим ограничение  $x_2 \geq 3$

В результате получим:

$x_1=3, x_2=3, F_{\max}=144$

Таким образом, получим первый целочисленный рекорд.

1. Проверка оптимальности текущего целочисленного рекорда после очередного ветвления на основе формулировки критерия оптимальности текущего целочисленного рекорда по методу ветвей и границ: *Текущий целочисленный рекорд объявляется оптимальным решением исходной задачи в том и только том случае, если при данном состоянии дерева решений на концах других ветвей не существует верхних границ, превосходящих значение рекорда.*

**В данном случае критерий не выполняется, так как 153,75 больше 144**

4. Ветвление следует продолжить по подзадаче № 1.1, которая дает наибольшую на данный момент верхнюю границу из подзадач, находящихся на концах ветвей. В качестве основы для ветвления выбирается дробное значение переменной  $x_2 = 4,75$ .

Так как  $4 < x_1=4,75 < 5$  то

задача 1.1.1.  $\rightarrow$  задача 1.1.2.

$2x_1 + x_2 \leq 9 \rightarrow 2x_1 + x_2 \leq 9$

$5x_1 + 4x_2 \leq 29 \rightarrow 5x_1 + 4x_2 \leq 29$

$x_2 \leq 4 \rightarrow x_2 \geq 5$

$x_1 \leq 2 \rightarrow x_1 \leq 2$

$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \quad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$

$F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max \rightarrow F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max$

При решении подзадачи 1.1.1. в Excel добавим ограничение  $x_2 \leq 4$

В результате получим:

$x_1=2, x_2=4, F_{\max}=138$

При решении подзадачи 1.1.2. в Excel добавим ограничение  $x_2 \geq 5$

В результате получим:

$x_1=1,8, x_2=5, F_{\max}=153,6$

153,6 — уточненная верхняя граница.

5. Проверка оптимальности текущего целочисленного рекорда после очередного ветвления показывает, что критерий вновь не выполняется, так как 153,6 больше 138.

6. Продолжаем ветвление по подзадаче 1. Рассмотрим подзадачу 1.3. В качестве основы для ветвления выбирается дробное значение переменной  $x_2 = 4,3$ .

Так как  $3 < x_2 = 4,3 < 4$  то

задача 1.3. → задача 1.4.

$2x_1 + x_2 \leq 9 \rightarrow 2x_1 + x_2 \leq 9$

$5x_1 + 4x_2 \leq 29 \rightarrow 5x_1 + 4x_2 \leq 29$

$x_2 < 4 \rightarrow x_2 > 5$

$x_1 >= 0, x_2 >= 0 \quad x_1 >= 0, x_2 >= 0$

$F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max \rightarrow F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max$

При решении подзадачи 1.3. в Excel добавим ограничение  $x_2 <= 4$

В результате получим:

$x_1 = 2,5, x_2 = 4, F_{\max} = 151,5$

При решении подзадачи 1.4. в Excel добавим ограничение  $x_2 >= 5$

В результате получим:

$x_1 = 1,8, x_2 = 5, F_{\max} = 153,6$

7. Продолжим ветвление по подзадаче 1.4.

В качестве основы для ветвления выбирается дробное значение переменной  $x_1 = 1,8$ .

Так как  $1 < x_1 = 1,8 < 2$ , то задача 1.4.1. → задача 1.4.2.

$2x_1 + x_2 \leq 9 \rightarrow 2x_1 + x_2 \leq 9$

$5x_1 + 4x_2 \leq 29 \rightarrow 5x_1 + 4x_2 \leq 29$

$x_2 >= 5 \quad x_2 >= 2$

$x_1 <= 1 \quad x_1 <= 2$

$x_1 >= 0, x_2 >= 0 \rightarrow x_1 >= 0, x_2 >= 0$

$F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max \rightarrow F = 27x_1 + 21x_2 \rightarrow \max$

При решении подзадачи 1.4.2. — поиск не может найти подходящего решения.

При решении подзадачи 1.4.1. в Excel добавим ограничение  $x_2 <= 1$ .

В результате получим:  $x_1 = 1, x_2 = 6, F_{\max} = 153$

Таким образом, значение 153 является новым текущим целочисленным рекордом, отменяющим прежний рекорд 144.

Оптимальным решением этой задачи будет  $F_{\max} = 153$ , при  $x_1 = 1, x_2 = 6$ .

Следует отметить, что никаким округлением решения вспомогательной задачи № 1 ( $x_1 = 2,3, x_2 = 4,3$ ) в принципе невозможно получить оптимальное решение  $x_1 = 1, x_2 = 6$ .

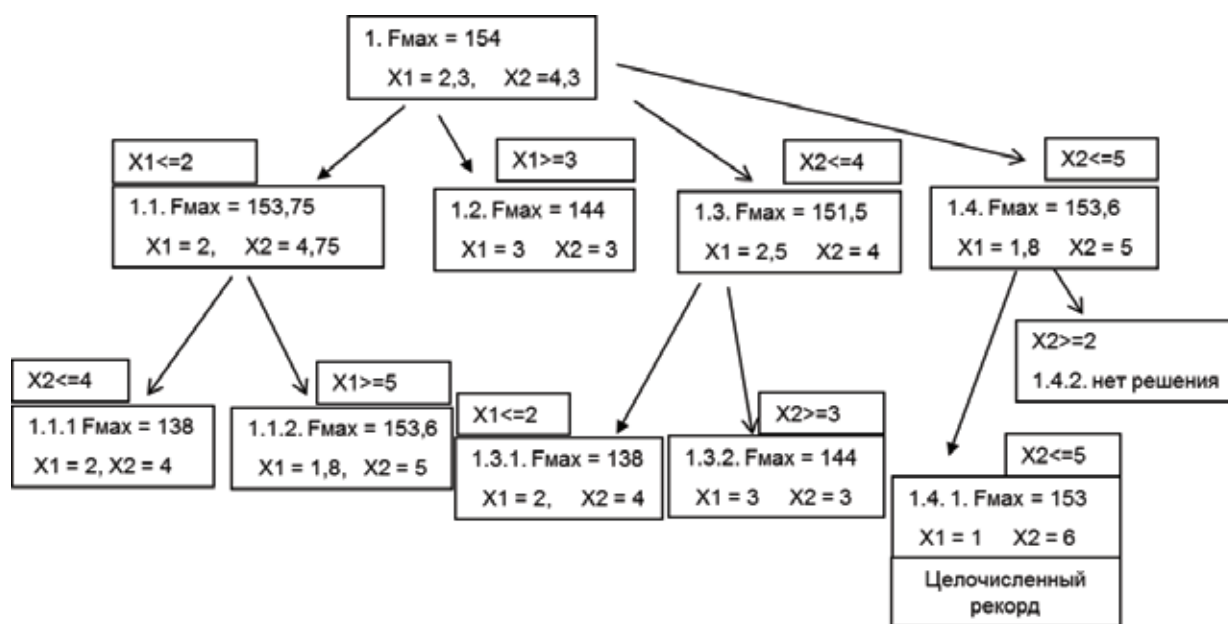


Рис. 1. Алгоритм «метода ветвей и границ» Дерево решений

Литература:

1. Гармаш, А.Н., Орлова И.В. Математические методы в управлении: Учебное пособие. — М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2014. — 272 — с.
2. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / Гатаулин А.М., Гаврилов Г.В., Сорокина Т.М. и др.; Под ред. А.М. Гатаулина. — СПб.: ООО «ИТК ГРАНИТ», 2009. — 432 с.
3. Савиных, В.Н. Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Савиных. — Новосибирск: СГГА, 2007. — 219 с.
4. Алексеев, Г.В. Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация [Электронный ресурс]: учебное пособие / Алексеев Г.В., Холявин И.И. — С.: Вузовское образование, 2013. 195— с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16905>. — ЭБС «IPRbooks».

## Встраивание CSS-стилей в HTML-документы

Смаглий Глеб Дмитриевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

**HTML** (от англ. HyperText Markup Language — гипер-текстовый язык разметки) — формальный теговый язык описания разметки документов. HTML удобен и часто используется для задания общей структуры документа, в то время как стилизация отдельных элементов происходит с помощью стилей CSS. CSS (от англ. Cascading Style Sheets — каскадные таблицы стилей) — формальный язык описания стилизации документа, записанного с помощью языков форматирования (например, HTML или XUL). CSS может подключаться к HTML документу двумя принципиально различными способами: как отдельные таблицы стилей внутри заголовка HTML документа или отдельным файлом (внешние таблицы стилей) и в атрибуте `style` требующих стилизации элементов — то есть быть встроенными (`inline`). Часто HTML документы используются для передачи в почтовых сообщениях, потому что повышают информативность электронных писем, особенно рекламных и новостных. Однако, многие почтовые клиенты (более 50% рынка почтовых клиентов) не имеют возможности отображения внешних CSS, хотя имеют возможность корректно отображать встроенные элементам стили.

### Способы передачи в сети почтовых сообщений

Электронные почтовые сообщения часто отправляются с помощью SMTP-протокола. Данный протокол зачастую работает по протоколу 25 в сетях TCP/IP.

SMTP-сообщение содержит поле DATA, в котором может находиться любая текстовая информация, в том числе форматированная или стилизованная. Таким образом, отображение данных писем полностью зависит от принимающего их почтового клиента. Очень часто в письмах, особенно с рекламой или новостями используются форматирование и стилизацию, поскольку они повышают их читаемость и информативность.

### Передача HTML в почтовых сообщениях

Каждое почтовое HTML-сообщение является набором элементов — сущностей, описанных в стандарте. Каждый элемент может иметь ноль или более атрибутов, определяющих те или иные характеристики отображения. В том числе может быть определен и атрибут `style`, значением которого являются перечисленные через точку с запятой правила CSS.

### Использование CSS

Как уже было сказано, CSS — формальный язык описания стилизации форматированных документов. В CSS

задаются различные правила для стилизации элементов документа с помощью нотации «название: значение;». Если CSS подключается как внешний к документу, то также необходимо использовать CSS-селекторы для выбора элементов, к которым применятся соответствующие правила. Если же CSS используется внутри атрибута `style`, то писать селекторы не нужно. Идея CSS заключается в использовании принципа DRY (от англ. Don't Repeat Yourself), который позволил бы отделить форматирование, как структуру, от стилизации документа.

### Подключение CSS к HTML

Спецификациями CSS и HTML предоставляются три различных способа подключения CSS стилей к документу, который они описывают:

1. Если предпочтительнее использовать отдельный файл для таблиц стилей, то путь к файлу с таблицами стилей заносится в атрибут `href` элемента и все правила CSS, находящиеся в файле, действуют на весь html документ согласно соответствующим CSS-селекторам. Например:

```
2. ...<head>...<link href=«styles-file.css»
rel=«stylesheet» type=«text/css»>...</head>...
```

3. Возможно указание таблиц стилей CSS и комментариев к ним прямо в документе, внутри элемента `style`. Действие этих стилей также согласно соответствующим CSS-селекторам на весь документ. Например:

```
4. ...<head>...<style type=«text/css»> /* CSS-стили
*/ </style>... </head>...
```

5. Возможно указание правил стилизации применительно лишь к одному элементу с помощью HTML атрибута `style`. Например:

```
...<div style=«font-size: 14px;»>...</div>...
```

В первых двух случаях говорят о том, что на весь HTML-документ действуют внешние (подключенные) таблицы стилей, а в последнем случае говорят, что стили находятся `inline` (или `inline`) по отношению к некоторому элементу.

### Проблема вычистки подключенных стилей

Несмотря на распространенность HTML в почтовых клиентах, многие почтовые клиенты удаляют CSS, подключенный любым из первых двух перечисленных способов.

Происходит это из соображений того, что письмо, во-первых, должно быть самодостаточным, то есть не зависеть от сторонних подключаемых файлов, а, во-вторых, из-за того, что некоторые разработчики почтовых кли-

ентов считают, что пользовательские стили могут конфликтовать с их собственными (если технологически клиент сделан с использованием CSS стилей). Таким образом, мы лишаемся мощного инструмента контроля отображения во многих клиентах, а также это вынуждает нас отходить от принципа DRY, столь удобного в разработке программного обеспечения.

### Возможные способы решения проблемы

Среди способов решения данной проблемы можно выделить следующие:

а. Встраивание CSS-стилей соответствующим элементам вручную.

– Плюсы: простота реализации.

– Минусы: нарушение принципа DRY, много ручной работы, возможность человеческой ошибки.

б. Изменение отображения сообщения на стороне принимающего.

– Плюсы: максимальный контроль над отображением.

Минусы: необходимо влиять на платформу принимающего. Часто нет такой возможности.

с. Автоматическое встраивание CSS-стилей HTML-элементам на стороне отправителя.

– Плюсы: приемлемый контроль над отображением у конечного пользователя.

– Минусы: сложность работы с HTML.

Оценивая плюсы и минусы, можно сделать вывод, что способ с автоматическим встраиванием стилей на стороне отправителя является наиболее подходящим для решения предложенной проблемы.

Рассмотрим пример программы для автоматического встраивания стилей соответствующим HTML-элементам путем выбора их с помощью указанных CSS-селекторов. Поскольку, как было упомянуто, HTML является сложным для обработки языком в силу неопределенности части спецификации, то после исследований возможностей трансляторов по обработке HTML было принято решение использовать клиент-серверный подход (с использованием веб-браузера) для решения данной проблемы. Задачей сервера в данном случае является анализ CSS-текста с использованием библиотеки для генерации трансляторов формальных языков ANTLR4 и генерация структуры, согласно которой затем будет происходить автоматическое встраивание текста клиентской JavaScript-программой в веб-браузере. Задачей же клиентской программы является, во-первых, быть точкой входа для пользователя, а во-вторых, непосредственно встраивание стилей в HTML-документ с помощью программного интерфейса веб-браузера и дальнейшая отдача результирующего HTML.

### Структура решения

Общую структуру приложения можно представить в следующем виде:

– *Серверная часть.* Основная задача серверной части — анализ формального языка CSS с целью создать структуру данных с правилами встраивания. Также необходима для передачи статических ресурсов — файлов с HTML и Javascript, требуемых для работы клиентского приложения.

– *Клиентская часть.* Основная задача клиентского приложения — произвести встраивание стилей в HTML-документ. Также клиентское приложение служит входной точкой для пользователя.

Типичный цикл работы программы можно представить следующим образом:

1. В клиентском приложении с помощью интерфейса вводятся код HTML документа в текстовом виде и код CSS файла также в текстовом виде.

2. CSS-код отправляется на сервер для дальнейшего анализа.

3. Серверное приложение осуществляет анализ пришедших ему CSS-стилей и отвечает структурой данных (и кодом 200 — «успех»), необходимой для встраивания. Если же случается какая-либо ошибка, то возвращаемый ответ будет содержать код 500 («внутренняя ошибка сервера») и текст ошибки.

4. Клиентское приложение использует полученную структуру для непосредственного встраивания стилей.

5. В специальном месте интерфейса выводится текст HTML-документа со встроенными соответствующим элементам CSS-стилями. Возможно дальнейшее использование данного текста.

### Работа серверного приложения

Анализ CSS-кода происходит с помощью библиотеки ANTLR4 и разработанной для нее грамматики, записанной в расширенной нотации Бэкуса-Наура, требуемой для того, чтобы разобрать текст на следующие сущности:

– *StylingSheet* — стилевая таблица. Содержит строку — значение CSS-селектора, которое нужно затем для выбора HTML-элемента, которому будут встроены CSS-стили, а также коллекцию элементов типа *StylingRule*.

– *StylingRule* — стилевое правило. Содержит в себе название, значение, а также флаг важности правила. Необходимо для непосредственного создания строки встроженных стилей конкретного элемента.

Данные сущности связаны в грамматике для транслятора ANTLR следующим образом:

```
StylingSheet: SheetSelector '{' StylingRulesBlock '}';
StylingRulesBlock
: StylingRule
| (StylingRule ';' ) *
| StylingRule (';' StylingRule) *;
StylingRule: StylingRuleName ':' StylingRuleValue;
SheetSelector: ID;
StylingRuleName: ID;
StylingRuleValue: ID
```

ID: ( [A-Za-z0-9\-\=\ \ / \ \ \* ] | ANY\_STRING ) + ;

Где запись « [A-Za-z0-9\-\=\ \ / \ \ \* ] » обозначает символы все латинские символы любого регистра, а также цифры и знаки «=», «-», «\*», «/» и «[», а запись через «|» означает «или», а «+» в конце правила обозначает «как можно большее число раз, при этом хотя бы один» (жадный алгоритм). Отсылка ANY\_STRING — пра-

вило лексического анализатора, соответствующее любой строке. Описание этого и некоторых других лексических правил исходит из спецификации CSS3.

Данная грамматика ANTLR позволяет получить синтаксическое дерево нужного нам формата, а затем преобразовать и передать клиентскому приложению необходимую структуру для встраивания стилей.

**Работа клиентского приложения**

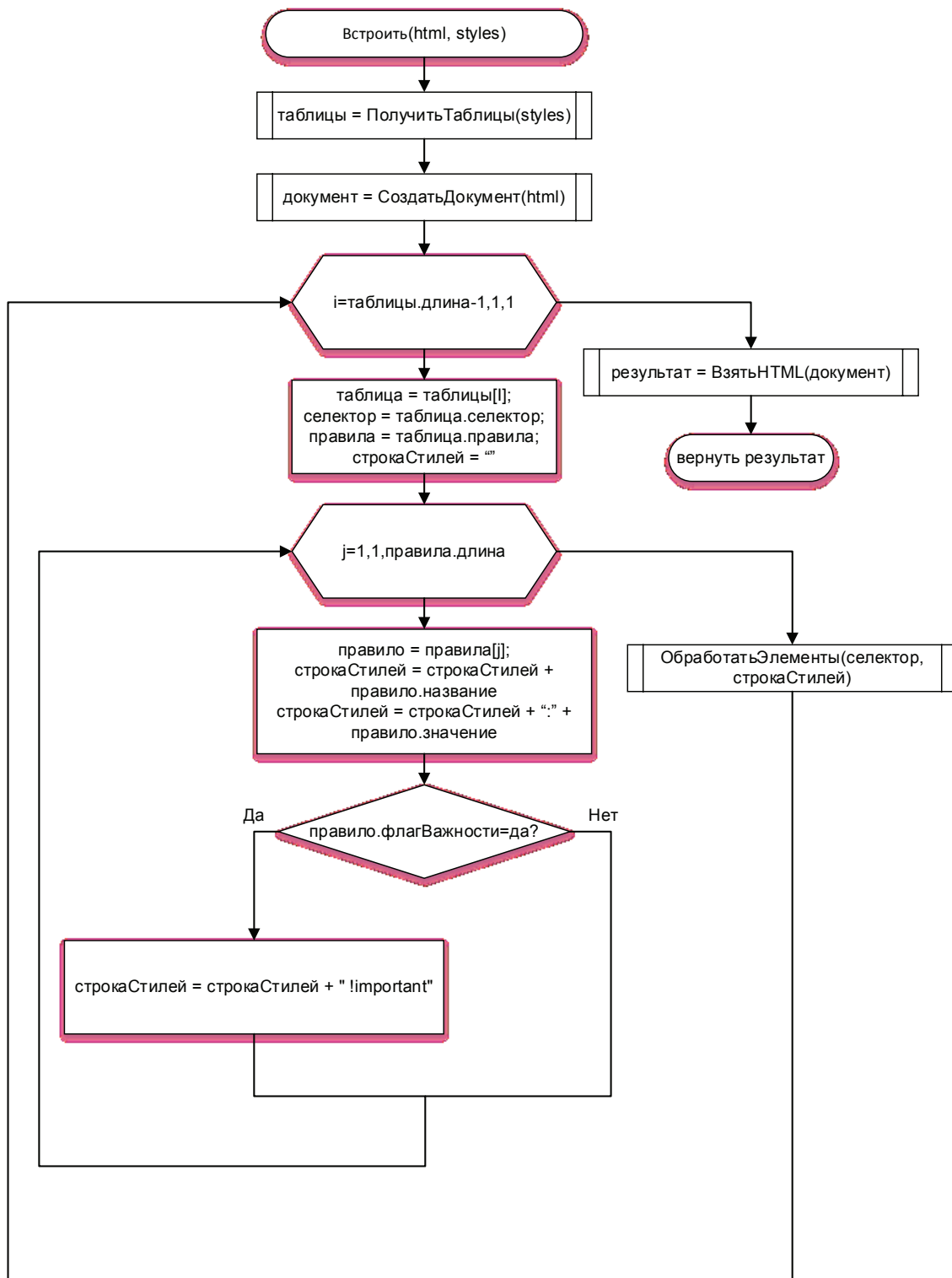


Рис. 1. Схема работы функции Встроить

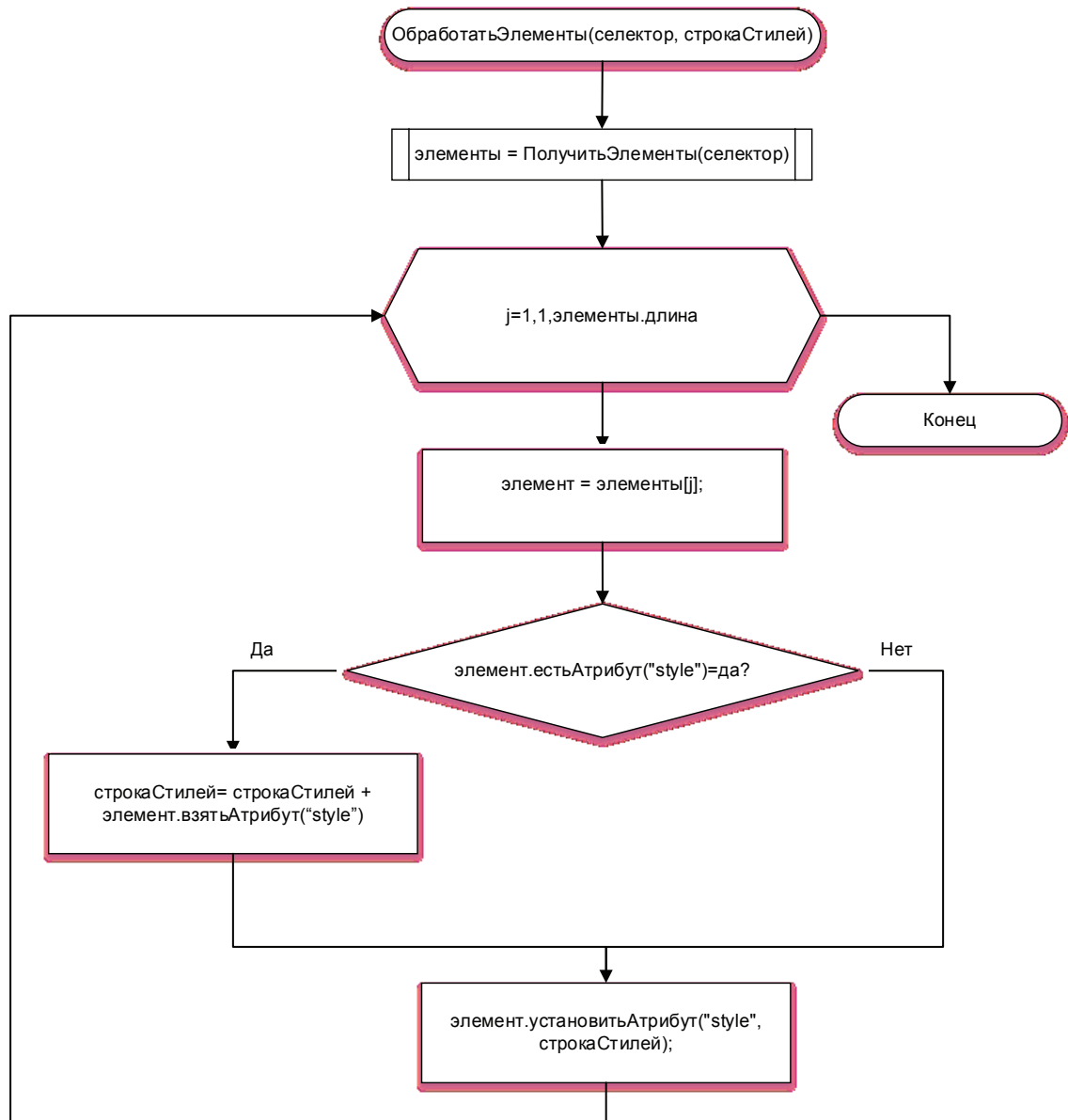


Рис. 2. Схема работы функции Обработать Элементы

Как видно из схемы на рисунке 1, клиентское приложение по протоколу HTTP получает структуру (в подпроцессе Получить Таблицы) для дальнейшего прохода по ней и встраивания стилей соответствующим элементам. Для создания необходимого дерева объектов из HTML-кода создается элемент типа iframe внутри подпроцесса Создать Документ и возвращает документ, соответствующий данному HTML-коду. Непосредственно выбор элементов и встраивание происходят в подпроцессе Обработать Элементы, схема работы которого представлена на рисунке 2.

Важно отметить, что если у элемента уже есть стили в атрибуте style, то новые стили будут добавлены перед

ними, что обеспечивает необходимый приоритет следования и применения стилей.

**Заключение**

Была рассмотрена важность использования CSS и HTML при отправке электронных писем, различные способы подключения CSS-стилей к HTML документам, а также проблема удаления большей частью почтовых клиентов подключаемых стилей CSS. Были предложены варианты решения проблемы и рассмотрена реализация клиент-серверной программы для автоматического встраивания CSS соответствующим HTML-элементам.

**Литература:**

1. Бен Хеник. HTML и CSS. Путь к совершенству / Бен Хеник. — Питер, 2011. — 336
2. Terence Parr. The Definitive ANTLR 4 / Terence Parr — The Pragmatic Bookshelf, 2013. — 325 с.



## Устройство насыпи земляного полотна на слабом основании с применением геосинтетических материалов

Смирнов Денис Олегович, магистрант;  
 Степанец Виктор Георгиевич, кандидат технических наук, доцент  
 Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

*В статье кратко рассматривается проблема устройства насыпи земляного полотна через болото и на участках со слабыми грунтами. Применение прослоек из геосинтетических материалов (разделительные и армирующие) в основании или нижней части земляного полотна.*

**Ключевые слова:** геосинтетические материалы, геотекстильный материал — Геоспан ТН, геосетка — Геоспан-СПД

Земляные работы являются важной частью единого технологического комплекса работ по сооружению автомобильной дороги.

При составлении ППР особое внимание должно быть уделено:

- уточнению методов работ, выбора средств механизации и комплектования отрядов и подразделений с учетом количества и структуры парка машин и механизмов, имеющегося в строительной организации;
- детальному расчету потребности трудовых и материально-технических ресурсов;
- привязке типовых технологических карт и разработке новых на сложные виды работ и на работы, выполняемые по новым методам или новыми машинами.

При производстве земляных работ должны применяться способы и средства механизации, обеспечивающие выполнение заданных объемов работ в установленные

сроки с высоким качеством, наименьшей стоимостью и трудоемкостью.

Выбор способов работ и средств механизации на отдельных участках производится методом вариантного проектирования на основе расчета и сопоставления показателей экономической эффективности вариантов механизированного выполнения работ в установленные сроки.

Наряду с показателями приведенных затрат необходимо учитывать показатели продолжительности и трудоемкости механизированных работ.

В стандартных технологических картах по возведению насыпи земляного полотна на болотах I типа используется технология замены слабого грунта путем механического, взрывного или гидравлического выторфовывания [1].

В данной статье рассмотрено следующее конструктивно-технологическое мероприятие:

**Таблица 1. Свойства геоматериалов Геоспан ТН**

№ п/п	Наименование показателей	Геоспан, типы по СТО 83 8890-002-18603495-2009					
		ТН11	ТН20	ТН33	ТН40	ТН50	ТН80
1	Минимальная прочность до разрыва, R <sub>p</sub> , кН/м (не менее)	11,00	20,00	33,00	40,00	50,00	80,00
	По длине	11,00	22,00	33,00	30,00	50,00	80,00
	По ширине						
2	Максимальное удлинение до разрыва, не более,%	29	25	30	30	25	20
	По длине	30	30	30	30	20	20
	По ширине						
3	Промежуточное удлинение при 25% нагружения до разрыва, не более,%	5	6	7	6	8	7
	По длине	4	8	8	7	6	7
	По ширине						
4	Коэффициент фильтрации, не менее, м/сут. при давлении:	5,5	5,5	6	7	11	11
	2 кПа	1,5	2,0	3,5	4	7	7
	20 кПа	1,2	1,5	1,5	1,7	4,5	4,5
	100 кПа						

Таблица 2. Свойства геоматериалов Геоспан-СПД

№ п/п	Наименование показателей	Геоспан, типы по СТО 83 8890-002-18603495-2009		
		СПД-20	СПД-30	СПД-40
1	Минимальная прочность до разрыва, $R_p$ , кН/м (не менее)			
	По длине	20,00	30,00	40,00
	По ширине	20,00	30,00	40,00

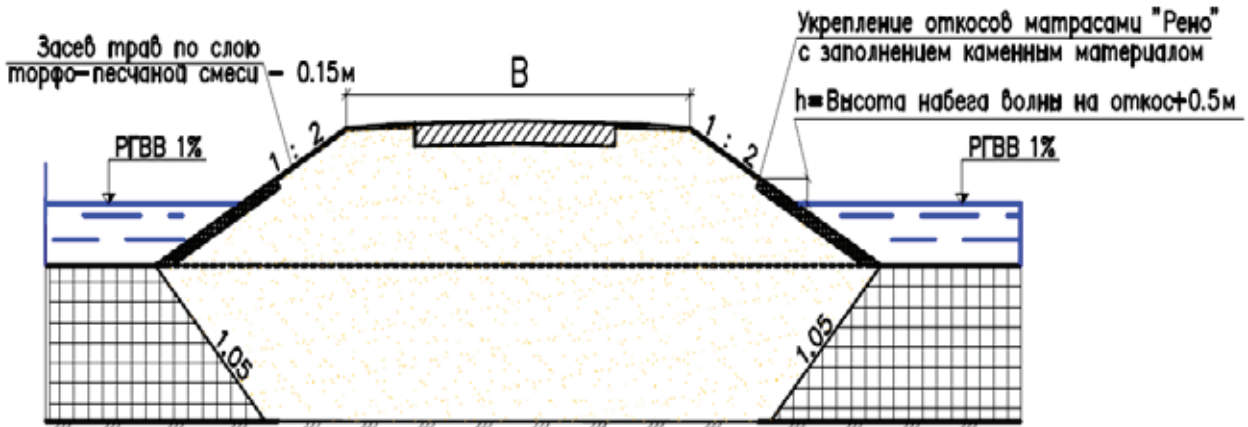


Рис. 1. Тип 1 (полное выторфовывание)

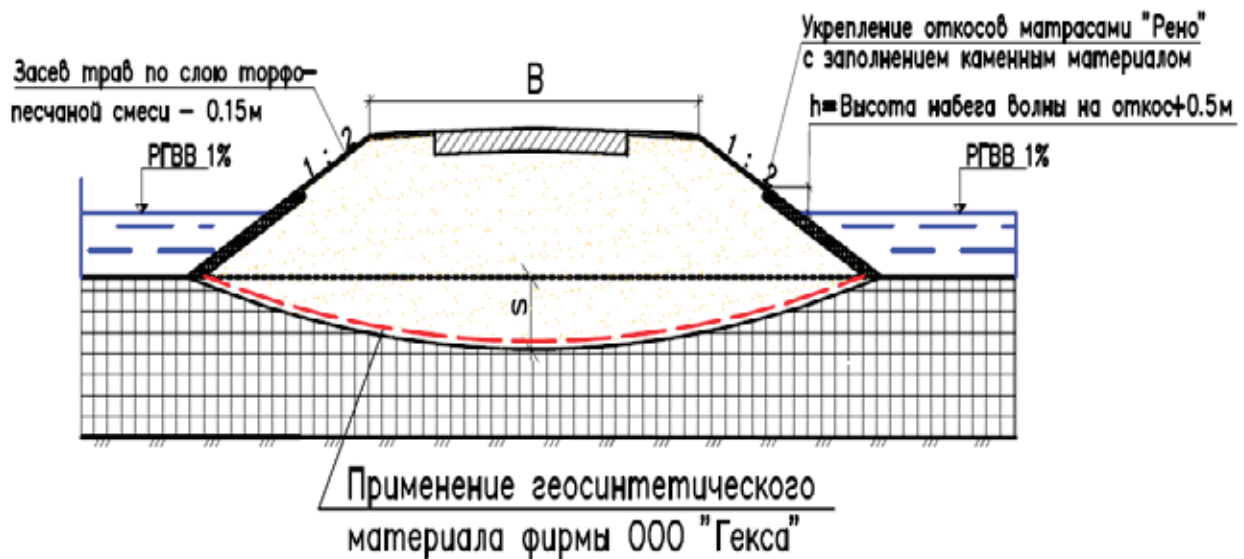


Рис. 2. Тип 2 (применение геоматериалов)

— отсыпка насыпи з.п. с использованием в основании геосинтетических прослоек.

Основные функции геосинтетических материалов фирмы ООО «Гекса»:

Геотекстильный материал «Геоспан ТН»

— Разделение слоев — геотекстиль предотвращает взаимопроникновение материалов, контактирующих в разделительных и технологических прослойках;

— Армирование — геотекстиль поглощает статические и динамические растягивающие нагрузки, предот-

вращая местные повреждения, увеличивая модуль упругости и сдвигоустойчивость устраиваемых слоев;

— Капиллярпрерывание — геотекстиль уменьшает деформации от морозного пучения грунта.

Геосетка «Геоспан-СПД»:

— Разделение слоев — геоспан-СПД предотвращает проникновение материалов в другой технологический слой;

— Армирование — геоспан-СПД предотвращает или замедляет процессы эрозии и укрепляет слабые грунты;

Таблица 3. Результат расчета конструкции, армированной тканым геотекстилем Геоспан ТН и геосеткой Геоспан-СПД

№ слоя	Наименование	Толщина слоя, см	Показатель прочности			
			Критерий	Допустимое значение, МПа	Фактическое значение, МПа	К пр
1	Асфальтобетон горячий плотный тип А на вязком битуме БНД марки: 90/130 E=2400 МПа	5	Упругий прогиб	200,000	289,296	1,446
2	Асфальтобетон горячий пористый крупнозернистый на вязком битуме БНД марки: 90/130 E=1400 МПа	8	Растяжение при изгибе	1,653	1,309	1,263
3	Щебеночные смеси с непрерывной гранулометрией при максимальном размере зерен С6–40 мм, E=250 МПа	16				
4	Щебеночные смеси с непрерывной гранулометрией при максимальном размере зерен С4–80 мм, E=275 МПа	24				
5	Грунт песок мелкий содержание пылева-то-глинистой фракции: 5%	240	Сдвиг	0,02063	0,02005	1,029
6	Геосинтетика Геосинтетический материал (Pr >= 20 Кн/м, Eps <= 20%)	0,2				
7	Геосинтетика Геосинтетический материал (Pr >= 20 Кн/м, Eps <= 20%)	0,155				
8	Грунт песок мелкий содержание пылева-то-глинистой фракции: 5%	10	Сдвиг	0,03095	0,00292	10,604



Рис. 3. Модель цикличности ремонтов автомобильных дорог, построенных с использованием геоматериала Геоспан

— Распределение — благодаря двусно-ориентированной структуре и жестким узлам усиления достигается распределение нагрузки между продольными и поперечными элементами [2, 3].

В основе устройства земляного полотна в слабом основании насыпи на болотах I типа представлено 2 типа поперечного профиля. 1 тип — насыпь высотой 3,00–6,00 м на участках подтопления (при наличии слабых грунтов

в основании) (рис. 1). 2 тип — насыпь высотой 3,00–6,00 м на участках подтопления (при наличии слабых грунтов в основании) (рис. 2), но уже с применением двух слоев геоматериалов: геосетки Геоспан-СПД и геотекстиля Геоспан ТН.

Производим расчет армированной конструкции дорожной одежды (тип 2) в программе Robur-Roadbed 4.3 LRF demo [4, 5, 6].

Исходные данные:

- дорога располагается в I дорожно-климатической зоне;
- категория автомобильной дороги — III;
- заданный срок службы дорожной одежды —  $T_{сл} = 12$  лет;
- заданная надежность  $K_n = 0,92$ ;
- минимально допустимый модуль упругости — 200 МПа;
- интенсивность движения на конец срока службы  $N_p = 4500$  авт/сут;
- приращение интенсивности  $q = 1,05$ .
- грунт рабочего слоя земляного полотна — песок пылеватый;
- расчетная нагрузка на ось — 140 кН;
- давление в пневматике  $p = 0,6$  МПа;
- диаметр отпечатка: для движущегося колеса — 39 см, для неподвижного колеса — 35 см.

Литература:

1. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03–85\*. ЗАО «СоюздорНИИ». — М., 2013. — 107 с.
2. ГОСТ Р 53225–2008 Материалы геотекстильные. Термины и определения. ФГУП «РосДорнии». — М., 2009. — 15 с.
3. ГОСТ Р 55028–2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения. АНО «НИИ ТСК». — М., 2013. — 12 с.
4. МОДН 2–2001 Межгосударственные отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд. ФГУП «Союздорнии». — М., 2002. — 148 с.
5. ГОСТ 33149–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог в сложных условиях. ФГУП «РосДорнии». — М., 2014. — 82 с.
6. А. Г. Малофеев, Шевцова И. А. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Современные методы проектирования автомобильных дорог и городских улиц». СибАДИ. — Омск., 2012. — 67 с.

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Данная конструкция обладает всеми прочностными параметрами в пределах допустимого значения, а также обеспечивает эффективную работу и несущую способность земляного полотна на болоте I типа.

Благодаря использованию геотекстиля и геосетки удалось избежать процесса выторфовки, а также минимизировались затраты на земляные работы и вывоз торфа, но, главное, существенно сократилось время строительства. Кроме того, данная технология обеспечивает более высокие прочностные характеристики дорожного полотна, что увеличивает межремонтный период эксплуатации дороги, как показано на модели цикличности ремонтов автомобильных дорог (рис. 3):

Геоткань «Геоспан ТН» и геосетка «Геоспан-СПД» служат для армирования оснований и разделения конструктивных слоев автомобильных дорог, что особенно эффективно на слабых грунтах.

## Основы долговечности геосинтетических материалов под влиянием агрессивных сред

Соколов Владислав Дмитриевич, студент  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*В работе рассматриваются геосинтетические материалы и зависимость их долговечности от агрессивных сред. Делается вывод, о том, материалы из какого сырья лучше использовать в кислотной среде, а из какого в щелочной. Рассматривается одна методика определения стойкости геосинтетиков к агрессивным средам.*

**Ключевые слова:** геосинтетические материалы, долговечность геосинтетических материалов, агрессивные среды, воздействие агрессивных сред

В последние годы внедрению новых геосинтетических материалов, а также применению конструкций с ними, в дорожном строительстве уделяется немалое внимание [1,86; 2,34; 3,130; 4,234]. Связано это с относительно не высокой стоимостью внедрения геосинтетиков,

малой стоимостью их содержания, а также прогнозируемым более высоким сроком эксплуатации сооружения с ними. Рост виден на примере 2014 года, на протяжении которого общий объём использованных геосинтетических материалов при строительстве автодорог, а также соору-

жений связанных с ними составил более 700 тыс. м<sup>2</sup>, а выделено на это было более 782 млн. руб. При правильном применении геосинтетики позволяют предотвратить смешивание слоёв дорожной одежды (например, чтобы песок и грунт не смешивались друг с другом, используется про-

слойка из геотекстиля), снизить просадку насыпей и образование колеи и трещин (для равномерного распределение давления от транспортных средств между слоем песка и щебня укладывается георешётка, армирующая дорожное полотно)[5,46; 6,103; 7,328; 8,34]. Это видно на рисунке 1.

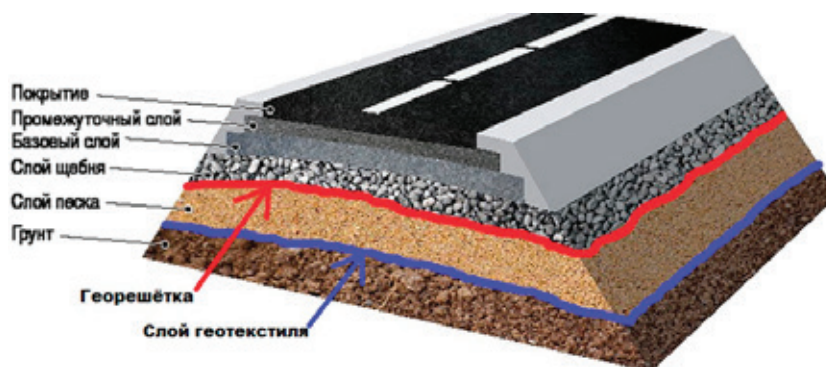


Рис. 1

Целесообразно сделать вывод о значительном преимуществе геосинтетических материалов в дорожном строительстве, но их долговечность вызывает вопрос, что в свою очередь требует исследований и соответствующей оценки срока их службы [9,57; 10,217; 11,68; 12,144; 13,110]. Проблема в том, что опыт использования геосинтетики при строительстве в одном из регионов России показал, что дороги с их использованием в первые 3 года показывают себе лучше (объём трещин был в 2 раза меньше, чем на участках дорог без геосинтетики), но после трёх лет участки становились примерно одинаковыми. Возможно, это связано с разрушением самих геосинтетических материалов. Поэтому проблема долговечности геосинтетических материалов и методов её оценки является актуальной. На долговечность геосинтетических материалов влияют многочисленные факторы, определяющие ухудшение их свойств. Одними из них являются физико-химические факторы (действие света, агрессивных сред и др.). Вследствие чего целью этой статьи является

исследование методов оценки долговечности геосинтетических материалов подверженных одному из внешних воздействий, а именно — влиянию агрессивной среды.

**Основная часть**

Чтобы оценить влияние агрессивных сред на долговечность геосинтетических материалов необходимо сделать анализ химического состава грунта, который может зависеть от климата местности (температуры окружающей среды, количества воды в этом грунте), а также от пород, лежащих поблизости. Химическое воздействие оказывается существенным, если оно происходит на исходный материал, что в свою очередь ведёт к потере его механических свойств и быстрой утрате прочности. В большинстве случаев это происходит под действием процесса окисления или гидролиза. Какой процесс будет проявляться в большей степени, зависит от самого геосинтетика и кислотности или щелочности грунта (рН-фактора — Табл. 1). [3]

Таблица 1

	Кислотный грунт	Нейтральный грунт	Щелочной грунт
рН	<7	7	>7

Кроме того, как описано выше долговечность геосинтетического материала также зависит от него самого (например, из какого сырья он сделан). Характеристики геосинтетических материалов приведены в таблице 2.

Как видно в таблице, полиэфир является хорошим видом сырья для изготовления геосинтетических материалов, которые используются в слоях основания дорожной одежды и земляного полотна. Кроме того, необходимо уменьшить использование геосинтетиков из полиамида в кислотных средах (с рН<5,0), а из поли-

пропилена — в условиях действия долгой сильной нагрузки, из полиэфира — в щелочных средах (с рН≥9) и при контакте со слоями, содержащими известь и цемент.

**Методика определения стойкости геосинтетиков к агрессивным средам**

Исследовав документы рекомендательного характера, посвящённые методике определения долговечности гео-

Таблица 2

Показатели	Сырье		
	Полиэфир	Полиамид	Полипропилен
Водостойкость	Хорошая	Снижение прочности до 30% при увлажнении	Хорошая
Биостойкость	Хорошая	Хорошая	Хорошая
Стойкость к действию кислотных и щелочных сред	Снижение прочности в щелочной среде с $pH \geq 9$	Дополнительное снижение прочности при $pH$ среды менее 5,5	Хорошая
Светостойкость	Хорошая	Плохая	Плохая
Механические свойства волокон	Хорошие	Хорошие	Низкая длительная прочность

синтетических материалов, можно выделить метод, определяющий стойкость к агрессивным средам.

Суть методики заключается в определении изменения механических характеристик геоматериалов после воздействия на них агрессивных сред: растворов щелочей и кислот. Методика основана на определении стойкости к кислотным и щелочным воздействиям при полном погружении образцов в жидкость. Она может применяться для оценки воздействий и других агрессивных сред. Емкость, в которую помещается материал, показана на рисунке 2.

Для исследования берутся следующие агрессивные среды:

- Раствор кислот: 0,025М серная кислота с добавлением сульфата трехвалентного железа и сульфата железа;
- Раствор щелочей: гидроксид кальция в виде насыщенной суспензии.

Помещают образцы (длина образца не менее 500 мм, ширина не менее 50 мм) в емкостях в термостат, и на 72 часа оставляют при температуре плюс 60°C. После материал охлаждают, промывают, сушат и проводят испытания образцов на растяжение.

Далее вычисляют показатель стойкости геосинтетических материалов к действию агрессивных сред (сохранение прочности) по формуле:

$$C_{\text{агр}} = \frac{\alpha_{\text{агр}}}{\alpha_0} * 100 \%$$

где  $\alpha_{\text{агр}}$  — прочность при растяжении образца после воздействия агрессивной среды, кН/м;  $\alpha_0$  — прочность при растяжении образца до воздействия агрессивной среды, кН/м.

Результатом испытаний принимаю среднее арифметическое  $C_{\text{агр}}$ , полученных в ходе пяти испытаний. В этом заключается методика определения стойкости геосинтетиков к агрессивным средам. Полученные результаты можно использовать для вычисления долговечности геосинтетических материалов.

### Выводы

Рассмотрев документы рекомендательного характера разных годов: ОДМ 218.5.006–2010; ОДМ 218.2.047–2014, а также ГОСТ Р 55035–2012 под редакцией Е.С. Котлярова, приходим к выводу о том, что все методы оценки долговечности геосинтетических материалов, подверженных влиянию агрессивной среды основаны на воздействии на исследуемый образец кислотами или щелочами, и сравнения его свойств после воздействия со свойствами такого же образца, не подверженного влиянию агрессивной среды. Благодаря этому можно

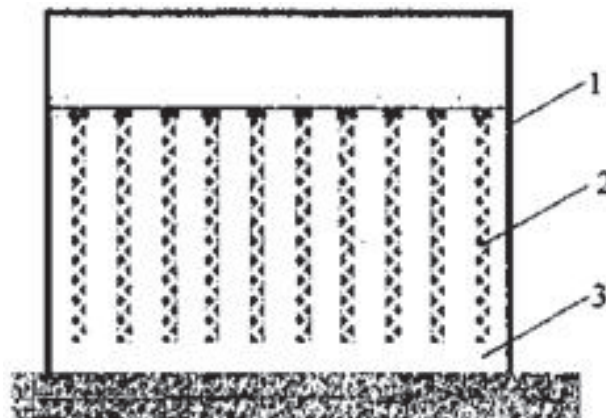


Рис. 2. 1 — емкость для испытания; 2 — образцы; 3 — агрессивная среда

будет более точно прогнозировать долговечность геосинтетиков при контакте с такой средой, а также выявлять из какого сырья геосинтетик нужно использовать для данных условий. Таким образом проблема долговечности геосин-

тетических материалов и методов её оценки является актуальной, а на долговечность геосинтетических материалов влияют многочисленные факторы, определяющие ухудшение их свойств.

Литература:

1. Фомина, Р. Геоматериалы: практика применения в России // Дороги. Инновации в строительстве. — 2015. — № 43. — с. 86.
2. ОДМ 218.2.047–2014 // 2014. — с. 69.
3. Лазарев, Ю.Г. Транспортная инфраструктура (Автомобильные дороги). Монография — LAP LAMBERT, Германия: 2015. 173 с.
4. Лазарев, Ю.Г., Новик А.Н., и др., Изыскания и проектирование транспортных сооружений: Учебное пособие /Ю. Г. Лазарев, А.Н. Новик, А.А. Шибко, В.Г. Терентьев, С.А. Сидоров, С.А. Уколов, В.А. Трепалин / СПб.: ВАТТ, 2008. 392 с.
5. Лазарев, Ю.Г. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог / Ю.Г. Лазарев, Д.Л. Симонов, А.Н. Новик/ Техничко — технологические проблемы сервиса. СПб.: 2016. № 1 (35). с. 43–47.
6. Лазарев, Ю.Г., Громов В.А. Современные требования к обеспечению потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог // В сборнике: Инновационные технологии в мостостроении и дорожной инфраструктуре. Материалы межвузовской научно-практической конференции. 2014. с. 102–109.
7. Лазарев, Ю.Г., Строительство автомобильных дорог и аэродромов: Учебное пособие. / Ю.Г. Лазарев, А.Н. Новик, А.А. Шибко, С.В. Алексеев, Н.В. Ворончихин, А.Т. Змеев, С.А. Уколов, В.А. Трепалин, С.В. Дахин, В.Т. Колесников, Д.Л. Симонов // СПб.: ВАТТ. 2013. 528 с
8. Ватин, Н.И., Производство работ. Определение продолжительности строительства воднотранспортных сооружений/ Н.И. Ватин, Г.Я. Булатов, Т.Ф. Морозова, А.В. Улыбин// Учебное пособие: СПб, СПбПУ, 2013. 116 с.
9. Лазарев, Ю.Г., Собко Г.И. Реконструкция автомобильных дорог: Учебное пособие. СПб. 2013. 93 с.
10. Ермошин, Н.А. Эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие военно-автомобильных дорог: Учебник / Н.А. Ермошин, Ю.Г. Лазарев, С.В. Алексеев, В.Г. Лунев, Б.Г. Ашуркин, А.Н. Новик, В.А. Трепалин, Д.Л. Симонов, В.Т. Колесников/ СПб: ВАТТ, 2015. 312 с.
11. Рустенбек, С.Д. Формирование базы данных для тестирования дорожных одежд/ С.Д. Рустенбек, Д.Ю. Кириллова, Ю.Г. Лазарев// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2–2. с. 68–72.
12. Лазарев, Ю.Г., Обоснование деформационных характеристик укрепленных материалов дорожной одежды на участках построечных дорог. / Ю.Г. Лазарев, П.А. Петухов, Е.Н. Зарецкая/ Вестник гражданских инженеров. 2015. № 4 (51). с. 140–146.
13. Лазарев, Ю.Г., Громов В.А., Анализ условий создания предприятий и организаций производственной базы дорожного строительства. Вестник гражданских инженеров. 2014. № 1 (30). с. 109–111.

## Анализ видов виброполосы с позиции обеспечения дорожной безопасности

Соловьёва Анастасия Александровна, студент  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*В статье рассмотрена виброполоса как техническое средство для обеспечения дорожной безопасности. Проведен анализ видов полос по месту расположения и типу изготовления. Выявлены преимущества и недостатки их использования.*

**Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, автомобильная дорога, виброполоса, водитель, транспортное средство

Автомобильный транспорт по сравнению с другими видами является наиболее опасным. На рис. 1 представлены данные Росстата [1,315–316; 2,17] за 2000–2014 гг. по числу происшествий и численности пострадавших в происшествиях на автомобильных дорогах и улицах. За

последние 4 года в среднем происходило 202 тыс. ДТП в год, в которых погибало 27,5 тыс. человек ежегодно, а число раненных насчитывалось 255 тыс. человек.

Одними из распространенных причин ДТП являются съезд на обочину и выезд на полосу встречного движения,

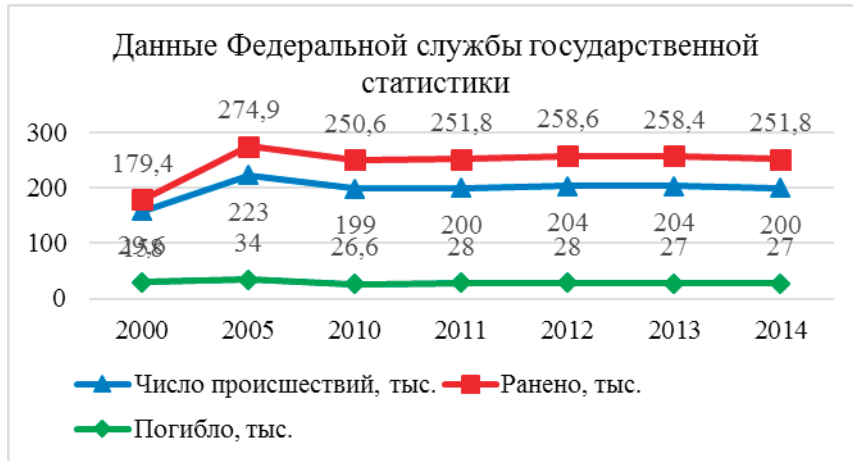


Рис. 1. Данные Росстата

особенно в темное время суток. Для обеспечения безопасности водителей на автодорогах используются технические средства организации дорожного движения, такие как дорожные знаки, разметка, светофоры, ограждения, направляющие устройства. Но их использование в таких случаях как, например, плохая видимость, невнимательность водителя или замедленная реакция на быстроизменяющиеся условия, не всегда может предотвратить ДТП, поэтому проблему использования дополнительных средств обеспечения безопасности можно считать актуальной [3,45; 4,43].

Такое техническое средство, как виброполоса с определенными геометрическими параметрами, которые создают некомфортные условия для водителя и позволяют быстро на них среагировать, приняв решение о снижении скорости и изменении направления движения, является эффективным средством для предотвращения таких ДТП как съезд на полосу встречного движения и обочину [5,103; 6,217; 7,97].

Виброполоса располагается в верхнем слое асфальтобетона дорожной конструкции (Рис. 2) [8,368; 9,53; 10,113], перпендикулярно направлению движения авто-

мобиля, с шириной, длиной волны и глубиной, обеспечивающими создание дискомфортных условий для водителя.

На рис. 3 [11,170] представлены разные формы неровностей виброполосы.

Параметры виброполосы определяются расчетным путем, для создания оптимального взаимодействия системы «виброполоса — автомобиль — водитель». По результатам исследований для грузового и легкового транспорта рекомендуется использовать следующие параметры (Рис. 4) [11,172; 12,70]:  $h$  — 50 мм;  $H$  — 200 мм;  $L$  — 150 мм;  $a$  — 150 мм. По месту расположения виброполосы можно разделить на несколько видов (Рис. 5) [11,172]:

- Краевая (прикормочная): виброполоса находится на укрепленной части обочины либо на полосе безопасности, примыкающей к разделительной полосе (слева по ходу движения транспорта) и предупреждает съезд транспорта на обочину.

- Осевая: виброполоса размещена по оси дороги двухполосных или четырехполосных дорог без разделительной полосы. Такой вид виброполосы способствует предотвращению случайного съезда автомобиля на встречную полосу движения.

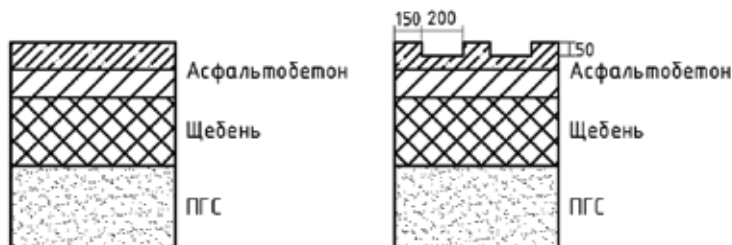


Рис. 2. Конструкция дорожной одежды без виброполосы и с виброполосой



Рис. 3. Формы неровностей виброполосы



– Средняя: виброполоса расположена по оси полосы движения на двухполосных дорогах. Преимущественно такая полоса используется тогда, когда применение осевой или краевой невозможно из-за параметров автодороги. Этот вид распространен в меньшей степени, но также является достаточно эффективным, так как его использо-

вание предотвращает непреднамеренный съезд автомобиля вправо или влево по направлению движения. Виброполоса располагается между колесами автомобиля и задает направление движения водителю. Эта отличительная черта особенно действенна в применении при движении в темное время суток или условиях недостаточной видимости.

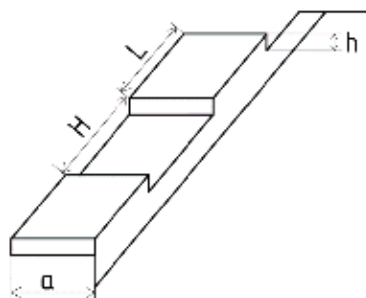


Рис. 4. Параметры виброполосы

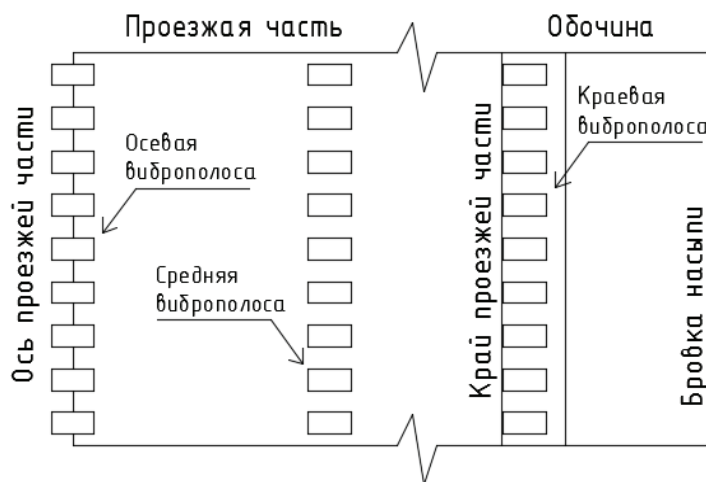


Рис. 5. Виды виброполос

По типу изготовления виброполосы делятся на фрезерованные (нанесются фрезами в виде ряда неглубоких выемок), прессованные, формованные, приподнятые (нанесются поверх дорожного полотна). Недостатком прессованных и формованных полос является способ их нанесения, который осуществляется только при горячем асфальтобетоне во время строительства автомобильной

дороги [12,72; 13,93]. Приподнятые рекомендуется использовать в странах с теплым климатом из-за быстрого износа в результате воздействия снегоуборочной техники в зимний период. Поэтому использование фрезерованных виброполос (Рис. 6), которые наносятся на существующие дороги с асфальтобетонным покрытием, является наиболее целесообразным и практичным.



Рис. 6. Фрезерованная виброполоса

При создании любых инфраструктурных объектов большое внимание уделяется безопасности жизнедеятельности человека. Повышение безопасности дорожного движения является немаловажной составляющей в процессе ее проектирования и строительства. Такое техническое средство как виброполоса призвано уменьшить число ДТП с получением серьезных травм или со смертельным исходом в случае непреднамеренного съезда с проезжей части на обочину или на полосу встречного движения, вызванного снижением внимания или засыпанием водителя. Наезжая на виброполосу, транспортное средство испытывает вибрацию, которая способствует резкому повышению внимания водителя к сложившейся опасной дорожной ситуации и предотвращению возможного несчастного случая. Учитывая отличительные особенности каждого вида полос, можно заключить, что для наших условий оптимальным вариантом изготовления виброполос является способ фрезеровки.

### Выводы

Для выбора необходимого типа полосы по месту расположения нужно оценить дорожную обстановку на определенном участке дороги. Из всех видов можно выделить краевую полосу как самую удобную и эффективную в применении, так как, располагаясь на краю обочины, она не мешает движению транспорта, как, например, осевая полоса при обгоне. С точки зрения безопасности ее использование предупреждает достаточно серьезные ДТП, так как при наезде на ограждение или съезде с полосы движения в кювет на высокой скорости водитель и пассажиры могут получить тяжелые травмы.

Таким образом, устройство виброполос является достаточно эффективным, относительно недорогим и простым средством повышения безопасности на автодорогах, и основными действенными видами можно считать краевую и осевую из-за возможности снижения числа происшествий на дорогах.

### Литература:

1. Россия в цифрах. 2015: Краткий статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). — Москва, 2015—543 с.
2. Лазарев, Ю.Г. Транспортная инфраструктура (Автомобильные дороги). Монография — LAP LAMBERT, Германия: 2015. 173 с.
3. Лазарев, Ю.Г., Новик А.Н., и др., Изыскания и проектирование транспортных сооружений: Учебное пособие /Ю. Г. Лазарев, А.Н. Новик, А.А. Шибко, В.Г. Терентьев, С.А. Сидоров, С.А. Уколов, В.А. Трепалин / СПб.: ВАТТ, 2008. 392 с.
4. Лазарев, Ю.Г. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог / Ю.Г. Лазарев, Д.Л. Симонов, А.Н. Новик/ Технико — технологические проблемы сервиса. СПб.: 2016. № 1 (35). с. 43—47.
5. Лазарев, Ю.Г., Громов В.А. Современные требования к обеспечению потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог // В сборнике: Инновационные технологии в мостостроении и дорожной инфраструктуре. Материалы межвузовской научно-практической конференции. 2014. с. 102—109.
6. Лазарев, Ю.Г., Строительство автомобильных дорог и аэродромов: Учебное пособие. / Ю.Г. Лазарев, А.Н. Новик, А.А. Шибко, С.В. Алексеев, Н.В. Ворончихин, А.Т. Змеев, С.А. Уколов, В.А. Трепалин, С.В. Дахин, В.Т. Колесников, Д.Л. Симонов // СПб.: ВАТТ. 2013. 528 с
7. Ватин, Н.И., Производство работ. Определение продолжительности строительства воднотранспортных сооружений/ Н.И. Ватин, Г.Я. Булатов, Т.Ф. Морозова, А.В. Улыбин// Учебное пособие: СПб, СПбПУ, 2013. 116 с.
8. Юшков, В.С. Виброполоса — инновационное техническое средство обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах РФ // Молодой ученый. — 2014. — № 3. — с. 367—369.
9. Лазарев, Ю.Г., Собко Г.И. Реконструкция автомобильных дорог: Учебное пособие. СПб. 2013. 93 с.
10. Ермошин, Н.А. Эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие военно-автомобильных дорог: Учебник / Н.А. Ермошин, Ю.Г. Лазарев, С.В. Алексеев, В.Г. Лунев, Б.Г. Ашуркин, А.Н. Новик, В.А. Трепалин, Д.Л. Симонов, В.Т. Колесников/ СПб: ВАТТ, 2015. 312 с.
11. Юшков, В.С., Юшков Б.С., Бургонутдинов А.М. Система активной безопасности и снижение аварийности на автомобильных дорогах // Вестник МГСУ — 2014. — № 10. — с. 168—176.
12. Рустенбек, С.Д. Формирование базы данных для тестирования дорожных одежд/ С.Д. Рустенбек, Д.Ю. Кириллова, Ю.Г. Лазарев// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2—2. с. 68—72.
13. Лазарев, Ю.Г., Сеницына Е.Б. Основы совершенствования транспортной инфраструктуры /Ю. Г. Лазарев, Е.Б. Сеницына// Технико-технологические проблемы сервиса — СПб: 2013. № 2 (24), С.92—93.

## Повышение качества работы навигационных систем подвижных наземных объектов за счет радиотехнических измерителей

Сурков Владимир Олегович, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*В статье проанализирована возможность повышения качества работы навигационной системы подвижного наземного объекта за счет введения нового радиотехнического устройства в состав системы и применения методов повышения точности используемого в настоящее время измерителя. В настоящее время повысить качество работы навигационной системы можно за счет повышения точности данных полученных от приемника спутниковой радионавигационной системы. Вопрос об использовании дифференциального режима работы спутниковой радионавигационной системы и системы на основе псевдоспутников должен решаться в зависимости от поставленным перед навигационной системой задач и иметь практическое обоснование. Системы сотовой связи, системы ближней радионавигации и наземные радиосистемы дальней навигации могут применяться в качестве резервных систем в случае кратковременного пропадания сигналов спутниковой радионавигационной системы при использовании соответствующего программного обеспечения.*

Основной радиотехническим измерителем (РТИ) навигационных систем ПНО является спутниковая радионавигационная система (СРНС), установленная на объекте в виде многоканального приемника сигналов. При пропадании данных СРНС происходит значительный рост погрешностей в определении координат местоположения, погрешности не удовлетворяют предъявляемым требованиям [1], поэтому необходимо предложить пути повышения качества работы навигационных систем (надежности, помехозащищенности, точности получаемых данных).

Рассмотренные в [2] направления повышения качества работы предполагают введение новых устройств в состав навигационной системы. В настоящее время данное направление реализуется за счет введения новых РТИ в состав системы.

Роль нового устройства, которое может быть использовано в составе навигационной системы ПНО, могут выполнять системы сотовой связи вследствие их широкого распространения в большинстве городов. Она может применяться для повышения точности позиционирования в качестве дополнительной системы с СРНС. При их использовании в зависимости от применяемой технологии определения местоположения, возможно, получить точность до 50 м. [3,4].

Возможно, так же применение наземных радиосистем дальней навигации и систем ближней радионавигации (СБРН) для получения координат местоположения в зонах, где вследствие совокупности факторов невозможна корректная работа систем сотовой связи и СРНС. Однако их использование сопряжено с недостатками, среди которых низкая точность определения дальности. Точность позиционирования зависит от скорости распространения поверхностной волны и геометрического фактора.

Повысить качество работы навигационной системы ПНО также возможно за счет повышения точности

данных получаемых от используемого в большинстве систем приемника СРНС. Точность данных возможно повысить за счет использования дифференциального режима работы и использования сигналов псевдоспутников.

Дифференциальный режим работы СРНС может быть реализован за счет специального программного обеспечения и оборудования, устанавливаемого в навигационной системе, позволяющего получать сигналы от СРНС и поправки от систем дифференциальной коррекции с дальнейшей их обработкой и выдачей уточненных данных СРНС потребителю. Дифференциальный режим работы СРНС в настоящее время широко используется в навигационных системах подвижных наземных объектов иностранного производства и позволяет снизить погрешности позиционирования [5,6]. В навигационных системах подвижных наземных объектов отечественного производства дифференциальный режим работы СРНС реализован только в серии систем ГАЛС-Д2М.

Надежная высокоточная навигация наземных средств может быть обеспечены за счет создания в локальном районе дополнительных радионавигационных полей на основе псевдоспутников (ПС). Локальные радионавигационные системы (ЛРНС) на основе псевдоспутников (ЛРНС ПС) предназначены для обеспечения высокоточной навигации в условиях затруднения приема сигналов СРНС вследствие непреднамеренных и преднамеренных помех и позволяют обеспечить точность позиционирования до 10 см за счет отсутствия у наземных псевдоспутников ионосферных и эфемеридных погрешностей. ЛРНС [7, 8], представляют собой наземные дополнения к СРНС на основе наземных ПС, излучающих сигнал, схожий по параметрам с навигационным сигналом GPS/ГЛОНАСС, который может быть принят обычным приемником GPS/ГЛОНАСС, подверженным минимальным модификациям программной части (в частности с него должна быть снята защита от приема сигналов спутников, находящихся на земле) и являются

стационарными излучателями GPS-сигналов со значительно меньшей мощностью сигнала и, соответственно, меньшим радиусом действия. Анализ характеристик точности местоопределения при использовании только ПС без учета орбитальной группировки НКА, что соответствует условиям, когда по каким-либо причинам (подавление, сложный рельеф местности и т.д.) невозможно осуществить прием сигналов СРНС. Для ЛРНС ПС, которая включает шесть ПС, четыре из которых расположены в углах квадрата 10x10 км, а еще два ПС подняты на высоту 20 м и находятся внутри квадрата на расстоянии 4 км друг от друга, Планарная погрешность местоопределения не превышает 6 см [9]

При выборе новых РТИ необходимо помнить следующее:

– Система сотовой связи в настоящее время не может стать альтернативой СРНС, так как они так же не лишены недостатков, главный из которых в том, что указанные технологии не функционируют в местах вне покрытия сотовых сетей. Влияние так же может оказать рельеф местности, количество базовых станций и высота вышек сотовой связи;

– В настоящее время только наземные радиосистемы дальней навигации входят в состав производимых навигационных систем таких систем как «КС-100М» и «Ориентир», системы сотовой связи, и СБРН используются пока на уровне экспериментов;

– Включение в состав навигационной системы дополнительного РТИ (системы сотовой связи) не приведет к значительному снижению погрешностей позиционирования при комплексной обработке данных от неё и СРНС [10]

Использование дополнений к СРНС связано со следующими недостатками:

– Использование дифференциального режима связано с необходимостью создания единой контрольно-корректирующей сети станций и каналов связи, что является очень дорогим, учета зависимости некоторых значений дифференциальных поправок (эфемеридной и ионосферной) от расстояния до контрольно-корректирующей станции;

– Наземное расположение ПС не дает возможность с высокой точностью определять высоту.

– Невозможность обеспечить совместное использование сигналов ПС и спутников как в ближней зоне псевдоспутника (где подавляются сигналы от спутников), так и в дальней зоне (где сигналы псевдоспутника ослабевают до критического уровня) [8, 11] из-за разницы уровней принимаемых сигналов от спутников и ПС

– Высокий уровень многолучевости для сигналов псевдоспутников, которые размещаются на (или вблизи) поверхности Земли [7, 12]

Таким образом, в настоящее время повысить качество работы навигационной системы можно за счет повышения точности данных полученных от СРНС при сигналах от СРНС. Вопрос об использовании дифференциального режима работы СРНС и ЛРНС на основе ПС должен решаться в зависимости от поставленных перед навигационной системой задач и иметь практическое обоснование. Системы сотовой связи, СБРН и наземные радиосистемы дальней навигации могут применяться в качестве резервных систем в случае кратковременного пропадания сигналов СРНС при использовании соответствующего программного обеспечения.

#### Литература:

1. Радионавигационный план Рос. Федерации: утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 сентября 2008 г. № 118: в редакции приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 31 августа 2011 г. № 1177. [Электронный ресурс]. Доступ из справ. — правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Сурков, В. О. Направления повышения качества функционирования навигационных систем для подвижных наземных объектов при решении навигационных задач // Молодой ученый. — 2015. — № 13. — с. 209–211.
3. Комраков, Д. В. Технологии позиционирования наземных подвижных объектов в сетях GSM // Технические науки в России и за рубежом (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012 г.). — М.: Буки-Веди, 2012. — с. 38–40.
4. Сурков, В. О. Точности определения местоположения подвижных наземных объектов в сотовых сетях GSM и UMTS // Молодой ученый. — 2013. — № 6. — с. 147–150.
5. Сурков, В. О. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных систем навигации подвижных наземных объектов // Молодой ученый. — 2015. — № 13. — с. 211–214.
6. Сейдж, Э. П., МелсДж. Теория оценивания и её применение в связи и управлении. — М.: Связь, 1976.
7. Augmenting GPS by ground-based pseudolite signals for airborne surveying applications / H. K. Lee, J. Wang, C. Rizos, T. Tsujii // Survey Review. — 2005. — № 38 (296). — P. 88–99.
8. Rizos, C. Pseudolite Augmentation of GPS [Электронный ресурс] / C. Rizos // Workshop on Geolocation Technology to Support UXO Geophysical Investigations. — 2005. — Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/>.
9. Ткаченко, А. А. Особенности применения радионавигационных систем локального позиционирования на основе псевдоспутников / А. А. Ткаченко, В. А. Кочура, В. Н. Дейнеко, Ю. В. Резников // Системиобробкиінформациі. — 2011. — № 5. — с. 118–120.

10. Иванов, А. В. Совместная обработка информации спутниковых радионавигационных систем и наземных сетевых систем в навигационных системах подвижных наземных объектов / Иванов А. В., Гостев А. В., Семенов А. А., Соколовская Л. В. / Радиотехника. — Москва, № 4, с.16–19.
11. Kanli, M. Limitations of pseudolite systems using off-the-shelf GPS receivers [Электронный ресурс] // Int. Symposium on GNSS/GPS. — Sydney, Australia, 6–8 December. — 2004. — Режим доступа к ресурсу: www.gmat.unsw.edu.au.
12. Techniques for reducing the near-far problem in indoor geolocation systems / Jonathan M. Hill, Ilir F. Progrid, W.R. Michalson // Proc. of the 2001 NTM. — Institute of Navigation, Long Beach, USA, 22–24 January. — 2001. — P. 860–865.

## Повышение эффективности работы систем автоматического управления освещением горных выработок

Титанов Артем Владимирович, студент;

Абдрахманов Азат Ахтямович, студент;

Сафин Георгий Григорьевич, студент;

Великанов Владимир Семенович, кандидат технических наук, доцент

Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова

На сегодняшний день большинство научных школ направило свои знания и умения на изучение влияния света на организм. Свет необходим для полноценной жизни человека. Освещение позволяет человеку видеть, оценивать и воспринимать окружающий мир, также оказывает непосредственное влияние на общий функционал человека, его психическое и физическое состояние.

Чаще всего причинами травм, снижения производительности и качества труда является неудовлетворительная освещенность рабочего места или зоны. Следовательно, зрительный комфорт является важной составляющей безопасности труда [1].

Применительно для шахт используется комбинированный тип освещения: стационарный — питаемый электрическим током от сети, и переносной — индивидуальными лампами, выдаваемыми на руки всем подземным рабочим [2].

Существуют следующие методы расчета освещенности:

1) Для расчета общей освещенности больших пространств с помощью мощных осветительных приборов (СКсН, ОУКсН, ИСУ и т.п.) применяется метод относительных изолюкс. Имея графики и таблицы изолюкс на условной плоскости, задаются высотой установки прибора над освещаемой поверхностью и углом наклона светового потока к горизонтали. Далее вычерчивается шаблон данной изолюксы и накладывается на план освещаемой поверхности, так чтобы не оставалась неосвещенная площадь, устанавливаются места расположения осветительных приборов и их количество.

2) Расчет прожекторного освещения производится по методу светового потока и сводится к определению количества, точек размещения, высоты установки, и угла наклона оптической оси прожекторов для создания заданной освещенности.

3) Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока учитывает не только поток, падающий на данную рабочую поверхность непосредственно от светильника, но и поток, отраженный от стен и потолка при данной их окраске, заданных размерах помещения и типе светильника путем введения так называемого коэффициента использования осветительного прибора.

4) При предварительных расчетах систем электроснабжения и выборе трансформаторов в ряде случаев целесообразно пользоваться приближенным методом удельной мощности, позволяющим непосредственно определить осветительную нагрузку, минуя светотехнические расчеты.

5) Точечный метод применяют в случаях, когда необходимо определить максимальную и (или) минимальную освещенность для обеспечения требуемой равномерности освещения и расчете освещения протяженных выработок и рабочих мест. Этот метод не учитывает отраженного светового потока, однако его применение оказывается вполне допустимым для расчетов освещения поверхностей с низкими коэффициентами отражения, что является характерным для горных разработок. В основу точечного метода положено уравнение, связывающее освещенность и силу света:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{k \cdot h_p^2}$$

Где:  $I_{\alpha}$  — сила света направленная на заданную точку поверхности от источника;  $\alpha$  — угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением силы света к расчетной точке,  $\mu$  — коэффициент действия удаленных светильников от точки расчета и отраженного светового потока ( $\mu = 1,05 \dots 1,2$ );  $k$  — коэффициент запаса;  $h_p$  — высота установки светильника над рабочей поверхностью [3].

При проектировании освещения на горных выработках по российским нормам проектирования не учитывается такой важный показатель как: неравномерность освещения. В зарубежных странах отношение минимального уровня освещенности к среднему коэффициенту неравномерности не должен превышать 1:5 для средних и 1:7,5 для крупных выработок. В ходе исследований было установлено, что на некоторых российских горнодобывающих предприятиях коэффициент неравномерности почти в два раза превышает норму и составляет 1:15 [4].

С развитием технологий доступен большой выбор как осветительных приборов, так и схем их подключения. Светильники, устанавливаемые в подземных горных выработках, должны: обеспечивать равномерное распределение света и достаточный уровень освещенности в рабочем пространстве; исключить явления светового дискомфорта (ослепленности, блескости отраженного света, стробоскопического эффекта); обеспечить стабильное и устойчивое излучение света в процессе работы [5].

Системы автоматизированного управления освещением проходят проверку в метрополитенах страны. Рассмотрим одну из них. АСДУ (Автоматизированная система диспетчерского управления) комплексе устройств, работающий по принципу обработки информации, поступающей от контроллеров управления различных систем. Применяют для создания и организации автоматизированных рабочих мест (АРМ) персонала управления электромеханической службы и службы энергетики [6].

**Принцип работы:** для снижения потребления электроэнергии в период отсутствия в местах или кратковременного пребывания система управления автоматически переводит освещение этих зон в экономичный режим работы, например 15% от номинальной мощности. Если подключенные к модулям K2111–24 датчики движения или видеокамеры фиксируют передвижение человека или транс-

портного средства, световой поток соответствующих групп светильников плавно в течение 3-х секунд увеличивается до 100%, создавая возможность комфортного передвижения. Когда движение прекратилось, с задержкой от 20 секунд до 6 минут (выбирается при установке) освещение так же плавно возвращается в экономичный режим работы. Каждый модуль K2111–24 имеет два независимых канала. Одной из особенностей является то, что система работает в совокупности с системой пожарной сигнализации. При пожаре, освещение переключается в режим номинальной мощности, что способствует созданию условий для эвакуации людей и тушения очагов огня.

Контроллер K2000T (рис.1), управляющий модулями K2111–24 по двухпроводной линии, делит сутки на 9 временных диапазонов, в течение которых может быть задано различное значение уровня мощности экономичного режима в диапазоне 5–100%, а также полное отключение определенного канала, например, на ночь, на время обеденного перерыва, пересменки и т.д.

Контроллер K2000T устанавливается в щит освещения на ДИН-рейку (один контроллер на один горизонт). Модули аналогового управления K2111–24 устанавливаются по всему горизонту в щиты освещения на ДИН-рейку. Соединяются с контроллером K2000T 2-жильным проводом ШВВП 2x0,5. По этому кабелю передается сигнал на включение освещения через встроенные в модуль K2111–24 реле и задается уровень мощности светильников в данный промежуток времени для экономичного режима работы. Модуль K2111–24 имеет два независимых канала управления светильниками, каждый из которых имеет собственный выход управления световым потоком светильников 24В и вход для подключения датчиков движения. В модуль встроен источник питания 12В для подключаемых к нему датчиков движения. Настройка модуля заключается в установке времени за-

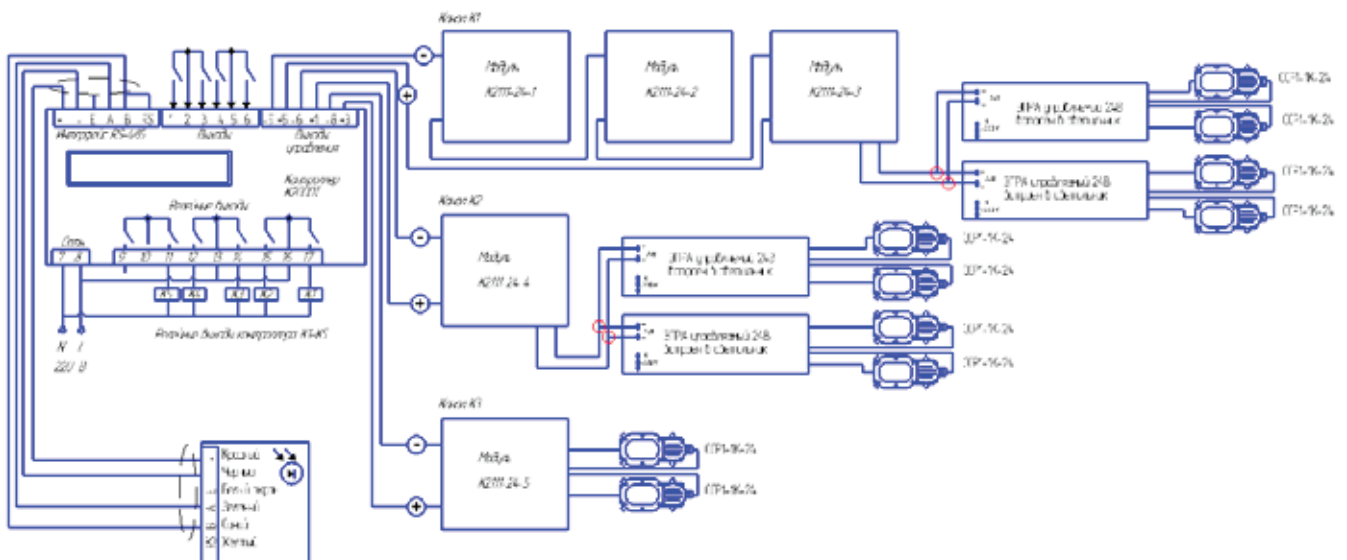


Рис. 1. Схема соединений контроллера K2000T с модулями аналогового управления K2111–24

держки перехода в экономичный режим после последней сработки датчиков движения от 20 сек до 6 мин.

Датчики движения «Рефлекс» направленного действия — устанавливается на стене или потолке. Необходимо настроить его ориентацию в пространстве и установить высокую чувствительность. Факт срабатывания датчика фиксируется встроенным светодиодным индикатором. Датчик движения «РФ-360» с круговой диаграммой срабатывания и диаметром зоны чувствительности до 10,5м в любом направлении при высоте установки 3,6м. Настройка заключается в необходимости установить высокую чувствительность датчика встроенным переключателем. Гарантийный срок эксплуатации контроллера К2000Т, фотодатчика К2100 и модулей управления К2111–24–3 года, расчетный срок эксплуатации не менее 15 лет.

Техническое обслуживание заключается в проверке состояния контактов и периодической корректировке встроенных в контроллер часов реального времени. Датчик К2111–24 нуждается в очистке окошка чувствительного элемента один раз в год.

### Технические особенности и отличие от конкурентов

Импортные устройства управления освещением, в том числе с регулированием светового потока, всегда совмещены с датчиком движения, максимальная зона действия

которого составляет обычно 12м. Поэтому, например, для управления освещением длинных горизонтов количество этих устройств будет значительным. При достаточно высокой цене таких регуляторов (около 14000 руб/шт для устройств с выходом 24В) стоимость технического решения будет высокой. В предлагаемом варианте системы управления освещением произведено разделение устройства на два отдельных изделия (Патент РФ): устройства обнаружения движения человека или автотранспорта (датчики движения любого типа и любого производителя, IP-видеокамеры и пр.) и модуль принятия решения (К2010). Итоговая стоимость предлагаемого варианта автоматизации оказывается в 3–4 раза ниже аналогичных решений, построенных на импортном оборудовании, т.к. у проектировщика всегда есть возможность выбрать один датчик движения с необходимой дальностью действия, например, 30м или 70м, а не устанавливать в этой зоне большое количество дорогих датчиков движения с дальностью действия 12м [7]. На рис.2 показано место расположения светильника ССР1–1К-24 в горной выработке.

Следовательно, мы приходим к выводу, что данная система автоматического управления освещением не только пригодна для использования в протяженных горных выработках, но и очень выгодна с точки зрения экономики. Более того, такая система позволяет осуществлять мониторинг всех её узлов, что сокращает время на поиск и устранение обрыва или иной неисправности.

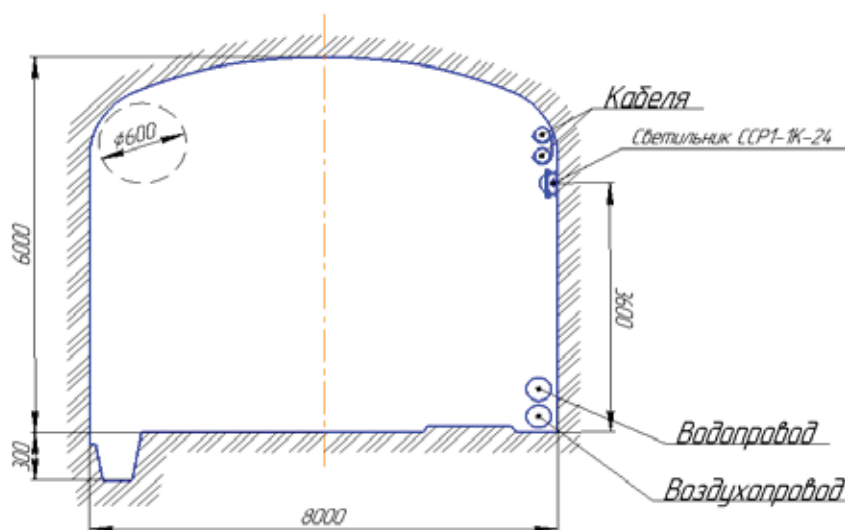


Рис. 2. Расположение светильника ССР1–1К-24

### Литература:

1. Освещение на вашем рабочем месте // armot-irk.ru URL: [http://www.armot-irk.ru/articles/stat\\_osv.html](http://www.armot-irk.ru/articles/stat_osv.html) (дата обращения: 30.05.2016).
2. Освещение в шахтерских шахтах. Требования к освещению на месте труда шахтера // meduniver.com URL: [http://meduniver.com/Medical/gigiena\\_truda/216.html](http://meduniver.com/Medical/gigiena_truda/216.html) (дата обращения: 30.05.2016).
3. Светотехнический выбор светильников // infopedia.su URL: <http://infopedia.su/4x64fc.html> (дата обращения: 30.05.2016).

4. Освещение метрополитена // [www.mdm-light.ru](http://www.mdm-light.ru) URL: <http://www.mdm-light.ru/solutions/metropoliten/> (дата обращения: 30.05.2016).
5. ГОСТ Р 55733—2013. Освещение подземных горных выработок. Основные требования и методы измерений. — ОАО «НИЦ ГП — ИГД им.А.А.Скочинского», 2014. — 12 с.
6. SCADA. Система автоматизации управления технологическими процессами метрополитена // [icotemp.spb.ru](http://icotemp.spb.ru) URL: [http://www.icotemp.spb.ru/directions/section.php?SECTION\\_ID=5](http://www.icotemp.spb.ru/directions/section.php?SECTION_ID=5) (дата обращения: 30.05.2014).
7. Система автоматического управления освещением с датчиками движения и видеокамерами // [intelar.ru](http://intelar.ru) URL: [http://intelar.ru/wp-content/uploads/2014/02/tech\\_reshenia\\_top.pdf](http://intelar.ru/wp-content/uploads/2014/02/tech_reshenia_top.pdf) (дата обращения: 30.05.2014).

## Тенденции совершенствования деформационных швов автодорожных мостов

Трифорова Ангелина Александровна, студент;

Бахарев Владимир Алексеевич, студент;

Ганец Галина Вадимовна, студент

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*В статье рассмотрены предпосылки появления деформационных швов, первые их конструкции. Выявлены основные функции ДШ. Проанализированы некоторые типы и характеристики современных швов на основе сравнительного анализа. Разобраны основные тенденции в проектировании и усовершенствовании ДШ.*

**Ключевые слова:** деформационный шов, автодорожный мост, усовершенствование, тенденции

С начала развития мостостроения велись исследования и работы по возможному устранению деформаций мостовых сооружений, возникающих вследствие тех или иных факторов. Первым фактором, послужившим установлению особых конструкций, сдерживающих деформацию, стало изменение температуры пролетных строений. Конструкция моста попросту не справлялась с усилиями, возникающими вследствие температурных скачков элементов мостового сооружения. Было установлено, что без возможности свободного перемещения концов пролетных строений коллапсы неизбежны.

Начали предусматриваться разрывы несущих мостовых конструкций, которые, в свою очередь, поддерживались специальными опорами, обеспечивающими свободное перемещение пролетов моста [1; 2; 3,34;4,67;5,323;6,123].

Изначально брался во внимание лишь температурный фактор, под влиянием которого обеспечивались напряжения в пролетных частях мостов. Как следствие, разрывы именовались температурными зазорами. В дальнейшем начался учет иных факторов деформации мостовых сооружений, и понятие температурного зазора расширилось: в применение вошли характерные конструкции, обеспечивающие свободное перемещение транспортных средств по мосту [7, 113; 8;55; 9,143; 10,46]. Эти конструкции были названы деформационными швами.

С развитием технологий и профессиональных навыков инженеров-строителей роль деформационного шва в мостовом сооружении неоспоримо увеличивалась. Было установлено, что неисправности ДШ могут приводить к значительным повреждениям конструкций моста: пролетных строений, опор, опорных частей, фундаментов опор, мостового полотна — словом, всех ос-

новных элементов мостового сооружения. Важно, что от состояния ДШ зависит также и безопасность движения по мосту как транспорта, так и пешеходов [11, 69; 12;103; 13,77].

### Основная часть

Поперечное, продольное и вращательное перемещения концов пролетных строений могут быть вызваны факторами:1-Изменением температуры;2-Временными динамическими нагрузками; 3-Осадкой фундамента;4-Деформацией металла;5-Усадкой.

Для эффективной эксплуатации должна быть всецело определена роль ДШ, оценено выполнение поставленных задач, спрогнозировано поведение ДШ в течение нескольких лет.

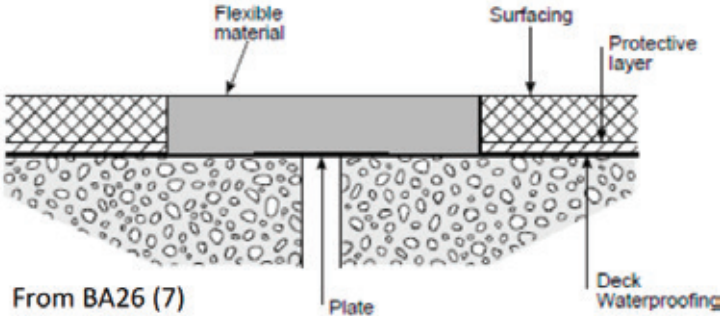
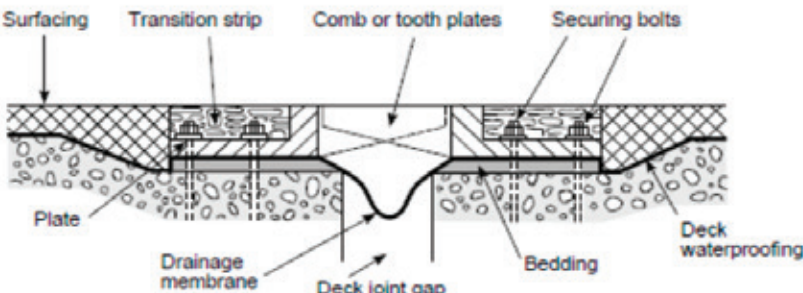
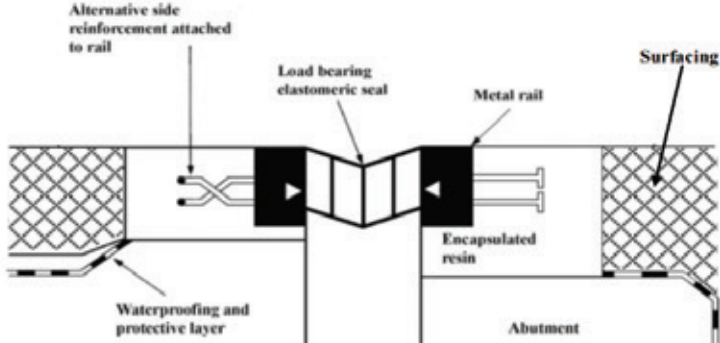
При выборе ДШ для мостового сооружения необходимо иметь представление об основных типах ДШ, их поведении при эксплуатации. Рассмотрим некоторые основные типы ДШ с сопутствующим описанием возможных дефектов, их симптомов и причин.

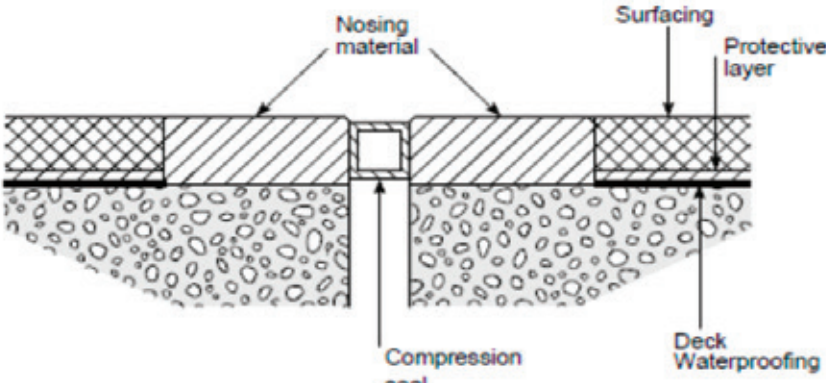
В настоящее время качественная служба ДШ любого типа и соответствующих деталей — серьезная проблема, касающаяся содержания мостового сооружения. Цена установки ДШ несоизмерима с последующими расходами на их ремонт и содержание. Расходы могут быть связаны со всеми вышеперечисленными дефектами.

Наряду со структурированием существующих знаний о ДШ проводятся исследования новых типов и материалов конструкций швов. Новые детали включаются в конструкцию ДШ для увеличения срока службы шва. Важна правильная установка шва.



Таблица 1

<p align="center"><b>ДШ закрытого типа</b></p>	<p>Предполагаемое время эксплуатации: 10–12 лет</p>
	<p>Формируется из пластичного материала, также образующего дорожную поверхность над зазором ДШ. Металлическая пластина поддерживает заполнение ДШ. Пригоден при малом диапазоне перемещений.</p>
<p>Дефекты:</p>	<p>Нарушение сцепление между пластиной и дорожным покрытием; раздробление дорожного покрытия; образование трещин; разрушение материала металлической пластины; протечки.</p>
<p align="center"><b>ДШ перекрытого типа</b></p>	<p>Предполагаемое время эксплуатации: 25 лет</p>
	<p>Составные части: перекрывающиеся пластины, эластичный компенсатор, гидроизоляционный слой. Пригоден при большом диапазоне перемещений.</p>
<p>Дефекты:</p>	<p>Износ поверхностей, расшатывание болтов крепления; разрыв эластичного компенсатора; засорение; коррозия металла.</p>
<p align="center"><b>ДШ с упругими компенсаторами</b></p>	<p>Предполагаемое время эксплуатации: 10 лет</p>
	<p>Упругий компенсатор прикрепляется к металлическим брускам. Бруски удерживаются за счет резиновых подкреплений, соединенных с мостовым полотном. Пригоден при среднем диапазоне перемещений.</p>

Дефекты:	Выход, прокол или поломка упругого компенсатора; изнашивание металлических брусков; коррозия металла; износ металлических компонентов; протечки; подпочвенные компоненты; растительность; засоры.
<b>ДШ заполненного типа</b>	Предполагаемое время эксплуатации: 5 лет
 <p>The diagram shows a cross-section of a road expansion joint. From top to bottom, the layers are: Nosing material (cross-hatched), Surfacing (diagonal lines), Protective layer (cross-hatched), Deck Waterproofing (solid black), and Compression seal (dotted). The joint itself is a recessed channel in the surfacing layer, filled with a material (dotted) and sealed at the bottom by a compression seal. Arrows point from labels to each of these components.</p>	Заполняющие материалы предохраняют от повреждений смежные части дорожного полотна; две части заполнения поддерживают компенсатор. Компенсатор может быть заменен отдельно. Пригоден для очень малых перемещений.
Дефекты:	Смещение компенсатора под воздействием засора; разбалтывание компенсатора из-за температурных колебаний; разрушение заполняющих материалов и нарушение их сцепления со смежным дорожным полотном; протечки.

Усовершенствования в конструкции ДШ могут быть достигнуты посредством использования новых герметизирующих материалов, способных вытеснить обычно используемый неопрен. Например, уретановые и силиконовые компенсаторы. Иной вариант усовершенствования — включение слоев из армирующих волокон: кевлара или нейлона. Данные материалы способны обеспечить большее сопротивление материалов и сохранить пластичность ДШ в течение большего периода эксплуатации, нежели неопрен.

Протечки ДШ — не менее существенная проблема. Соленая вода с содержанием хлоридов высоких концентраций впитывается в бетон и приводит к коррозии металла. Ржавеющая сталь расширяется, что приводит к отслаиванию от бетона.

Использование в России свободных водосливных желобов под ДШ закрытого типа показывает, что обеспечение особой защиты ДШ от протечек — необходимый подход при проектировании ДШ. Альтернативой водосливным желобам свободного типа могут служить желоба, прикрепляющиеся к нижней части мостового полотна. Такие конструкции исключают накопление мусора в желобе и, как следствие, требуют лишь незначительный наклон для водослива. Под резиновым компенсатором могут устанавливаться вставки из пеноматериала, препятствующие засорению основных мостовых элементов или желоба.

В странах с обильными снегопадами тенденцией проектирования ДШ стал отказ от проектирования и эксплуатации ДШ с армированными краями, деформирующимися под воздействием снегоуборочных машин.

Зафиксировано, что многие зарубежные строительные организации стремятся свести к минимуму наличие ДШ или сократить их ширину. Они отмечают, что отказ от использования ДШ может стать основной целью при проектировании автодорожных мостов в ближайшем будущем.

### Выводы

Основные тенденции совершенствования ДШ сводятся к минимизации затрат на их содержание в период эксплуатации, а также на:

- Использовании новых герметизирующих материалов (уретан и силикон);
- Использовании свободных водосливных желобов под ДШ закрытого типа для защиты от протечек;
- Включении слоев из армирующих волокон (кевлар и нейлон);
- Отказе от проектирования и эксплуатации ДШ с армированными краями в странах с обильными снегопадами.

Кроме того, среди зарубежных организаций-проектировщиков прослеживается тенденция сведения к минимуму длины ДШ и уменьшения их количества.

## Литература:

1. Пастушков В.Г., Овчинников И.Г., Овчинников И.И. (2012). Деформационные швы фирмы RW Sollinger Hutte;
2. Ефанов, А.В., Овчинников И.Г., Шестериков В.И., Макаров В.Н. (2005). Деформационные швы автодорожных мостов: особенности конструкции и работы.
3. Лазарев, Ю.Г. Транспортная инфраструктура (Автомобильные дороги). Монография — LAP LAMBERT, Германия: 2015. 173 с.
4. Ватин, Н.И., Производство работ. Определение продолжительности строительства воднотранспортных сооружений/ Н.И. Ватин, Г.Я. Булатов, Т.Ф. Морозова, А.В. Улыбин// Учебное пособие: СПб, СПбПУ, 2013. 116 с.
5. Лазарев, Ю.Г., Новик А.Н., и др., Изыскания и проектирование транспортных сооружений: Учебное пособие /Ю. Г. Лазарев, А.Н. Новик, А.А. Шибко, В.Г. Терентьев, С.А. Сидоров, С.А. Уколов, В.А. Трепалин / СПб.: ВАТТ, 2008. 392 с.
6. Ермошин, Н.А. Эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие военно-автомобильных дорог: Учебник / Н.А. Ермошин, Ю.Г. Лазарев, С.В. Алексеев, В.Г. Лунев, Б.Г. Ашуркин, А.Н. Новик, В.А. Трепалин, Д.Л. Симонов, В.Т. Колесников/ СПб: ВАТТ, 2015. 312 с.
7. Лазарев, Ю.Г., Строительство автомобильных дорог и аэродромов: Учебное пособие. / Ю.Г. Лазарев, А.Н. Новик, А.А. Шибко, С.В. Алексеев, Н.В. Ворончихин, А.Т. Змеев, С.А. Уколов, В.А. Трепалин, С.В. Дахин, В.Т. Колесников, Д.Л. Симонов // СПб.: ВАТТ. 2013. 528 с
8. Лазарев, Ю.Г., Собко Г.И. Реконструкция автомобильных дорог: Учебное пособие. СПб. 2013. 93 с.
9. Лазарев, Ю.Г., Обоснование деформационных характеристик укрепленных материалов дорожной одежды на участках построечных дорог. / Ю.Г. Лазарев, П.А. Петухов, Е.Н. Зарецкая/ Вестник гражданских инженеров. 2015. № 4 (51). с. 140–146.
10. Лазарев, Ю.Г. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог / Ю.Г. Лазарев, Д.Л. Симонов, А.Н. Новик/ Технико — технологические проблемы сервиса. СПб.: 2016. № 1 (35). с. 43–47.
11. Рустенбек, С.Д. Формирование базы данных для тестирования дорожных одежд/ С.Д. Рустенбек, Д.Ю. Кириллова, Ю.Г. Лазарев// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2–2. с. 68–72.
12. Лазарев, Ю.Г., Громов В.А. Современные требования к обеспечению потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог // В сборнике: Инновационные технологии в мостостроении и дорожной инфраструктуре. Материалы межвузовской научно-практической конференции. 2014. с. 102–109.
13. Ватин, Н.И., Моделирование набора прочности бетона в программе ELCUT при прогреве монолитных конструкций проводом/ Н.И. Ватин, М.О. Дудин, Ю.Г. Барабанщиков// Инженерно-строительный журнал. 2015. № 2 (54). С. 33–96.

## Определение удобочитаемости шрифта на основе его геометрических параметров

Трушко Елена Георгиевна, студент;

Зубарик Анна Викторовна, студент

Белорусский государственный технологический университет

Как известно, графическая форма букв алфавита, цифр и символов образует шрифт. Основное его назначение — это передача информации в печатной или электронной форме. Качество шрифта определяется его удобочитаемостью, т.к. от нее зависит скорость восприятия отдельных знаков и текста в целом. В последнее время в связи с ростом интереса к электронному контенту, с внедрением средств для чтения электронных книг усилился интерес специалистов к этому качеству шрифта поскольку в данном случае более низко разрешение репрезентации текста по сравнению с его полиграфическим воспроизведением [1]. Поэтому нахождение оптимальных пространственных характеристик

представления текстовой информации на сегодняшний день актуально.

Установлено, что удобочитаемость шрифта зависит от многих его параметров: гарнитуры, кегля, начертания шрифта в сочетании с длиной строки, интерлиньяжем и размером межсловных пробелов.

Существуют различные методы определения удобочитаемости шрифта. Наиболее объективным и функциональным из них принято считать метод измерения скорости чтения. Он заключается в определении времени чтения связного или несвязного текста заданного объема. Другим вариантом метода является определение количества знаков, прочитанных испытуемым за некоторое время [2].

При анализе удобочитаемости шрифтов учитываются и субъективные критерии, которые характеризуют определенные качества шрифтов. Субъективная удобочитаемость отражает индивидуальные предпочтения читателей по приятности для глаза и удобству при чтении текстовых шрифтов и во многом связана с распространенностью, известностью и узнаваемостью рисунка шрифта [2].

На основе уже известного качества шрифтов удобочитаемость новых шрифтов с высокой степенью достоверности позволяют прогнозировать регрессионные уравнения. Используя показатели удобочитаемости, определенной в источнике [3], предложено уравнение, которое позволяет с достоверностью 90% определять эту характеристику. Ранг удобочитаемости  $y$  определяется по следующей формуле:

$$y = 1,79 \times A - 1,79 \times B + 19,21 \times C + 3,80 \times D - 1,21 \times E +$$

$$+ 2,29 \times F - 1,00 \times G - 16,37 \times H - 1,10 \times I - 0,95 \times J,$$

где  $A$  — кегль/высота «а»;

$B$  — штрих/просвет «а»;

$C$  — пропорциональность «н»;

$D$  — контрастность «н»;

$E$  — засечки «н»;

$F$  — кегль/высота «н»;

$G$  — штрих/просвет «н»;

$H$  — пропорциональность «а»;

$I$  — контрастность «а»;

$J$  — макс/мин «а».

Перечисленные в формуле геометрические параметры достаточно полно характеризуют рисунок шрифта. Для букв «н» и «а» были измерены следующие параметры [4]:

1. Отношение величины кегля к высоте буквы.

2. Отношение основного штриха к внутрибуквенному просвету.

3. Пропорциональность — отношение высоты буквы к ее ширине.

4. Контрастность — отношение ширины основного штриха к ширине дополнительного штриха.

5. Размер засечки — отношение ширины засечки к ширине основного штриха.

6. Отношение максимальной толщины штриха к минимальной толщине.

Для определения удобочитаемости на основе регрессионного уравнения были выбраны свободно распространяемые в интернете шрифты: AGLetterica-Roman; AGPresquire, NewJournalC; AGNewHandbook; Oliver; AGMelanie; BruskovayaC; AGGloria; LiteraturnayaC; KudrashovC; BalticaCTT; Verdana; NewtonC; Bodoni; Garamond; AGGalleon; PragmaticaCTT; Simeiz; AGFriquer; CaslonC.

Измеренные геометрические параметры шрифтов занесены в табл. 1.

Таблица 1. Геометрические параметры ряда шрифтов

Шрифт	Кегль/высота «а»	Штрих/просвет «а»	Пропорциональность «н»	Контрастность «н»	Засечки «н»	Кегль/высота «н»	Штрих/просвет «н»	Пропорциональность «а»	Контрастность «а»	Макс/мин «а»
AGLetterica-Roman	1,80	0,35	1,25	1,22	1,00	1,90	0,36	1,11	1,29	1,57
AGPresquire	2,06	0,29	0,93	1,64	2,44	2,11	0,28	1,05	1,50	2,22
NewJournalC	2,06	0,38	0,83	3,14	2,64	2,15	0,35	1,14	2,00	3,43
AGNewHandbook	2,04	0,42	0,87	2,30	2,70	2,15	0,49	0,97	2,00	2,67
Oliver	1,79	0,51	1,23	1,08	1,00	1,86	0,46	1,33	1,39	2,82
AGMelanie	2,09	0,41	0,73	2,22	3,15	2,13	0,36	1,07	2,50	3,50
BruskovayaC	2,02	0,90	1,12	2,00	1,81	2,13	0,79	1,37	1,73	2,27
AGGloria	1,83	0,32	0,91	1,25	3,10	1,93	0,34	1,09	1,36	2,10
Literaturnaya	2,06	0,29	1,04	2,50	3,00	2,15	0,29	1,18	2,14	3,00
KudrashovC	1,98	0,41	0,89	3,17	2,89	2,09	0,35	1,11	3,33	4,60
BalticaCTT	2,06	0,32	0,84	2,50	2,85	2,17	0,35	1,04	1,64	2,50
Verdana	1,75	0,33	1,18	1,21	1,00	1,84	0,34	1,23	1,28	1,33
NewtonC	1,90	0,47	0,84	2,44	2,82	1,98	0,37	1,15	2,75	3,29
Bodoni	2,25	0,65	0,86	6,00	2,25	2,35	0,57	1,00	4,00	9,00
Garamond	2,23	0,45	0,75	3,20	3,50	2,55	0,30	1,23	2,50	3,60
AGGalleon	2,19	0,54	0,83	2,71	3,00	2,27	0,35	1,14	3,80	5,50
PragmaticaCTT	1,83	0,37	1,08	1,47	1,00	1,98	0,35	1,13	1,47	1,57
Simeiz	1,93	0,46	1,15	3,50	2,00	2,01	0,49	1,28	3,00	4,20
AGFriquer	2,02	0,45	0,94	1,38	1,86	2,19	0,43	1,05	1,57	1,71
CaslonC	1,98	0,41	0,73	3,43	2,63	2,11	0,32	0,91	2,67	4,14

После подстановки значений геометрических параметров в регрессионное уравнение получен следующий список шрифтов, ранжированных по сравнительной удобочитаемости (табл. 2).

Таблица 2. Ранг шрифтов по удобочитаемости

Шрифт	Ранг
Galleon	2
AGMelanie	2
NewtonC	4
AGGloria	4
Garamond	5
BruskovayaC	6
Oliver	7
KudrashovC	7
AGPresquire	8
AGFriquer	8
NewJournalC	8
BalticaCTT	9
AGNewHandbook	9
Literaturnaya	9
CalsonC	9
Verdana	10
PragmaticaCTT	10
Simeiz	11
AGLetterica-Roman	13
Bodoni	15

На рис. 1 представлены образцы шрифтов, занявших в ранговом списке первые и последнее места.

Съешь еще этих мягких булок да выпей чаю  
 Съешь еще этих мягких булок да вышей чаю  
 Съешь еще этих мягких булок да выпей чаю

Рис. 1. Примеры шрифтов AGGalleon, AGMelanie и Bodoni

На наш взгляд, на относительную удобочитаемость измеренных шрифтов повлияли такие параметры, как пропорциональность букв «а» и «н», размер засечек «н» и отношение основного штриха к внутрибуквенному просвету «н». Видны достаточно ярко выраженные зависимости. Чем выше пропорциональность букв «н» и «а», чем больше засечки и чем меньше отношение основного штриха к внутрибуквенному просвету, тем более удобочитаемым будет шрифт. Однако контрастность в нашем случае на удобочитаемость не влияет: у буквы «н» она менялась от шрифта к шрифту, не показывая никакой зависимости, а вот у буквы «а» этот параметр имел примерно одинаковые значения.

Можно также сделать вывод о том, что полученные геометрические параметры соотносятся с некоторыми ас-

социативными правилами, регламентирующими степень удобочитаемости [4, 5]:

- если отношение кегельной площадки на высоту буквы «а» имеет небольшое значение (от 1,74 до 2,08), то контрастность «а» тоже имеет небольшое значение (от 0,84 до 2,56);

- если отношение кегельной площадки к высоте буквы «а» имеет небольшое значение (от 1,74 до 2,08), то отношение основного штриха к внутрибуквенному просвету «а» также маленькое (от 0,19 до 0,64);

- если пропорциональность «н» большая (от 1,17 до 1,5), то шрифт без засечек;

- если пропорциональность «н» маленькая (от 0,81 до 1,16), то контрастность «н» средняя (от 2,34 до 3,86).

В данных правилах отражены определенные соотношения геометрических параметров, способствующих удобочитаемости шрифта, установленного экспериментально. Прогнозирование сравнительной удобочитаемости с помощью регрессионного уравнения позволило получить результаты, подтверждающие правильность данных соотношений. Это говорит о том, что для определения сравнительной удобочитаемости шрифтов можно задействовать не только экспериментальные измерения, но и методы прогнозирования.

Литература:

1. Тарасов, Д. А. Интерлиньяж как фактор скорости чтения на примере бумажных и веб-текстов / Д. А. Тарасов, А. П. Сергеев, Ю. И. Корнилов // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2013. — № 2. — с. 81–88.
2. Токарь, О. В. Технология оценки качества шрифта на допечатной стадии полиграфической подготовки / О. В. Токарь, М. А. Зильберглейт // Технологія і техніка друкарства: збірник наукових праць. — Київ: НТУУ «КПІ». — 2014. — № 3 (45). — с. 30–35.
3. Токарь, О. В. Комплексная оценка удобочитаемости современных типографских шрифтов на допечатной стадии полиграфического производства: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: спец. 05.02.13 / МГУП. — М., 2006. — 22 с.
4. Токарь, О. В. Построение ассоциативных правил на основе связи геометрических параметров шрифтов и объективной удобочитаемости / О. В. Токарь, М. А. Зильберглейт // Технологія і техніка друкарства: збірник наукових праць. — Київ: НТУУ «КПІ». — 2013. — № 1. — с. 40–46.
5. Токарь, О. В. Взаимосвязь геометрических параметров шрифта и объективной и субъективной удобочитаемости / О. В. Токарь, М. А. Зильберглейт // Технологія і техніка друкарства: збірник наукових праць. — Київ: НТУУ «КПІ». — 2015. — № 2. — с. 47–54.

В результате работы можно сделать следующие выводы:

1. С помощью регрессионного уравнения определена сравнительная удобочитаемость ряда шрифтов, составлен их ранговый список по этому качеству.
2. Существующие ассоциативные правила в области геометрии шрифта и его удобочитаемости сопоставлены с полученным ранговым списком шрифтов, выделены оптимальные ассоциативные правила.
3. Установлено, что определенные геометрические параметры способствуют высокой удобочитаемости шрифта.

## Математическая модель оптимизации режима горения природного газа в топке паровых котлов с помощью частотно-регулируемого асинхронного электропривода

Туляганов Мурот Муслимович, кандидат технических наук, доцент;  
Абдуллабеков Исломбек Аълобекович, ассистент  
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

*Рассматриваются вопросы управления горением природного газа в топке на основе составленной математической модели в целях оптимизации процесса горения с использованием частотно-регулируемого асинхронного электропривода тягодутьевых вентиляторов.*

**Ключевые слова:** процесс горения, оптимизация, математическая модель, частотно-регулируемый асинхронный электропривод, тягодутьевые вентиляторы

## Mathematical model of optimization of mode of burning of natural gas in heating steam-boilers with frequency-controlled asynchronous electric drive

Tulyaganov M. M., Abdullabekov I. A.  
Tashkent state technical university, Tashkent

*The questions of management of burning of natural gas in heating are examined on the basis of mathematical model for optimization of burning process with the use of the frequency-controlled asynchronous drives of ventilators.*

Для получения пара в паровом котле, работающем на природном газе, к топке отдельно подаются природный газ и воздух. Смесь газа с теоретически необходимым для полного сгорания воздухом называют стехиометрической смесью. Однако если в топку подавать только теоретически необходимое количество воздуха, то добиться полного сгорания топлива невозможно. Размер избытка или недостатка воздуха определяется коэффициентом расхода воздуха  $\alpha$ , который показывает отношение действительного количества воздуха, расходуемого на горение, к теоретически необходимому. Необходимость сжигать топливо полностью при  $\alpha$  близкому к 1,0 вызывается стремлением обеспечить наиболее экономичную и эффективную работу агрегата. Чем меньше  $\alpha$ , тем меньше теплоты унесут отходящие газы. Кроме того, увеличение  $\alpha$  снижает температуру в топке, отчего газ горит менее активно и сгорание может стать неполным. Добиваясь сжигания газа с наименьшим  $\alpha$ , нельзя сокращать его настолько, чтобы сгорание стало неполным, так как даже небольшая неполнота сгорания приводит к очень значительным потерям теплоты [1].

В настоящее время разрабатываются и успешно внедряются, особенно на крупных паровых котлах, такие методы сжигания газа, которые позволяют, не снижая эффективности, резко уменьшить содержание вредных веществ в продуктах горения. Наиболее эффективным способом является, организация плавного регулирования скорости тягодутьевого вентилятора, который обеспечивает оптимизацию процесса горения природного газа в топке.

При работе котла на природном газе в крупных паровых котлах для оптимизации процесса горения природного газа, можно применять следующую схему системы регулирования «топливо — воздух», представленную на рис. 1.

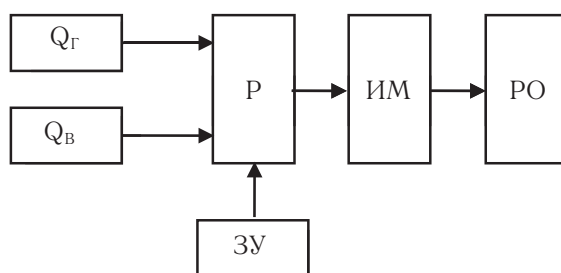


Рис. 1. Блочная-структурная схема регулирования воздуха «топливо — воздух» по расходам газа и воздуха:  $Q_G$  и  $Q_B$  — соответственно расходы газа и воздуха; Р — регулятор; ИМ — исполнительный механизм; РО — регулировочный орган; ЗУ — задающее устройство

В блочно-структурной схеме управление процессом горения газа в топке осуществляется сигналами, полученными из ЗУ. Для оптимизации процесса горения в топке составим математическую модель, позволяющую поддерживать газ и воздух в количестве, необходимом для полного сгорания газа. Если учесть что в паровых котлах используется природный газ — метан, то расход воздуха, необходимого для сжигания  $1 \text{ м}^3$  метана составляет  $9,52 \text{ м}^3$  [1].

Упрощенная математическая модель для блочно-структурной схемы регулирования «топливо — воздух» по расходам природного газа и воздуха имеет следующий вид:

$$Q_B = 9,52Q_G. \tag{1}$$

Начальные условия: первоначально считаем, что расход газа — неизменный параметр:  $Q_G = const$ , а расход воздуха  $Q_B$  является регулируемым параметром  $Q_B = var$ .

По выражению мощности приводного двигателя определим расход воздуха вентилятора

$$Q_B = \frac{P_C \cdot \eta}{P_B} = \frac{\omega_C(\alpha) \cdot M_C(\alpha) \cdot \eta}{P_B}, \tag{2}$$

где  $P_C$  — механическая мощность на валу,  $\omega_C$  — угловая скорость приводного двигателя, соответствующие статическому моменту вентилятора  $M_C$ ;  $\eta$  — общий КПД вентилятора.

Выражения (2) подставим в (1) и запишем  $Q_B$  в измененном виде:

$$\frac{\omega_C(\alpha) \cdot M_C(\alpha) \cdot \eta}{P_B} = 9,52 \cdot Q_G. \tag{3}$$

Для дутьевого вентилятора начальный статический момент при вращающемся механизме может быть принят  $M_{C,нач} = 0,15$  [4], следовательно, значение статического момента будет изменяться по закону

$$M_C = 0,15 \cdot M_{CH} + 0,85M_{CH} \cdot \alpha^2 \cdot (1-s)^2, \tag{4}$$

где  $M_{CH}$  — номинальное значение статического момента вентилятора;  $\alpha = \frac{f_1}{f_{1H}}$  — относительное значение частоты;  $f_1$  и  $f_{1H}$  — соответственно действующее и номинальные значения частоты;  $s$  — скольжение.

На основе уравнений (3) и (4) составляем систему уравнений математической модели оптимального управления процессом горения в топке

$$\left. \begin{aligned} \frac{\omega_c(\alpha) \cdot M_c(\alpha) \cdot \eta}{P_B} &= 9,52 \cdot Q_G, \\ M_c &= 0,15 \cdot M_{CH} + 0,85 \cdot M_{CH} \cdot \alpha^2 \cdot (1-s)^2. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

В представленной математической модели (5) оптимального управления процесса горения в топке регулируемым параметром является частота напряжения статорной обмотки, питающей асинхронный двигатель вентилятора. В процессе горения несоблюдение условия пропорциональности расходов газа  $Q_G$  и воздуха  $Q_B$  устраняется регулированием скорости приводного асинхронного двигателя вентилятора, и тем самым обеспечивается пропорциональность расходов обоих компонентов. Поэтому, единственное правильное решение оптимизации процесса горения — это использование частотно-регулируемого асинхронного электропривода для вентилятора в топке [2,3].

Учитывая, что угловая скорость приводного двигателя  $\omega_c(\alpha) = 2\pi \cdot f_1$ , преобразуем систему уравнений (5):

$$0,3 \cdot M_{CH} \cdot \pi \cdot f_{1n} \cdot \eta \cdot \alpha + 1,7\pi \cdot f_{1n} \cdot M_{CH} (1-s)^2 \eta \cdot \alpha^3 - 9,52 \cdot Q_G \cdot P_B = 0. \quad (6)$$

Если ввести следующие обозначения:

$$a_1 = 1,7\pi \cdot f_{1n} \cdot M_{CH} (1-s)^2 \eta, \quad a_2 = 0, \quad a_3 = 0,3 \cdot M_{CH} \cdot \pi \cdot f_{1n} \cdot \eta, \quad a_4 = -9,52 \cdot Q_G \cdot P_B, \quad \text{то в результате получим:}$$

$$a_1 \cdot \alpha^3 + a_2 \cdot \alpha^2 + a_3 \cdot \alpha + a_4 = 0, \quad (7)$$

где  $\alpha^*$  - оптимальный регулируемый параметр — частота напряжения статорной обмотки, питающей асинхронный двигатель вентилятора.

Когда в (7) порядок алгебраического уравнения высок ( $n \geq 3$ ), нахождение аналитического решения затруднительно, что придется прибегать к использованию численных методов решения.

Эту задачу можно решить численно следующим образом:

Для вычисления регулируемого параметра  $\alpha^*$  из алгебраического уравнения используем один из численных методов [5]: итерации, половинного деления или Ньютона.

Обозначим левую часть (7) через  $F(\bar{A}, \alpha)$ .

$$F(\bar{A}, \alpha) = 0, \quad (8)$$

где  $\bar{A} = [a_1, a_2, \dots, a_{n+1}]$  — вектор коэффициентов алгебраического уравнения.

Как отмечено в [5], метод Ньютона эффективен для решения тех уравнений, для которых значение модуля производной  $|F'_\alpha|$  близ корня достаточно велико, т. е. график функции  $F$  в окрестности данного корня имеет большую крутизну. По приведенным выше соображениям для решения алгебраического уравнения целесообразно применить метод Ньютона.

Применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода с преобразователем частоты для управления вентиляторами обеспечивает:

- полное устранение токовых перегрузок двигателя;
- снижение потребляемой электроэнергии на 10%...50% благодаря отказу от регулирования шиберами;
- автоматическое поддержание температуры в воздуховодах при изменениях режимов работы оборудования;
- возможность точной дозировки и повышение КПД процессов горения.

В результате расход топлива снижается на 3%...10% при той же производительности котла.

Сочетание сжигания топлива при малых значениях и количестве воздуха равному его теоретическому значению с рециркуляцией продуктов горения позволяет снизить количество образующихся окислов азота на 70–90% при сжигании газа.

Литература:

1. Чепель, В. М., Шур И. А. Сжигание газов в топках котлов и печей и обслуживание газового хозяйства предприятий. — 8-е изд., перераб. и доп. — С. — П.: Недра, 1990. — 591 с.
2. Имомназаров, А. Т., Аъзамова Г. А. Асинхрон моторларнинг энергия тежамкор иш режимлари. Монография. — Тошкент: ТошДТУ, 2014. — 140 б.
3. Hoshimov, O. O., Imomnazarov A. T. Ekekr mexanik tizimlarda energiya tejamkorlik. 2- nashr. Darslik. — Toshkent: Fan va texnologiya, 2015. — 155 b.
4. Сыромятников, И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей. Госэнергоиздат: — М. 1984. — 527с.
5. Светозарова, Г. И., Сигитов Е. В., Козловский А. В. Практикум по программированию на алгоритмических языках. М.: Наука, 1980, — 320 с.



## Современные методы расчета дорожных одежд. Часть 1. Обзор и анализ

Удальцов Илья Эдуардович, студент  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

*В статье рассмотрены современные подходы к проектированию дорожных конструкций. Выделены расчеты по сопротивлению сдвигу, по критериям продольной и поперечной ровности и методы, позволяющие учитывать эффект накапливания повреждений, а так же воздействие динамической нагрузки. Приведены сведения о зависимости параметров прочности материалов и грунтов от степени их уплотнения.*

**Ключевые слова:** дорожная конструкция, деформация, главные напряжения, сдвиг

Увеличение тоннажа транспортных нагрузок, а так же их интенсивности движения вызвало необходимость экстренного совершенствования методов расчета дорожных конструкций. Выделим направления, по которым ведутся исследования.

Во-первых, ведутся разработки новых и совершенствования известных методов расчета конструкций на воздействия динамической нагрузки. Среди таких методов можно выделить работы двух диаметрально противоположных подходов. К методам первого подхода отнесем решения, в основе которых лежат классические уравнения теории упругости и численные методы строительной механики [1–3], они в физическом и математическом плане полностью соответствуют допущениям и постулатам механики деформируемого твердого тела, но конечные формулы громоздки и сложны для реализации инженерами проектировщиками. Ко второму направлению отнесем инженерные способы, которые разрабатываются специалистами дорожной отрасли. Эти методы основаны на более простом математическом аппарате и зачастую предполагают, что в дорожной конструкции возникают простейшие напряженные состояния. Вследствие этого инженерные способы расчета не соответствуют современным общепринятым представлениям механиков об условиях работы дорожных конструкций. Однако конечные выкладки инженерных способов просты и без особых проблем реализуются на практике. Учитывая популярность и тех и других подходов, можно заключить, что инженерные способы, могут быть применены для грубого расчета, в рамках которого определяются ориентировочные толщины слоев, строгие и приближенные методы механики [1–3] должны применяться для окончательной проверки достаточности толщины слоев, полученной при расчете с применением инженерных способов. Поэтому критика инженерных способов в литературе напрасна, они применяются и соответствуют представлениям специалистов дорожной отрасли.

Во-вторых, достаточно интенсивно развиваются модифицированные методы расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу в грунте земляного полотна [4–6] и асфальтобетонных покрытиях [7–9]. Среди работ, отнесенных автором к этой группе методов, нужно выделить исследования, направленные на учет влияния повторности приложения нагрузки на параметры грунта кри-

терия Кулона–Мора [10–12], модификацию условий пластичности [13–17], совершенствование методов расчета главных и касательных напряжений [18–22] и разработку способов расчета по критерию безопасных давлений [23–26]. По мнению автора особого внимания, заслуживают работы, целью которых являлись модификации условия пластичности Кулона–Мора [13–17] и моделей расчета главных и касательных напряжений [18–22]. Освещая эти работы, укажем, что общепринятые аналитические условия пластичности [27–29] для трехосного сжатия, характеризуемого главными напряжениями  $s_1 > s_2 = s_3$ , дают результаты тождественные с критерием Кулона–Мора, а в публикациях [13–17] описываются критерии, по которым касательные напряжения больше, чем в традиционном критерии Кулона–Мора. В работах [23–26], посвященных проблематике расчета безопасных давлений в основу математических выкладок положено эмпирическое условие пластичности Г.К. Арнольда [30], по которому предельное состояние пишут в виде:

$$\frac{1}{2} \cdot \left( \sigma_1 - \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot \sigma_3 \right) = c \quad (1)$$

Где  $c$  и  $\varphi$  — сцепление и угол внутреннего трения грунта.

В работе [14] приведены трехпараметрические условия. Согласно этим условиям пластичности величина касательных напряжений зависит от значения третьего параметра. В одном из этих условий содержится параметр  $b$ , который может варьироваться от 0 до 0,5, причем при  $b=0$  касательные напряжения соответствуют величине, рассчитываемой по левой части (1), а если  $b=0,5$ , то величина касательных напряжений такая же, как в критерии Кулона–Мора. Уравнение предельного состояния по этому критерию описывается формулой:

$$\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^b \cdot \left( \sigma_1 - \left( \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) \cdot \sigma_3 \right) = c \quad (2)$$

В другом трехпараметрическом критерии применении параметр  $d$ , благодаря чему это условие позволяет получать касательные напряжения больше, чем в критерии (1) и (2) при  $b=0$ . Причем, если  $d=0$ , то условие принимает вид третьей теории, оперирующей максимальным касательным напряжением. При  $d=0,5$  трехпараметрический критерий принимает вид традиционного критерия

Кулона–Мора. Уравнение предельного состояния этого критерия дают в виде:

$$\sigma_1 \cdot \left( \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^d - \left( \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)^d \cdot \sigma_3 = c \quad (3)$$

Трёхпараметрические критерии (2) и (3) применены для оценки сопротивления сдвигу не только грунтов, но и асфальтобетона. Причем эти критерии были модифицированы, путем ввода в них мер теории поврежденности [7, 8]. Такая модификация стала возможной благодаря применению принципа эквивалентности напряжений в поврежденной среде и сплошном теле, которое подробно дано в статье [31, 32].

В-третьих, предложены модели расчета необратимых деформаций в дискретных материалах, грунтах и асфальтобетона [33–40]. Такие решения тоже разделяются на различные подходы. В публикациях [33, 34] для учета нелинейности деформаций относительно величины напряжений применяются математические модели, в которых

модуль пластичности является нелинейной функцией главных напряжений. Работы [35–38] преследуют цель вывода обобщающей аналитической модели, накопления деформации при воздействии повторной нагрузки. Статьи Н. В. Кузина [39, 40] посвящены расчету остаточных деформаций в асфальтобетоне. Отметим, что независимо от идей, положенных в основу расчета, результаты всех этих публикаций можно использовать при расчете дорожных покрытий по критериям их ровности. При этом предельная глубина неровностей может быть вычислена по способам, предложенным в публикациях [41–43].

В рассмотренных нами методах важной составляющей всех расчетов является определение параметров грунтов. Для вычисления модуля упругости, сопротивления недренированному сдвигу можно применить формулы работ [44–46].

Также отметим работы, направленные на разработку способов проектирования шероховатых поверхностей [47, 48].

#### Литература:

1. Колмогоров, Г. Л., Кычкин В. И., Есипенко И. А. Метод конечных разностей в исследовании дорожных одежд при воздействии реальной транспортной нагрузки // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2014. — № 1. — с. 69–77.
2. Колмогоров, Г. Л., Кычкин В. И., Есипенко И. А. Динамическая реакция дорожной одежды на действие динамической нагрузки // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2015. — № 5. — с. 39–47.
3. Есипенко, И. А., Колмогоров Г. Л., Кычкин В. И. Численное моделирование колебаний дорожной одежды с учетом изменения приведенных физико-механических свойств материала // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. — 2014. — № 3. — с. 57–73.
4. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Один из путей совершенствования расчета дорожных одежд по условию сопротивления сдвигу в грунте земляного полотна // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2013. — с. 9–22.
5. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Том Часть 1. Состояние вопроса. — Омск: СибАДИ, 2015. — 292 с.
6. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Том Часть 2. Предложения. — Омск: СибАДИ, 2015. — 262 с.
7. Чусов, В. В. Модифицированные критерии Писаренко-Лебедева и Кулона-Мора, учитывающие меры теории накопления повреждений // Молодой ученый. — 2016. — № 9 (113). — с. 338–341.
8. Чусов, В. В. Применение теории накопления повреждений в условиях пластичности асфальтобетона для расчета дорожных покрытий по сопротивлению сдвигу // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — с. 221–227.
9. Aleksandrova, N. P., Chysow V. V. The usage of integral equations hereditary theories for calculating changes measures in the theory of damage when exposed to repeated loads // Magazine of Civil Engineering, 2016, No.2. Article in Press.
10. Казарновский, В. Д., Смирнов В. М., Косарев Ю. И. Определение расчетных значений прочностных характеристик песков с учетом воздействия повторных нагрузок // Исследования по механике дорожных одежд. — М.: СоюздорНИИ, 1985. — с. 80–92.
11. Петрушин, Е. А. Сдвигоустойчивость глинистых грунтов в условиях кратковременных многократных нагрузок // Совершенствование методов расчета и конструирования дорожных одежд. — М.: СоюздорНИИ. — 1986. — с. 88–96.
12. Смирнов, В. М., Дорогутина С. Н. Закономерности деформирования связного грунта при воздействии транспортных нагрузок // Новое в проектировании конструкций дорожных одежд. — М.: СоюздорНИИ, 1988. — с. 65–79.
13. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Модификация критериев прочности сплошной среды для расчета грунтов земляного полотна по сопротивлению сдвигу // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транс-

- порт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск: СибАДИ, 2013. — с. 228–235.
14. Александров, А. С., Калинин А. Л. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Учет деформаций в условии пластичности Кулона — Мора // Инженерно-строительный журнал. — 2015. № 7 (59). — с. 4–17.
  15. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Применение критерия Друкера — Прагера для модификации условий пластичности // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2013. № 2. — с. 26–29.
  16. Чусов, В. В. Перспективы применения эмпирических условий пластичности грунтов и определение их параметров при трехосных испытаниях грунтов Вестник ВолГАСУ. — 2015. № 42 (61). — с. 49–57.
  17. Калинин, А. Л. Совершенствование расчета касательных напряжений в дорожных конструкциях. Часть 1. Модификация критерия Писаренко-Лебедева и его применение при расчете касательных напряжений // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — с. 108–114.
  18. Александрова, Н. П. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в грунте земляного полотна // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Омск, 2013. — с. 236–246.
  19. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Долгих Г. В. Совершенствование моделей расчета главных напряжений и девиатора в грунте земляного полотна // Вестник СИБАДИ. — 2014. — № 2 (36). с. 49–54.
  20. Александров, А. С., Долгих Г. В., Юрьев Д. В. Расчет главных напряжений в слоях дорожной одежды из дискретных материалов // Транспортное строительство. — 2011. — № 7. — с. 17–22.
  21. Александров, А. С. Один из путей расчета минимальных главных напряжений в грунтах земляного полотна / А. С. Александров // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск, СибАДИ, 2013. — с. 217–228.
  22. Александров, А. С., Александрова Н. П., Долгих Г. В. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в дорожных конструкциях из дискретных материалов // Строительные материалы. — 2012. — № 10. — с. 14–17.
  23. Долгих, Г. В. Расчет грунтов земляного полотна по критерию безопасных давлений // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 6 (34). — с. 43–49.
  24. Долгих, Г. В. Расчет нежестких дорожных одежд по критерию безопасных давлений на глинистые грунты земляного полотна // Автореф. Дис. канд. техн. наук. — Омск: СибАДИ. — 2014. — 20 с.
  25. Долгих, Г. В. Применение критерия безопасных давлений для расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу в грунте земляного полотна // // В сборнике: Политранспортные системы материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия — ЕС. Новосибирск: СГУПС, 2015. — с. 176–182.
  26. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. О допускаемых давлениях на грунты земляного полотна и слои дорожной одежды // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2012. № 2. — с. 10–13.
  27. Drucker, D. C., Prager W. Soil mechanics and plastic analysis of limit design. Quarterly of applied mechanics. 1952. Vol. 10. № 2. pp. 157–165.
  28. Lade, P. V., Duncan J. M. Elastoplastic stress-strain theory for cohesionless soil / Journal. Geotechnical Engineering Division, ASCE. — Vol. 101. — No. 10. — 1975. — P. 1037–1053.
  29. Matsuoka, H., Nakai T. Relationship among Tresca, Mises, Mohr–Coulomb and Matsuoka–Nakai failure criteria. // Soils and foundation. — 1985. — Vol. 25, No 4. — Pp. 123–128.
  30. Arnold, G. K. Rutting of Granular Pavements. // Thesis submitted to The University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, November 2004. — 417 p.
  31. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Учет поврежденности структуры асфальтобетона в критериях прочности и условиях пластичности // В сборнике: Политранспортные системы материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия — ЕС. Новосибирск: СГУПС, 2015. — с. 219–225.
  32. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Модификация критериев прочности и условий пластичности при расчетах дорожных одежд // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2015. № 1 (41). — с. 47–54.
  33. Семенова, Т. В., Гордеева С. А., Герцог В. Н. Определение пластических деформаций материалов, используемых в дорожных конструкциях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2012. — № 4 (37). — с. 247–254.
  34. Семенова, Т. В., Герцог В. Н. Пластическое деформирование материалов с дискретной структурой в условиях трехосного сжатия при воздействии циклических нагрузок // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 1 (29). — с. 68–73.
  35. Александров, А. С., Киселева Н. Ю. Пластическое деформирование гнейс- и диабаз материалов при воздействии повторяющихся нагрузок // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2012. — № 6. — с. 49–59.

36. Александров, А. С. Пластическое деформирование гранодиоритового щебня и песчано-гравийной смеси при воздействии трехосной циклической нагрузки // Инженерно-строительный журнал. — 2013. — № 4 (39) — с. 22–34.
37. Александров, А. С. Обобщающая модель пластического деформирования дискретных материалов дорожных конструкций при воздействии циклических нагрузок // Строительные материалы. 2016. № 5. с. 27–30.
38. Александров, А. С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: монография. — Омск: СибАДИ, 2014. — 152 с.
39. Кузин, Н. В. Расчет пластических смещений асфальтобетонных порожных покрытий // Молодой ученый. — 2016. — № 10 (114). — с. 253–255.
40. Кузин, Н. В. Исследование пластичности дорожных асфальтобетонов // Молодой ученый. — 2016. — № 10 (114). — с. 255–257.
41. Герцог, В. Н., Долгих Г. В., Кузин В. Н. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. — 2015. — № 5 (57) — с. 45–57.
42. Александров, А. С., Гордеева С. А., Шпилько Д. Н. О допускаемых и предельных значениях неровностей асфальтобетонных покрытий дорожных одежд жесткого типа // Автомобильная промышленность. — 2011. — № 2. — с. 31–35.
43. Александров, А. С., Александрова Н. П., Семенова Т. В. О проектировании шероховатости дорожных покрытий и дождевой канализации по условиям безопасности движения // Автомобильная промышленность. — 2008. — № 8 — с. 36–38.
44. Александрова, Н. П., Троценко Н. А. Применение измерителя жесткости грунта Geogauge для оценки качества уплотнения при операционном контроле // Вестник СибАДИ, 2014, № 3 — с. 40–47.
45. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Стригун К. Ю. Совершенствование методов экспресс оценки качества уплотнения грунтов земляного полотна строительства автомобильных дорог / Н. П. Александрова, // Вестник СибАДИ. — 2015. — № 4. — с. 46–57.
46. Семенова, Т. В., Долгих Г. В., Полугородник Б. Н. Применение Калифорнийского числа несущей способности и динамического конусного пенетromетра для оценки качества уплотнения грунта // Вестник СибАДИ, 2014, № 1 — с. 59–66.
47. Александрова, Н. П. К вопросу расчета шероховатых покрытий на устойчивость зерен каменного материала // Материалы Международной научно-практической конференции Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура Омск, 21–23 мая 2003 г. — с. 67–69.
48. Александрова, Н. П. Влияние свойств покрытий автозимников на срок службы примороженного фрикционного слоя / Автореф. канд. техн. наук. — Омск: СибАДИ, 2005. — 18 с.

## Повышение эффективности резания тонкостенных металлических изделий

Уринов Насулло Файзуллаевич, кандидат технических наук, доцент;

Уринов Нодир Насуллаевич, ассистент;

Саидова Мухаббат Хамраевна, старший преподаватель

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье представлены возможности использования тонких пластинчатых ножовок и многоножовочных рабочих органов мех-ножовочных машин рамного типа с целью снижения простоев, количества отходов и брака, повышения производительности при работе поточных линий.*

*In article are presented possibility of the use the fine lamellar hacksaws and multi hacksaw worker organ fur hacksaw of the frame type machines for the reason reductions simple, amount departure and defect, increasing to capacity when functioning production lines.*

Мехножовочные машины рамного типа получили широкое распространение в ряде отраслей промышленности ввиду их высокой производительности, обусловленной возможностью обрабатывать исходный материал одновременно несколькими пластинчатыми ножовками. Это в свою очередь вызывает особые требо-

вания к их надёжности, так как остановка машин в результате поломок ножовок, необходимости их заточки и других причин, приводят к значительному экономическому ущербу из-за простоев поточных линий. Как показывает опыт работы промышленных предприятий, в проблеме надёжности мехножовочных машин рамного

типа аварийное разрушение ножовки выходит на первый план по сравнению с параметрическими отказами, связанными с необходимостью восстановления их режущей способности, которое может быть приурочено к смене комплектов ножовочных рам при переходе с изделия на изделие. Кроме этого следует учитывать, что работа машин не блокируется при разрушении одного полотна, а это может приводить к образованию значительного количества брака.

Многоножовочные конструкции рабочих органов увеличивают вероятность остановки мехножовочной машины. Отсюда видна необходимость ужесточать требования к прочности пластинчатой ножовки.

С позиций теории надежности рабочие органы представляют собой последовательную систему, в которой отказ одного из элементов приводит к отказу всей системы. Вероятность безотказной работы такой системы равна произведению вероятностей безотказной работы составляющих ее элементов.

$$P_{(t)} = P_1 P_2 \dots P_n \prod_{i=1}^n P_i$$

Если считать, что надежность каждой пластинчатой ножовки в ножовочной раме одинакова, то вероятность безотказной работы ножовочной рамы равна

$$P_{(t)} = P_i^m$$

На полотно пластинчатой ножовки помимо усилий резания и подачи действует усилие нажатия в раме. При совместном нагружении постоянными и переменными усилиями в ножовке возникают циклические напряжения, синхронные частоте вращения кривошипного механизма привода мехножовочной рамы.

Напряженное состояние ножовки является, сложной функцией ряда параметров определяющих процесс резания, геометрические и конструкционные характеристики ножовки, качество ее подготовки к работе и установки в раму.

Учет этих факторов и проведенные эксперименты дают возможность получить упрощенное выражение для вычисления запаса прочности ножовки.

$$n = \frac{\sigma - 1}{6,25\sigma_a + 0,29\sigma_m}$$

Где  $\sigma_{-1}$  — предел выносливости материала ножовки при асимметричном цикле напряжения; — соответственно амплитудное и среднее напряжение цикла.

Вероятность безотказной работы  $P$  по критерию прочности при нормальном распределении устанавливаем при зависимости от квантилей — значений случайной величины, соответствующих заданной вероятности. Квантиль нормального распределения равен

$$U_p = - \frac{n-1}{\sqrt{n^2 V_{\sigma_{-1}}^2 + V_{\sigma_a}^2}}$$

Где  $V_{\sigma_{-1}}$  и  $V_{\sigma_a}$  — коэффициенты вариации соответственно предела выносливости материала пластинчатой

ножовки при асимметричном цикле и амплитуды напряжений в ножовке.

Используя полученные в экспериментах данные по величинам  $\sigma_a, \sigma_m, V_{\sigma_{-1}}, V_{\sigma_a}$  можно рассчитать показатели надежности рабочих органов мехножовочной машины рамного типа. При этом принята следующая последовательность вычислений. Вначале определяем для изучения режимов резания и геометрии ножовки величину коэффициента запаса прочности и далее соответствующий ему квантиль распределения. После этого по табличным данным находим искомое значение вероятности безотказной работы. Проведенные расчеты показывают, что пластинчатые ножовки толщиной 1 и более мм имеют достаточную долговечность по условиям усталостной прочности и могут обеспечить необходимую надежность при использовании в многоножовочных рамах.

Эффективность работы режущих частиц зависит от режущей способности рабочих органов под которой, понимаются способность поверхности лезвия создавать локализованное напряженное состояние в отрезаемом материале.

Анализ контактного взаимодействия единичного микрозубца и разрезаемого материала показывает, что такие характеристики лезвия как радиус затупления, продольный шаг микрозубцов, их высота и некоторые другие предопределяют при заданных кинематических, условиях резания характер разрушения материала. При этом возможно образование новой поверхности или за счет однократного воздействия микрозубца или за счет многократного передерформирования дорожки трения в условиях упругопластического контакта, приводящего к образованию дефекта и снижению качества отрезаемой поверхности.

Ровность поверхности отрезки, количества отходов и брака, отсутствие недопустимых деформаций заготовки определяется рядом факторов влияющих на режущую способность. При скользящем резании тонкостенных изделий и труб важную роль играет микрогеометрия режущей части ножовки — лезвия. Микрорельеф лезвия ножовки формируется при их заточке с помощью абразивного инструмента. Поскольку зерна абразива распределены в связке шлифовального круга хаотично, постольку образование микрорельефа носит случайный характер правда весьма далекий от оптимальных параметров.

Конструктивные особенности тонкого лезвия (6... 25мкм) существенно затрудняют теплоотвод при заточке, что может привести к изменению структуры металла. Отсутствие надежной фиксации ножовки при заточке, неправильный выбор шлифовального круга, форсированный режим заточки, отсутствие контроля твердости материала ножовки приводит к дефектам режущей кромки в свою очередь к снижению режущих свойств и стойкости ножовки.

Проведенные исследования показали, что при заточке пластинчатых ножовок из термообработанной легированной стали наиболее значимым фактором влияющим на микрогеометрию лезвия является зернистость шлифо-

вального круга. шлифовального круга. Далее же следует значимость — твердость материала ножовки, твердость шлифовального круга. В качестве параметров характеризующих микрогеометрию режущей кромки использовали наибольшую высоту микронеровности профиля, среднеарифметическое отклонение профиля, высоту выступа, относительную опорную длину средней линии или микронеровностей по средней линии и ширину режущей кромки.

Увеличение зернистости и твердости шлифовального круга приводит к увеличению всех параметров кроме шага микронеровностей. При этом возможны образование дефектов заточки — прожога, заворотов лезвия, заусенец. Увеличение зерна шлифовального круга от  $60 \times 10^{-4}$  до  $400 \times 10^{-4}$  приводит к росту ширины режущей кромки на 30...40%. Твердость шлифовального круга на это параметр практически не влияет.

Все контролируемые параметры, кроме ширины режущей кромки, при увеличении исходной твердости ножовки уменьшается. Хорошие результаты показала до-

водка лезвия кожаным кругом с нанесенным на нем пасты ГОИ. Операция доводка позволяет уменьшить высотные и шаговые параметры микрогеометрии снизить на 15...20% ширину режущей кромки. Изменение угла заточки в диапазоне  $12... 35^{\circ}$  не оказывает заметного влияния на параметры микрогеометрии ножовки.

Высокую режущую способность лезвия можно получить при заточке электрокорундовым кругом и на керамической связке зернистостью 6,10,12 и твердостью М1 и М2. Последующая доводка лезвий кожаными кругами значительно увеличивает период стойкости инструмента. Увеличение качества отрезков и повышение эксплуатационной надежности позволяет увеличить эффективность работы.

Это свидетельствует о возможности использования тонких пластинчатых ножовок и многопильных рабочих органов мехножовочных машин рамного типа с целью снижения простоев и количества брака при работе поточных линий при работе поточных линий.

#### Литература:

1. Показатели безотказной работы пластинчатых ножей в машинах рамного типа. Хроменко. В.М, Уринов Н. Ф., Саидова М. Х. Хранение и переработка сельхозсырья. № 7 1997
2. Крагельский, И. В. Трение и износ. М.; Машгиз, 1977 г
3. Прокофьев, Г.Ф Устойчивость рамных пил., Лесной журнал, № 6 1982

## Применение вейвлет преобразования для расчёта действующих значений величин

Файфер Лилия Андреевна, ассистент  
Омский государственный технический университет

**Введение в вейвлет анализ.** Вейвлет преобразование в настоящее время нашло обширное применение в электроэнергетике в такие направления, как анализ качества электроэнергии, релейная защита электроэнергетических систем расчёты переходных процессов, диагностика электрического оборудования.

Вейвлеты были введены в конце 1980-х. Впервые термин «вейвлет» ввели Ж. Морлеи А. Гроссман. «Wavelet» в переводе на английский язык с французского слова «ondelette» означает «короткая волна». Также можно встретить в литературе такой перевод как «всплеск», «выброс» [1].

Согласно [2], вейвлетами называют особые функции, которые представляют собой малые волновые пакеты, имеющие значение интеграла равным нулю, локализацию по оси переменной ( $t$  или  $x$ ), способность к сдвигу и масштабированию (сжатию или растяжению).

Масштабирование и сдвиг происходит согласно следующей формуле

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (1)$$

где  $\psi(t)$  - это исходный (материнский вейвлет) из которого образован  $\psi_{ab}(t)$ , благодаря операциям изменения временного масштаба ( $a$ ) и сдвига во времени ( $b$ );  $a$  - это масштабирующее число, а множитель  $\frac{1}{\sqrt{a}}$  обеспечивает независимость нормы функции от масштабирующего числа.

Рассмотрим в качестве примера вейвлет функцию и модуль спектральной плотности этой функции (рисунок 1).

«Малые значения параметра  $a$  соответствуют мелкому масштабу вейвлет функции  $\psi_{ab}(t)$  или высоким частотам ( $\omega \sim 1/a$ ), большие значения  $a$  — крупному масштабу вейвлет функции  $\psi_{ab}(t)$ » [3]. Иначе говоря, мы растягиваем исходный вейвлет  $\psi(t)$  и сжимаем его спектр.

Если рассматривать частотную область, то спектры вейвлетов напоминают, так называемые, всплески или волночки. (Именно из-за этого обстоятельства встречаются

и такие варианты перевода слова wavelet на русский язык, как «волночка»). Они (всплески и волночки) имеют пик на

частоте  $\omega_0$  и полосу  $\Delta\omega$  (полосовой фильтр); при этом величины  $\omega_0$  и  $\Delta\omega$  снижаются при увеличении параметра  $a$ .

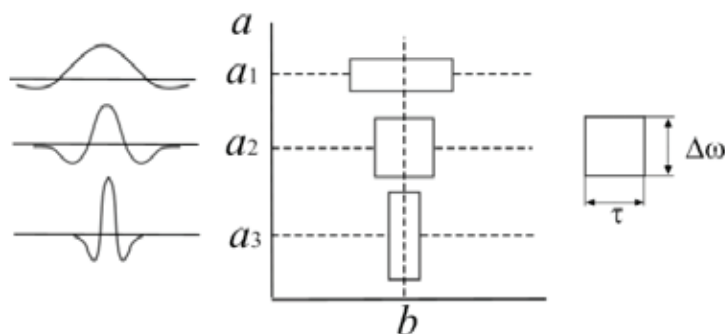


Рис.1. Масштабирование вейвлет функций

На данный момент существует большое количество типов вейвлетов.

Все материнские вейвлеты можно разделить на три группы.

1. Вещественные непрерывные вейвлеты. К ним относятся Гаусовы первого порядка, или WAVE — вейвлет, второго порядка, или МНАТ-вейвлет «мексиканская шляпа — mexicanhat»,  $n$ -ого порядка; DOG — difference of gaussians; LP — Littlewood and Paley.

2. Вещественные дискретные вейвлеты. Это HAAR-вейвлет «вейвлет Хаара» и FHAT — вейвлет «французская шляпа-frenchhat».

3. Комплексные вейвлеты. К этой группе относятся вейвлет Морле (Morlet) и вейвлет Пауля (Paul) [3].

Рассмотрим более подробно наиболее часто встречающиеся в литературе.

*Вейвлет Хаара.*

Вейвлет Хаара можно назвать самым простым типом вейвлета и наиболее распространённым. Но он имеет

пару недостатков, к которым можно отнести негладкость и несимметричность формы в  $t$ -области. Однако хорошо локализован во временной области. HAAR — вейвлет можно представить следующей ступенчатой функцией

Графическое представление вейвлета Хаара на рисунке 2.

Но большинство типов вейвлетов не имеют аналитической записи функции в явном виде одной формулой. И поэтому они задаются итерационными выражениями. Примером такого вида вейвлетов является функции Добеши (Daubechies). Которые являются одними из самых известных, ввиду того, что Игрид Добеши внесла огромный вклад в развитии теории вейвлетов. Они широко используются в практике и являются несимметричными.

Графическое представление вейвлета Добеши представлено на рисунке 3.

Кроме ранее рассмотренных вейвлетов имеются ещё вейвлеты, входящие в пакет WaveletToolbox. Это вейвлет

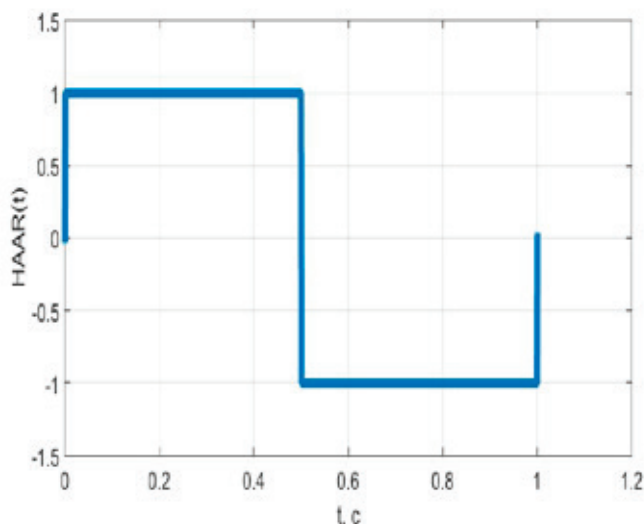


Рис. 2. Вейвлет функция Хаара

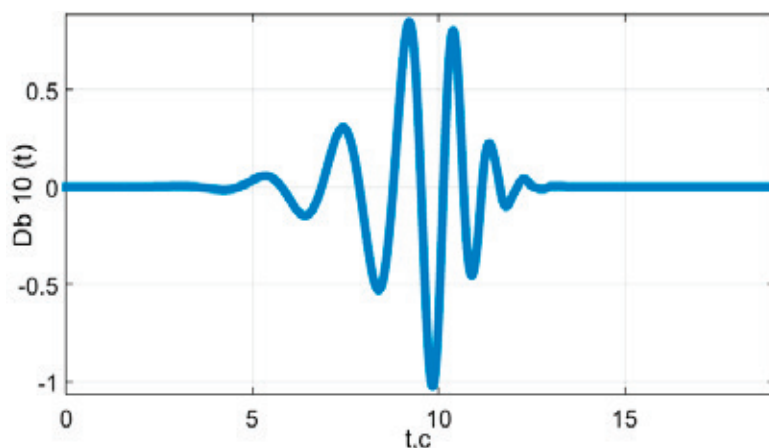


Рис. 3. Вейвлет Добеши 10 порядка

Симплета, биортогональный вейвлет, вейвлет Шеннона, вейвлет Мейера, вейвлет Койфлетса.

У любого типа вейвлета есть свои преимущества и недостатки. Поэтому какой вейвлет лучше использовать зависит от поставленной задачи и от анализируемого сигнала.

### Применение преобразования Фурье для анализа сигналов

Если применить преобразование Фурье для анализа стационарных сигналов тока и напряжения, то результат точно отражает картину, происходящую в сигнале. Од-

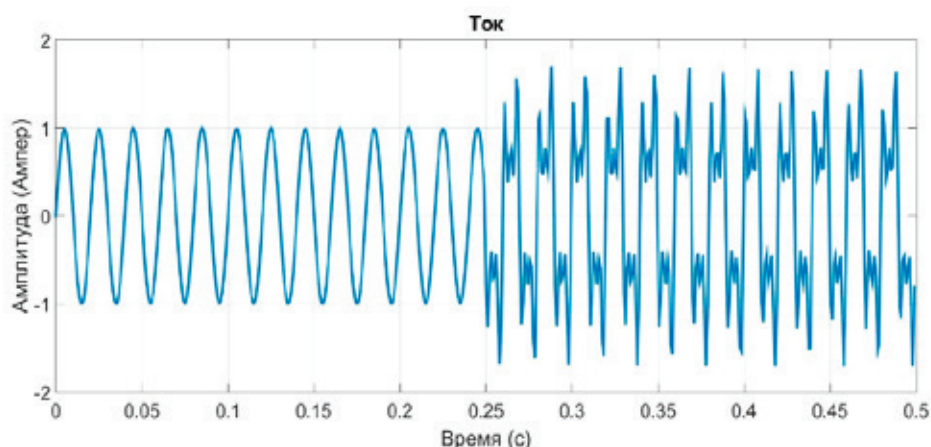


Рис. 4. Нестационарный сигнал тока

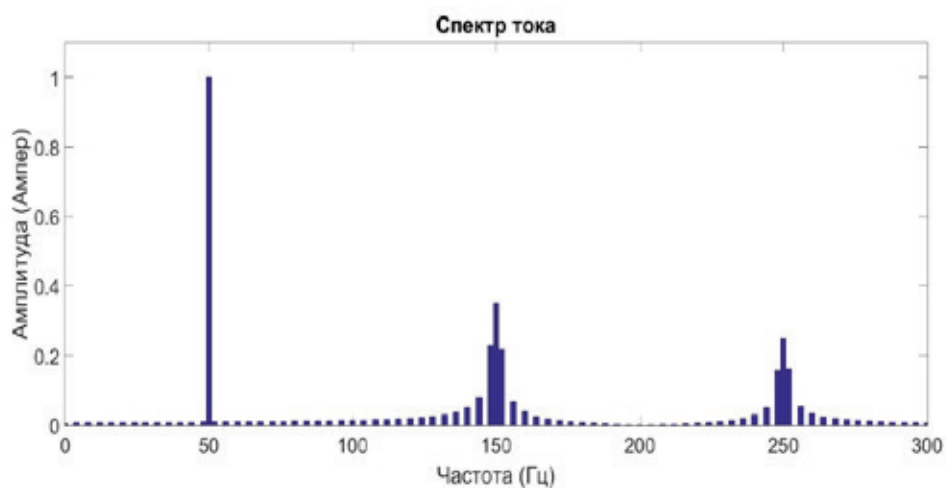


Рис. 5. Спектральный состав нестационарного сигнала тока



нако всё не так просто, если рассматривать нестационарные сигналы.

Нестационарным называется сигнал тока, в котором присутствуют различные частоты на разных временных интервалах. Смоделируем нестационарный сигнал тока (рисунок 4, рисунок 5).

Из полученных графиков видно, что имеются два временных промежутка, первый от 0 до 0,25 с, второй от 0,25с. до 0,5с. На первом временном интервале присутствует частота  $f=50$  Гц, на втором временном интервале присутствуют частоты  $f=50$  Гц,  $f=150$  Гц и  $f=250$  Гц.

Мы видим, что в случае нестационарного сигнала существует растекание спектра, с которым преобразование Фурье не справляется. Проблему растекания спектра можно решить с помощью оконного Преобразования Фурье. Но сложность при использовании оконного преобразования Фурье заключается в подборе ширины оконной функции.

В настоящее время большую популярность для анализа нестационарных режимов в электроэнергетике приобрело вейвлет преобразование. Так как оно решает те недостатки, которые присуще преобразованию Фурье.

### Вейвлет преобразования для расчёта действующих значений величин

Существует несколько видов вейвлет преобразований: непрерывное вейвлет преобразование, дискретное вейвлет преобразование, диадное вейвлет преобразование.

В основе вейвлет преобразования лежат две непрерывных и зависящих друг от друга функции (вейвлет функция и масштабирующая функция).

Для реализации применения вейвлет преобразования для расчёта действующих значений токов и напряжений зададим напряжения и токи в виде:

$$U_1 = 220\sqrt{2} \sin \omega t , \tag{2}$$

$$U_5 = 4\sqrt{2} \sin 5\omega t , \tag{3}$$

$$U_7 = 3\sqrt{2} \sin 7\omega t , \tag{4}$$

$$I_1 = 30\sqrt{2} \sin(\omega t - 18^\circ) ; \tag{5}$$

$$I_5 = 5\sqrt{2} \sin(5\omega t - 44^\circ) ; \tag{6}$$

$$I_7 = 3\sqrt{2} \sin(7\omega t - 60^\circ) . \tag{7}$$

где  $U_1$  - фазное напряжение 50 Гц;  $U_5$  - фазное напряжение 250 Гц;  $U_7$  - фазное напряжение 350 Гц;  $I_1, I_5, I_7$  — ток первой, пятой и седьмой гармоники.

Рассчитаем действующие значения двумя способами аналитически и по вейвлет коэффициентам. Используя дискретное вейвлет преобразование и программный комплекс MATLAB. Погрешность рассчитана между самым точным типом вейвлета и значением вычисленным аналитически.

**Вывод.** Вейвлет преобразование мощный инструмент для анализа сигналов в электроэнергетике, так как анализ качества электроэнергии является важным фактором и правильное определение параметром режима имеет большое значение. При сравнении результатов действующих значений токов первой, пятой и седьмой гармоник и действующих значений напряжения первой, пятой и седьмой гармоник получили погрешность не превысила 1%. Можно сделать вывод, что чем больше порядок используемого вейвлета, тем точнее получаются результаты.

Таблица 1. Расчёт действующих значений токов и напряжений

Величина	Расчётное значение	Расчет по вейвлет коэффициентам				Погрешность
		Haar	db 10	db24	db42	
$I_1, A$	30	27,448	29,987	29,998	30	0
$I_5, A$	5	1,864	4,917	4,992	4,999	0,0002
$I_7, A$	3	7,968	2,650	2,866	2,945	0,018
$U_1, A$	220	199,376	219,979	220	219,989	0,0001
$U_5, A$	4	13,233	3,893	3,994	3,999	0,0003
$U_7, A$	3	39,06	2,7282	2,8658	2,9454	0,018
Примечание						
$I_1, I_5, I_7$ - действующие значений тока первой, пятой и седьмой гармоники.						
$U_1, U_5, U_7$ - действующие значений напряжения первой, пятой и седьмой гармоники.						

Литература:

1. Нагорнов, О.В. Вейвлет-анализ в примерах [Текст]: учебное пособие / О.В. Нагорнов, В.Г. Никитаев, В.М. Простокишин, С.А. Тюфлин и др. — М.: НИЯУ МИФИ. — 2010. — 120 с.
2. Дьяконов, В.П. От теории к практике. Вейвлеты [Текст]: учебное пособие / А.Н. Дьяконов. — М: Салон-Р. — 2003. — 440 с.
3. Яковлев, А.Н. Введение в вейвлет-преобразование [Текст]: учебное пособие / А.Н. Яковлев. — Новосибирск: Изд-во НГТУ. — 2003. — 104 с.

## Существующие методы мониторинга силовых трансформаторов

Файфер Лилия Андреевна, ассистент  
Омский государственный технический университет

**Введение.** Силовые трансформаторы являются одним из значимых элементов энергосистемы, от которых зависит надёжность подачи электроэнергии. На данный момент реализовано множество методов защиты, диагностики, а также мониторинга силовых трансформаторов.

**Выделим основными параметры силовых трансформаторов, которые необходимо контролировать.**

1. Газы, растворенные в масле, и влагосодержание масла. Увеличение объёма растворённых газов в масле ведёт к снижению изоляции ввиду тепловой перегрузки изоляции, а также разрядных процессов. Такие параметры можно определить с помощью хроматографического анализа пробы масла, которые отбираются на протяжении длительного промежутка времени. Влажность для силового оборудования, находящимся в рабочем состоянии является очень опасным явлением.

2. Ток, напряжение, мощность. Перечисленные параметры характеризуют нагрузку трансформатора, а также являются входными величинами для моделей теплового баланса трансформатора.

3. Коммутационные и атмосферные перенапряжения. Перенапряжения характеризуют нагрузку системы изоляции. А возникающие неисправности служат факторами подтверждающими или опровергающими образование дефекта.

4. Частичные разряды. Увеличения уровня разрядной активности служит причиной снижения характеристик

твёрдой изоляции, которое ведёт к пробое и короткому замыканию.

5. Температура масла. Определение температуры масла характеризуют результативность системы охлаждения трансформатора, а также являются входными величинами для расчета наиболее нагретой точки обмотки трансформатора [1].

Наиболее важными контролируемыми параметрами силового оборудования являются: содержание влаги и температура масла.

### Существующие способы мониторинга силовых трансформаторов

С конца 60-х годов XX века одновременно в разных странах началась активное создание способов мониторинга и диагностики трансформаторов, основанных на различных физических принципах. Некоторые способы были введены в стандарт IEEE-standard. Разработанные на данный момент способы мониторинга могут быть применены для различных целей. Стоимость может варьироваться, так как затраты требуются и на установку, и на обслуживание этих систем персоналом. Все существующие системы мониторинга, которые предлагаются различными фирмами на рынке можно условно разбить на четыре укрупненные группы.

Первая группа представляет собой использование стационарных датчиков, которые могут определять содер-



Рис. 1. Существующие методы мониторинга силовых трансформаторов

жание газов в трансформаторном масле. Это довольно простой и дешевый метод для определения только возникающих признаков неисправностей. Так как в большинстве методов используется естественная циркуляция масла, то техническое обслуживание самих датчиков практически не требуется, стоимость установки и эксплуатации подобных систем невысока. Однако, большинство датчиков, в зависимости от принципа их работы, могут определять только уровень содержания водорода, либо суммарное содержание характерной комбинации растворенных в масле газов для определения уровня превышения над допустимой концентрацией. К тому же подобные датчики не отличаются высокой степенью точности измерения, а для такого рода анализа неисправности к тому же потребуются, как минимум, лабораторные исследования масла. Но, несмотря на это, подобные системы получили широкое распространение.

Вторая группа методов использует применение портативного контрольно-измерительного оборудования, которое позволяет избавиться от некоторых недостатков, присущих первой группе, расширить возможности по видам и точности измерений, а главное это то, что результаты анализов могут быть получены практически сразу же после взятия образцов и проведения измерений. Обычно портативное контрольно-измерительное оборудование используют в тех случаях, когда установка датчиков и использование лабораторий по экономическим причинам невыгодно. Так как портативное оборудование не применяется для непрерывного контроля оборудования, то этот факт отнести к недостаткам использования данной группы методов мониторинга. Многие методы не имеют возможности представления достаточной информации о содержании водорода, однако датчики для определения газов в масле справляются с этим недостатком.

Третья группа методов использует лаборатории. Преимуществом лабораторий является их возможность проведения большого количества высокоточных анализов содержания газа и воды в масле. Недостатком использования лабораторий является высокая стоимость анализов. А также велика стоимость установки лабораторий и последующего их обслуживания.

Четвёртая группа методов применяют системы мониторинга и диагностики непрерывного характера. Главным отличием данной группы методов мониторинга и от вышеперечисленных методов является отсутствие встроенных датчиков и присутствие внешних датчиков, которые способны контролировать различные параметры, которые были описаны выше.

При установке подобных систем большинство датчиков уже присутствуют на трансформаторе или устанавливаются позже, ввиду того что поставленных перед данными системами задачи могут быть различными. Помимо этого, требуется также обеспечение каналами связи. Основной недостаток подобных систем — это высокая стоимость установки [2].

Однако применение существующих систем мониторинга и диагностики для трансформаторов напряжением 6 (10) кВ в ряде случаев экономически не оправданно.

Все это свидетельствует как о перспективности развития данного направления, так и о необходимости решения ряда вопросов: снижение стоимости систем применение их в различных видах трансформаторов, повышение точности моделирования, а также внедрение новых типов датчиков, основанных на использовании оптоволокна.

**Внешние датчики для контроля состояния трансформатора.** Для каждой системы мониторинга выбор используемых датчиков определяется при проектировании системы мониторинга, а на этапе эксплуатации не совершенствуются.

Внешние датчики могут контролировать различные параметры и их количество для каждой системы конкретно не определено и может варьироваться.

Далее приведены функции внешних датчиков, применяемые системами мониторинга для трансформаторов 6–10 кВ.

Датчик для измерения масла в баке имеет возможность определять мониторинг температуры при её превышении (рисунок 2). Для этого применяется термометр Pt 100 резисторный, фиксируемый в отделение для термометра на трансформаторе. При изменении сопротивления температуры изменяется сопротивление самого датчика, которое переводится в аналоговый сигнал.



Рис. 2. Температурный датчик для измерения масла в баке

Внешний температурный датчик, определяющий содержание масла в системе охлаждения (рисунок 3). Датчик использует измерения температур на входе и выходе охладителей, для регулирования тепловых процессов. Другой

вид информации получают, используя дополнительные датчики. Система мониторинга, использующая данный вид датчика имеет возможность отключать либо включать оборудование систем охлаждения.



Рис. 3. Температурный датчик для измерения масла в системе охлаждения

Внешний датчик для регулирования напряжения, представленный как соединение конденсаторов (рисунок 4).

Значения, получаемые с данного вида датчика, определяют ресурсы изоляции обмоток, которые остаются.

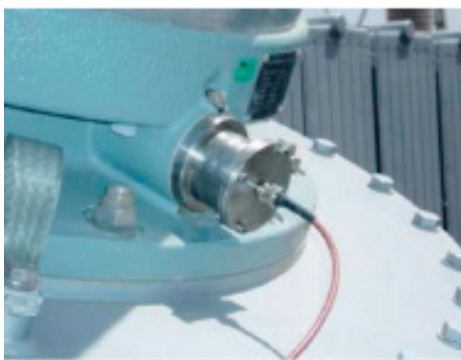


Рис. 4. Датчик для регулирования напряжения

Для измерения содержания водорода и воды используется датчик AMS 500 Calisto (рисунок 5). Процедура измерения водорода происходит в два действия. Для начала используя зонтик извлекается водород из масла, далее измеряется количество присутствующего водорода на основе

высокоточной технологии. Измерение воды осуществляется при наличии емкостного тонкопленочного датчика. Calisto — датчик устанавливается на трансформаторе внутри главного корпуса.



Рис. 5. Датчик AMS 500 Calisto

Анализатор Transfix для определения содержания газов с помощью фотоакустической спектроскопии. Он имеет

возможность определять содержание восьми газов и содержание влаги [3].



Рис. 6. Датчик Transfix

На данный момент набирают популярность оптоволоконные датчики, которые решают значительную часть проблем, существующие у действующих систем мониторинга.

**Вывод.** Силовой трансформатор является одним из самых важных элементов энергосистемы. Поэтому на

данный момент существует большое разнообразие методов мониторинга силовых трансформаторов. Существует большое разнообразие датчиков, применяемых системами мониторинга. Однако применение оптоволоконных датчиков решает значительное количество проблем.

Литература:

1. Живодерников, С.В. Зарубежный опыт мониторинга состояния маслонаполненного оборудования [Текст] / Материалы четвертого научно-практического семинара Общественного Совета специалистов Сибири и Востока по проблемам мониторинга трансформаторного оборудования и диагностики электрических установок, Белокуриха, 20–24 апреля 2009 / С.В. Живодерников, А.Г. Овсянников, В.А. Русов // Новосибирск, ГЦРО, 2009. — С.7–22.
2. Кириченко, Н.В. Системы мониторинга и диагностики силовых трансформаторов [Текст] / Н.В. Кириченко, С.С. Гиришин, Т.С. Тривайлов // Современные технологии в энергетике. — Омск: ОмГТУ. — 2013 г. — с.160–163.
3. Чичёв, С.И. Информационно — измерительная система электросетевой компании [Текст] / С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин: — М.: Спектр, 2011. — 156 с.

## Способы контроля силовых трансформаторов

Файфер Лилия Андреевна, ассистент  
Омский государственный технический университет

**Введение.** Одним из важнейших элементов энергетической системы, который необходимо контролировать является силовой трансформатор. Из-за большого разнообразия возникающих дефектов в трансформаторе требуются различные способы их контроля состояния. Поэтому на данный момент существует разнообразие методов защиты и способов контроля силового оборудования.

**Основные виды повреждений,** возникающих в силовых трансформаторах.

Основные виды дефектов представлены диаграммой на рисунке 1.

Наглядно видно, что наибольшее количество дефектов возникает в РПН, ПБВ и в изоляции.

Перечислим виды повреждений могут возникнуть и места их возникновения в трансформаторах.

1. Повреждения в обмотках. При коротком замыкании ввиду недостаточной динамической стойкости возникают деформации, которые могут быть следствием разрушения изоляции. Ввиду негерметичности трансформатора обра-

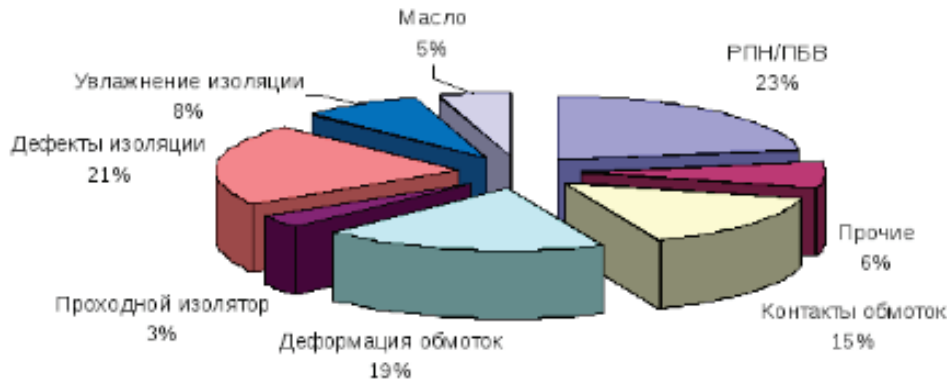


Рис.1. Возможные виды дефектов в трансформаторах

зуются загрязнения и влажность, что приводит к уменьшению электрической прочности изоляции, а также может привести к пробое. Ещё факторами, которые могут привести к пробое изоляции являются износ и снижение механической прочности. И конечно дефекты могут возникнуть в процессе изготовления.

2. Повреждения в магнитопроводе. При возникновении контура короткого замыкания ввиду перегрева сердечника может быть следствием пожара в железе.

3. Повреждения в системе охлаждения. При возникновении повреждений маслонасосов ввиду нарушений работы, что является следствием загрязнения масла различными примесями. Перегрев трансформатора является следствием засорения трубок охладителя.

4. Искрение, подгар контактов происходит из-за нарушения контактов. Это вид повреждений возникает в устройстве РПН

5. Повреждения в различных узлах. Дефекты сальников задвижек возникают из-за нарушения герметичности бака. Дефекты монтажа могут привести к перегреву контактных соединений. Течь масла приводит происходит ввиду некачественного монтажа либо некачественной прокладке. К пробое приводит окисление масла.

Как видим возможно большое количество дефектов и все их выявить нет возможности. Причинами являются как технический аспект, так и экономический. Больше внимание уделяется выявлению наиболее часто встре-

чающихся дефектов и опасных для самого трансформатора. Наибольшее количество повреждений происходит по причине дефектов изоляции [1].

Используя рисунок 2 можно сделать вывод, что большое количество дефектов возникает в результате различных ошибок персонала.

В процессе работы трансформатора поддается контролю части режимов нагрузок, рабочие напряжения. Затем проверяется для данного трансформатора их соответствие допустимости.

Когда рассматривают ответственные трансформаторы в случае непрерывного контроля часто используются газохроматографический анализ содержания газов в масле, измерение количества частичных разрядов и температурный контроль обмотки трансформатора в наиболее нагретой точке.

Рассмотрим периодические испытания, требующие отключения трансформатора от сети.

**Периодический контроль состояния.** Сущность периодического контроля состоит в анализе проб масла. С помощью данного вида контроля трансформатора становится возможным определение процесса старения оборудования, затем предпринимать меры своевременно для поддержания его работоспособности. Периодичность отбора проб определяется нормативными документами. Уход за маслом представляет собой очистку, дегазацию, сушку. По полученным пробам ана-

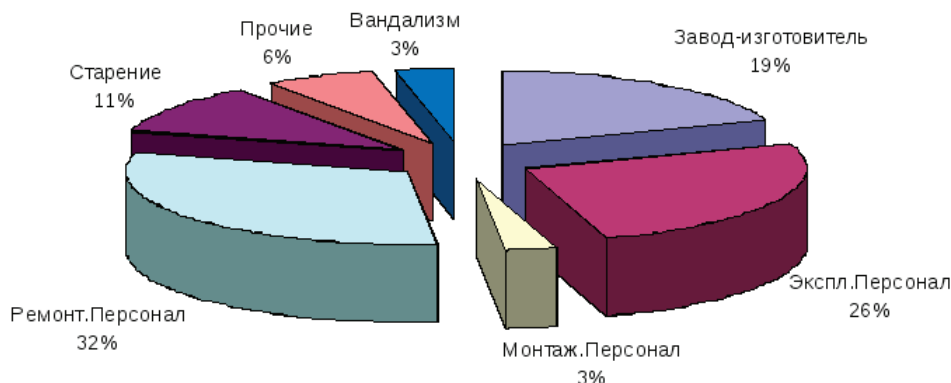


Рис. 2. Первопричины повреждений

лиза трансформаторного масла проверяется состояние изоляции.

**Измерение частичных разрядов.** Метод определения частичных является важным для обнаружения повреждений изоляции конструкций высокого напряжения. Присутствие частичных разрядов является следствием неполноценности прочности изоляции, что вызывает повреждение самого оборудования. Обнаружение частичных разрядов имеет результат в случае превышения рабочего напряжения. Для этого производится специальное оборудование для обнаружения частичных разрядов. Например, анализатор частичных разрядов TE 571. Это цифровой измеритель, обрабатывающий полученные данные на компьютере.

**Тепловизионный контроль.** Данный способ обнаруживает недостатки внешних соединений контактов, нагрев некоторых участков, перегрев контактов поверхности бака и РПН. Представляет собой контроль нагрева внешней поверхности трансформатора. Нагревы высоковольтных вводов становятся явными, используя тепловизионное оборудование. Тепловизионный контроль, как один из видов контроля трансформаторов набирает популярность и распространение в России. Оборудование, которое имеется как зарубежное, так и нашего производства не позволяет находить повреждения, возникающие внутри трансформатора.

Тепловизионный контроль в России применяют как специальные организации, цель которых диагностирование проблем, так и службами энергетических систем. Наибольшую эффективность при поиске дефекта показывает исследование систем охлаждения.

**Вибрационный контроль прессовки.** В время работы трансформатора в российских энергетических системах начали использовать вибрационную диагностику, которая производит измерение вибрации бака.

**Контроль теплового состояния трансформаторов.** Во время эксплуатации трансформатора важным фактором является температурный контроль. Для реализации данного метода могут быть применены косвенные методы, когда осуществляют измерения температуры верхних слоёв масла, либо определение температуры только наиболее нагретых точек трансформатора (измерения осуществляются внутри трансформатора). Полученные измерения способствуют оценке на перегрузочную способность при стандартных испытаниях. Однако применение оптоволоконных датчиков, которые установлены в обмотку, имеют расширенные возможности. Температурный контроль наиболее нагретых точек способен находить оптимальное число вентиляторов и насосов, находящихся в работе при температуре окружающей среды и наличие нагрузки, что способствует уменьшению потерь в системе охлаждения и увеличению КПД.

На заводах при типовых испытаниях используются прямые методы определения температуры наиболее нагретой части обмотки. Непрерывный контроль измерения наиболее нагретых точек достаточно дорой способ кон-

троля, поэтому применяется только в случаях, требующих работу наиболее крупных и ответственных трансформаторов.

Существенными недостатками применения косвенных методов определения температуры в обмотках является то, что они не способны определить истинную температуру обмоток. Появившиеся точечные и распределённые датчики определяют температуру в самих обмотках. А применение оптоволоконной техники, выводящие результаты на компьютер, дают возможность установки датчика в обмотку, и данный способ позволяет при осуществлении измерений совершенно избавиться от помех электромагнитного характера.

**Контроль анализа растворённых газов, применяя устройства непрерывного контроля.** Основным способом контроля, выявляющим большую часть возникающих повреждений, является в настоящее время хроматографический контроль газов, содержащихся в масле. Газохроматографический анализ применяют крупнейшие энергетические компании и фирмы, производящие трансформаторы, однако применяют разные системы обнаружения типологии повреждений. Данный вид контроля выявляет наибольшее количество существующих повреждений внутри трансформатора. Наиболее актуальны определение медленно создающихся дефектов, например, разряды и перегрев изоляции.

Существует различные приборы для определения содержания газов, которые полностью работают в автоматическом режиме. Мощно выделить преимущества свойственные данному виду оборудования: отсутствие ошибок свойственных человеку при проведении измерений.

Зная, что в анализ растворённых газов (АРГ) является отличным инструментом, который даёт специалисту точные данные, при этом нет необходимости выводить трансформатор из работы. Рассмотрим с помощью какого оборудование может быть обеспечен онлайн анализ газов, растворённых в масле.

**Оборудование для онлайн АРГ.** На рисунке 3 изображены приборы, расположенные по стоимости и по возможностям. Прибор Hydran M2 из перечисленных самое дешёвое и простое по функциональным возможностям, существующее на рынке около 30 лет, способное контролировать смесь газов и содержание влаги. Прибор MiniTrans, занимает среднюю позицию, позволяющее определять содержание трёх газов и содержание влаги. Приборы Transfix, Multitrans и TapTrans способны определить содержание восьми видов газов и содержание влаги.

Диагностирование и контроль трансформаторов являются сильным инструментом в руках специалистов, однако применяемое оборудование не имеет возможно принимать решения за людей. Рассмотрим на примере одной из подстанций юга России. На данной подстанции на трансформатор поместили устройство Hydran M2. По истечению некоторого промежутка времени спокойной работы прибора происходит сигнализация прибора на увеличение скорости нарастания газов. Только за одни сутки



Рис. 3. Оборудование для онлайн АРГ

количество газов было превышено в два раза. Но трансформатор не был выведен из режима работы на протяжении недели, хотя сигналы нарастания содержания газов были. Персоналом не было предпринято никаких действий, что привело к полному отказу трансформатора [2].

**Вывод.** Разнообразие видов дефектов обширно. Должное внимание уделяется наиболее обнаруживаемым

дефектам. Наибольшее количество повреждений происходит по причине дефектов изоляции. В зависимости от видов существующих повреждений применяются различные способы контроля трансформаторов. Основным способом контроля, выявляющим большую часть возникающих повреждений, является хроматографический контроль газов, содержащихся в масле.

Литература:

1. Голоднов, Ю.М. Контроль за состоянием трансформаторов [Текст] / Ю.М. Голоднов. — М.: Энергоатомиздат. — 1988.
2. Дробышевский, С.А. Онлайн-мониторинг трансформаторов: обзор и опыт применения [Текст] / Материалы МНПК, посвященной 70-летию Виктора Соколова / С.А. Дробышевский // Екатеринбург, ГЦРО. — 2010. — С.7–22.

## Степень кристалличности композитов, переработанных литьем под давлением

Фатоев Исмоил Исломович, кандидат технических наук, доцент;  
 Аслонов Бахтиёр Бобокулович, старший преподаватель  
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Следует отметить, что свойства полимеров, сформированных на химически инертных поверхностях наполнителя, отличаются от свойств в объеме [1]. Степень изменения свойств и структуры полимера в граничном слое зависит от химической природы полимера и наполнителя, формы и содержания, среднего размера, ее распределения в объеме полимерной матрицы, условий формирования межфазного слоя, а также структурно-механической неоднородности межфазной границы. Однако при интерпретации экспериментальных данных активная роль отводится селективному влиянию поверхности на процессы, протекающие в межфазном слое. При этом не учитывается такой важный фактор как дефектность структуры, возникающая в объеме полимерной композиции в процессе ее переработки в изделия, хотя хорошо известно [1], что введение высокодисперсного наполнителя в полимерную матрицу приводит к возникновению в ней допол-

нительной структурно-механической неоднородности, обусловленной формированием рыхлоупакованных межфазных слоев полимера с ограниченной подвижностью. Более того, для оценки дефектности структуры полимерных материалов используют [2] одну количественную макроскопическую характеристику-степень кристалличности, что явно недостаточно для столь различных микроскопических дефектов и особенно дефектов трехмерного состояния, т.е. вопрос дефектности структуры «спрятан» [3] в понятие кристалличности. Тем не менее в качестве первичной оценки особенностей структуры полимера, а также при сравнительных испытаниях одного и того же полимера с различной предысторией эта характеристика может быть в ряде случаев полезным показателем, связанным со свойствами полимера [4].

Нам представляется, что основными структурными параметрами, ответственными за эксплуатационные,



прежде всего, деформационно-прочностные и диффузионно-сорбционные свойства дисперсно-наполненных кристаллизующихся полимеров, является плотность упаковки, дефектность структуры и степень кристалличности. Эти показатели непосредственно связаны со способами приготовления полимерных композиций, методами их переработки и являются показателями, чувствительными к изменению условий получения изделий.

Физико-механические испытания полимерных композиционных материалов показали, что при активационном наполнении разрушающее напряжение при разрыве, модуль упругости при сжатии, изгибе и растяжении полиолефинов возрастают по сравнению со соответствующими показателями материалов, полученных механическим смешением полимерного порошка с частицами высокодисперсного наполнителя. На кривых зависимости относительного удлинения при разрыве ( $\epsilon_p$ ) образцов от содержания наполнителя ( $\phi$ ) имеется два участка [5]: первый участок обусловлен ориентационными процессами в матрице ПЭВП, а второй — микродеформациями в граничных с частицами наполнителя областях полимера. Точка перегиба на этих кривых соответствует критическому содержанию наполнителя ( $\phi_{кр}$ ), выше которой полимерная матрица практически теряет способность к ориентации. Установлено, что величины  $\epsilon_p$  и  $\phi_{кр}$  существенно зависят от способов переработки полимерных композиций, содержания и природы наполнителя (кальцита, каолина, графита, туфа и цеолита). Снижение  $\phi_{кр}$  объясняется уменьшением возможности микродеформаций в граничных с частицами наполнителя областях полимера, что подтверждает результаты электронномикроскопического анализа образцов, свидетельствующие об образовании вакуолей вокруг частиц наполнителя при деформировании композиции.

Нами экспериментально установлено, что при растяжении литьевые образцы сильно размягчаются. Это явление обычно наблюдается в той части рабочего участка литьевого образца, где максимально удалена от литникового канала. Размягчение литьевых образцов характерно для всех исследованных полимерных композиционных материалов независимо от природы и содержания высокодисперсного наполнителя в полимерной матрице. Размягчение образца в процессе деформации является результатом перегруппировки молекул полимера на поверхности твердых частиц наполнителя [6], и снижении твердости с ростом деформации [7], а также в облегчении ориентации. При растяжении связи между полимерной матрицей и частицы наполнителя разрушаются и вокруг твердых частиц образуются вакуоли, что приводит к размягчению образца. При этом благодаря образованию дополнительной сетки процесс изменения структуры с деформацией затрудняется, так же как при увеличении межмолекулярных взаимодействий.

Размягчение образцов, происходящее под действием растягивающих напряжений, в значительной степени связано с задержкой релаксационных явлений. В результате размягчения образца, облегчается ориентация макромолекул в вершинах трещин, где деформация значительно больше средней. Действительно, нами методом нанесения меток на поверхности литьевых образцов установлено, что при растяжении только 15–17 мм от общей рабочей длины образца (50 мм) переходит в шейку, причем как процесс шейкообразования, так и разрушения начинаются в той части рабочего участка образца, который максимально удален от литникового канала. Остальная часть рабочей длины образца (33–35 мм) практически не деформируется. Если разделить прирост длины деформированного образца не на общую начальную рабочую

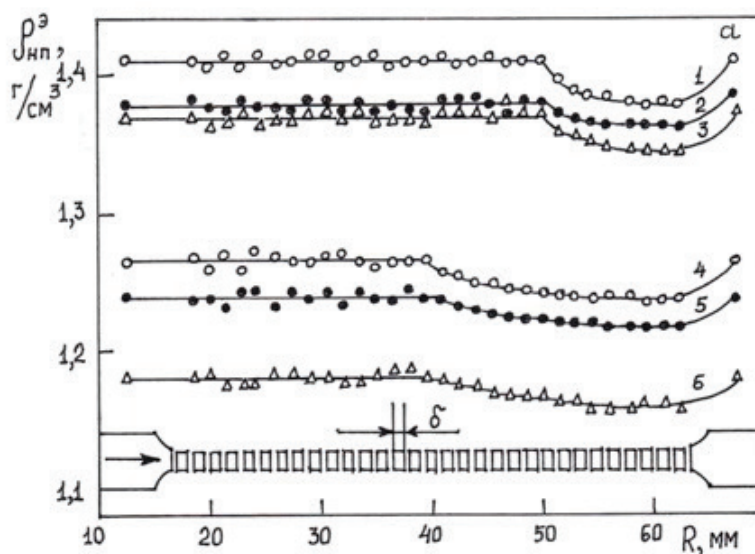


Рис. Зависимости плотности (а) дисперсно наполненного ПЭВП, содержавшего 50% кальцита (1), 50% туфа (2), 50% каолина (3), 35% кальцита (4), 35% туфа (5) и 35% каолина (6) от длины рабочего участка литьевого стандартного образца

длину, как это делается обычно на практике, а на ту длину, которая фактически переходит в шейку, то величина увеличивается в 4–5 раз.

Следует особо отметить, что наполнители разной природы (в данном случае кальцит, каолин и туф) могут по-разному распределяться в объеме полимерной матрицы и влиять на него структуру. Поскольку частицы наполнителя имеют тенденцию распределяться именно в аморфных фазах и менее упорядоченных участках полимера [8], то там создается повышенная по сравнению с остальным объемом концентрация наполнителя. Поэтому с ростом содержания наполнителя в полимерной матрице увеличивается плотность композиции (рис. а).

Для исследованных полимерных композиций характерны не только малые размеры кристаллических областей, но и их дефектность, т.е. отклонения от правильного трехмерного порядка внутри кристаллов. По существу, в качестве своеобразных макродефектов струк-

туры, можно рассматривать всю аморфную фазу закристаллизованного полимера. Процесс перестройки сферолитно-фибриллярной структуры в ориентированную фибриллярную начинается на меридиальных границах сферолитов. В этих местах образуются микроскопические шейки и микроразрывы. Кроме того, при формировании образцов из высоковязкого расплава полимера охлаждение поверхности и внутреннего объема происходит неравномерно, что приводит к появлению на его поверхности микроскопических трещин и пор [9]. Явление побеления, наблюдаемое в процессе деформирования и разрушения дисперсно-наполненных полимерных материалов объясняется межчастичной фибриллизацией и образованием микротрещин в плоскостях, перпендикулярных направлению деформации и разделенных друг от друга областями сильно ориентированных и более крупных микропустот. Подобное явление аналогично трещинообразованию.

#### Литература:

1. Липатов, Ю. С./Физическая химия наполненных полимеров. //М.: Химия, 1977. 304 с.
2. Джейл, Ф. Х./Полимерные монокристаллы. //Пер. с англ. Под ред. С. Я. Френкеля. Л.: Химия, 1968. 552с.
3. Манин, В. Н., Громов А. Н., Григорьев В. П./Дефектность и эксплуатационные свойства полимерных материалов. //Л.: Химия, 1986. 184с.
4. Чалых, А. Е., Злобин В. Б./Современные представления о диффузии в полимерных системах.//Успехи химии, 1988. Т. 37. Вып.6. С.903–928.
5. Фатов, И. И., Громов А. Н., Назаров В. Г., Кондратов А. П., Манин В. Н. Влияние дисперсных наполнителей на структуру и свойства ПЭВП.//Пластические массы, 1991. № 11. С.32–35.
6. Малинский, Ю. М./О влиянии твердой поверхности на процессы релаксации и структурирования в пристенных слоях полимера.//Успехи химии, 1970. Т. 39. Вып.8. С.1511–1535.
7. Зуев, Ю. С./Разрушение эластомеров в условиях, характерных для эксплуатации //М.: Химия, 1980. 288с.
8. Соломко, В. П./Наполненные кристаллизующиеся полимеры.//Киев.: Наукова думка, 1980. 262с.
9. Гуль, В. Е., Задоя М. А./Влияние ориентации подложки на адгезионную прочность полимерных соединений //Высокомолекулярные соединения. Серия А, 1976. Т. 18. № 9. С.2000–2003.

## Плотность упаковки и дефектность структуры композитов

Фатов Исмоил Исмолович, кандидат технических наук, доцент;  
Аслонов Бахтиёр Бобокулович, старший преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Известно [1], что в случае введения высокодисперсных наполнителей в полимеры, помимо улучшения ряда эксплуатационных свойств (плотности, жесткости, твердости, прочности и т.д.), сильно снижаются деформационные характеристики полимера. В этом плане несомненный научный и практический интерес представляет исследование дефектности структуры в зависимости от природы и содержания наполнителя, а также способов переработки полимерных композиций в изделия. Между тем важность этой проблемы связана не только с постановкой общей задачи о взаимодействии полимерной ма-

трицы с высокодисперсными наполнителями, но и применением изделий из полимерных композиционных материалов в промышленности.

Объектами исследования служили композиционные материалы на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) марки 20908–040 (ГОСТ 16338–77) с показателем текучести расплава 4,9 г/10 мин и плотностью 0,945 г/см<sup>3</sup>. В качестве наполнителей использовали туф, кальцит (CaCO<sub>3</sub>) и каолин в количестве 35 и 50 мас.%. Дисперсность наполнителей составляла 7–10 мкм. Полимерные композиции получали в виде гранул методом активации по-

верхности наполнителей при механическом помоле. Образцы для испытаний получали в виде двухсторонних лопаток с размерами 80x5x3 мм (ГОСТ 11262–80, тип 5) литьем под давлением в соответствии с технологическими режимами, рекомендованными ТУ 6–05–111–293–84. Плотность образцов определили методом гидростатического взвешивания в водно-спиртовом растворе. Объемное содержание дефектов и степень кристалличности дисперсно-наполненных полимерных материалов рассчитывали по соотношениям, предложенным в работе [2].

Полученные данные представлены на рисунке. Установлено, что исследованные полимерные композиции, содержащие кальцит, каолин и туф представляют собой гетерогенные полимерные системы, структура и свойства которых определяются соотношением компонентов в композиции. Это подтверждается экспериментальными данными распределения плотности по длине рабочего участка стандартного литьевого образца (рис. а). По ступенчатому расположению точек на прямых и характеру изменения плотности, дефектности (рис. б) и степени кристалличности (рис. в) видно, что полимерные композиции имеют сложную структуру. Это, прежде всего, связано с неравномерным распределением частиц наполнителя в объеме полимерной матрицы и неравновесной кристаллизацией расплава в различных сечениях холодной формы.

Экспериментально установлено, что чем выше содержания наполнителя в полимерной матрице, тем выше плотность наполненного полимера, объемное содержание дефектов и степень кристалличности (рисунок). Однако эти показатели существенно зависят от длины рабочего участка стандартного литьевого образца. Видно, что чем дальше от литника (особенно на противоположной стороне от литника), плотность образцов ниже, чем на расстояниях, ближе к литнику (рис. а). Причем наблюдаемое явление характерно для всех исследованных полимерных композиций. Если для наполненного ПЭВП, содержащего 50% наполнителя снижение плотности наблюдается на расстояниях 50 мм от литника (точнее в противоположной стороне от литника), то при относительно низких содержаниях наполнителя снижение плотности происходит со середины рабочей части литьевого образца. Более того, при незначительном снижении плотности (всего лишь на 0,06 г/см<sup>3</sup>), наблюдаемое на противоположной стороне от литника (рис. а), объемное содержание дефектов увеличивается более чем в два раза (рис. б) и степень кристалличности увеличивается на 2,0% (рис. в).

На внешней поверхности образцов, содержащие более 35% наполнителя обнаружено наличие отдельных частиц наполнителя, неупорядоченные их скопление и агрегаты, появляющиеся вследствие неполного смачивания поверхности наполнителя расплавом полимера. Это свидетельствует о недостаточной прочности связи макромолекул полимера с частицами высокодисперсного наполнителя, что приводит к сильному снижению деформационно-прочностных показателей дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов [3].

Увеличение степени кристалличности связано с уменьшением расстояния между частицами наполнителя и снижением аморфной фазы (рис. в). При этом следует учесть, что частицы наполнителя распределяются преимущественно в аморфной фазе и неупорядоченных участках полимера. Это согласуется с представлением о вытеснении сферолитами частиц наполнителя в аморфную фазу полимера в случае, если размер этих частиц значительно превосходит размер ядра зародыша сферолита [1].

Аномальное снижение плотности и увеличение дефектности литьевых образцов может быть связано с термическими коэффициентами расширения полимерной матрицы и высокодисперсного наполнителя. Полимерная матрица, у которой термический коэффициент расширения значительно выше, чем у высокодисперсного наполнителя, «обжимает» частицы, что препятствует появлению подвижности фаз на границе раздела даже при слабой адгезионной связи. Термический коэффициент расширения полимера в поверхностном слое при температурах выше и ниже температуры стеклования закономерно увеличивается с ростом удельной поверхности наполнителя. Это указывает на возникновение в тонких слоях полимера на наполнителе неплотной упаковки макромолекул и увеличение на них доли свободного объема. Другими словами, термический коэффициент расширения с ростом содержания твердых частиц наполнителя закономерно повышается [4].

Отмечают [5], что концентрация пор на поверхности ПЭ в 10 раз больше, чем в объеме. Действительно, в поверхностных слоях подвижность молекул выше, чем в объеме, что, по-видимому, способствуют образованию более пористой структуры. Все эти факторы способствуют снижению плотности и увеличению дефектности структуры литьевых полимерных изделий.

Существенная структурная макронеоднородность литьевых изделий из композитов можно обнаружить не только при стандартных механических испытаниях, но и методом набухания микрообразцов в физически активных жидких средах [6]. Установлено [7], что практически все стандартные литьевые образцы, испытываемые на прочность при одноосном растяжении разрушаются в той части рабочего участка, которая максимально удалена от литникового канала. Причем наблюдаемое явление не зависит от природы полимера и высокодисперсного наполнителя, а также от его содержания в полимерной матрице. Более того, предварительная термообработка готовых литьевых изделий из композитов в воздушной среде или в не абсорбируемых жидкостях при температурах, ближе к температуре плавления полимерной матрицы, не приводит к изменению места очагов разрушения. Локализация места разрушения литьевых образцов указывает не одну из причин существующей неоднородности — наличие внутренних напряжений, возникающих при течении высоковязкого остывающего расплава дисперсно-наполненного полимера внутри формы и «замороженных» при охлаждении образцов.

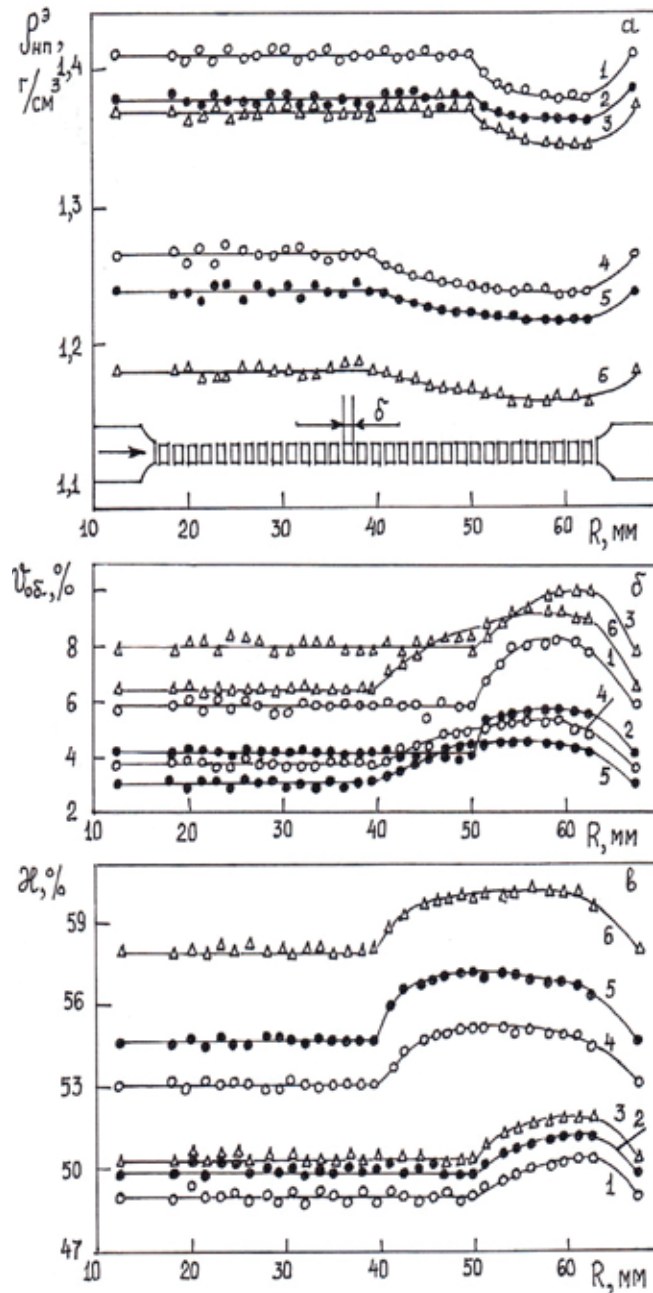


Рис. Зависимости плотности (а), дефектности (б) и степени кристалличности (в) дисперсно-наполненного ПЭВП, содержащего 50% кальцита (1), 50% туфа (2), 50% каолина (3), 35% кальцита (4), 35% туфа (5) и 35% каолина (6) от длины рабочего участка литьевого стандартного образца. Стрелкой показана направление литья.

Наблюдаемое явление объясняется тем, что максимальная степень ориентации достигается в зоне впрыска материала в форму, а у противоположной стенки формы она минимальная [8]. К тому же, ориентация макромолекул, происходящая, как правило, при литье под давлением, преимущественно поперек направлению движения потока полимерного расплава [9]. Продольная ориентация макромолекул возникает только в тех случаях, когда расплав протекает в очень узких каналах с сечением менее 1 мм<sup>2</sup>. Только на первом участке изделия, находящемся непосредственно после литникового канала, макромолекулы располагаются вдоль оси потока. Кроме того, интенсивные сдвиговые воздействия на расплав по-

лимера активизируют превращения, приводящие к изменению его молекулярно-массовых характеристик [10]. Результирующее изменение этих показателей определяется соотношением реакции разрывов макромолекул и присоединения макрорадикалов при формовании изделия. Следствием специфических условий литья под давлением является различие уровней изменения молекулярно-массовых характеристик полимера в объеме полости формы. Неоднородность этих характеристик полимера в сечении изделия, перпендикулярном направлению впрыска расплава, рассмотрена в работах [8].

Таким образом, плотность упаковки макромолекул, дефектность структуры и степень кристалличности

литьевых изделий из композитов тесно связана с неоднородностью молекулярно-массовых характеристик полимерной матрицы и неравномерностью распределения

частиц наполнителя в морфологических зонах изделия и может быть объяснена различием условий формирования материала в сечении формы.

Литература:

1. Липатов, Ю. С./Физическая химия наполненных полимеров.//М.: Химия, 1977. 304с.
2. Варкалис, А. Ю., Брантс И. П., Яунроманс И. И., Метра А. Я./Свойства и структура наполненных композиций полиолефинов.//Пластические массы, 1985. № 2. С.37–39.
3. Фатоев, И. И., Громов А. Н., Назаров В. Г., Кондратов А. П., Манин В. Н./Влияние дисперсных наполнителей на структуру и свойства ПЭВП.//Пластические массы, 1991. № 11. С.32–35.
4. Липатов, Ю. С., Фабуляк Ф. Г., Сергеева Л. М./Определение величины свободного объема при температуре стеклования из данных по временам объемной релаксации.// Высокомолекулярные соединения. Серия Б, 1968. Т. 10. № 7. С.527–529.
5. Пахомов, П. М., Круглова Е. В., Хижняк С. Д./Изучение пористости полимеров методом ИК-спектроскопии.// Высокомолекулярные соединения. Серия Б, 2000. Т. 42. № 6. С.1081–1088.
6. Фатоев, И. И., Кондратов А. П./Дефектность структуры литьевых полимерных изделий.//Научный вестник Бухарского госуниверситета, 2001. № 4. С.53–57.
7. Манин, В. Н., Фатоев И. И., Патрикеев Г. А., Кондратов А. П./Оценка макронеоднородности ортопластов методом краевого надреза.//Пластические массы, 1985. № 9. С.36–38.
8. Морозова, С. П., Фридман М. Л., Абрамов В. В., Симонов-Емельянов И. Д., Зинченко С. А./Ориентационные эффекты и структура литьевых изделий из полиолефинов.//Пластические массы, 1979. № 9. С.39–42.
9. Натов, М. А., Мицулов А. И./О надмолекулярной структуре полимерных изделий.//Высокомолекулярные соединения. Серия А, 1983. Т. 25. № 6. С.1140–1148.
10. Акутин, М. С., Абрамов В. В., Соиреф Д. А., Валиотти Н. Н., Паверман Н. Г./Молекулярно-массовые характеристики ПЭНД при литье под давлением.//Пластические массы, 1984. № 12. С.29–30.

## Информационно-компьютерное сопровождение бизнес-процессов торговой компании

Федотов Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
Иванов Алексей Михайлович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

*В данной статье представлены результаты реализации программного модуля для сайта торговой компании. Обоснован выбор инструментальных средств разработки. В качестве языка программирования были выбраны PHP, JavaScript, HTML, CSS, MySQL, а в качестве среды разработки Sublime Text.*

**Ключевые слова:** программный модуль, торговая компания, пользовательский интерфейс, язык и среда программирования, клиент-серверная архитектура

Любая современная коммерческая организация рано или поздно встает перед необходимостью создания собственного сайта в интернете. Интернет-представительство имеет несколько важных задач, которые успешно решаются, если сайт создан удачно. Это и привлечение внимания потенциальных клиентов, и расширение сферы деятельности компании, и повышение собственного имиджа и популярности, и получение ощутимой экономической прибыли.

В связи с этим возникла необходимость в разработке программного модуля для сайта торговой компании (ПМ ТК). До разработки модуля присутствовал ряд суще-

ственных недостатков, что затрудняло бизнес процессы торговой компании. Использовались бумажные архивы, возникали проблемы с представлением актуальной информации покупателю, с размещением и распространением информации, с поиском аналогичных товаров данной категории, отсутствовала технология подбора сопутствующих товаров.

После разработки программного модуля были исправлены данные недостатки и введены в использование ряд полезных для покупателей функций. Появилось организованное хранение данных, возможность наглядного представления информации покупателю, исчезли проблемы

с размещением и распространением актуальной информации, появился удобный поиск как конкретного товара, так и аналогичных моделей, что повышает эффективность бизнес-процессов торговой компании, внедрена новая технология подбора сопутствующих товаров.

Данная тема актуальна и представляет интерес как для конкретного магазина, так и для компании в целом. Сайт является отличным средством для размещения и распространения ключевой информации о продуктах магазина для покупателей. Его значимость для конкретного магазина весьма велика. Требуется удобный поиск товара и представление его покупателю. Так же необходимо реализовать поиск аналогичных товаров. Основной сайт компании, как правило, отображает в удобном виде размеры, которые присутствуют в магазине, но не полностью реализует поиск сопутствующих товаров, а также поиск товаров аналогичного размера. Все возникающие про-

блемы будет решать разрабатываемый программный модуль. Также он будет оперировать именно с конкретными товарами, которые есть в наличии магазина. Он будет предоставлять пользователю удобный и понятный интерфейс и занимать время покупателя, пока продавец ходит на склад за выбранным товаром. Всё это обеспечит высококачественный сервис и во многом повысит эффективность уже имеющегося сайта компании. Стоит отметить, что разрабатываемый модуль открывает большие перспективы для его дальнейшего усовершенствования и разработки сопутствующих модулей. Это поднимет работу компании на совершенно новый уровень. Для решения поставленной задачи были выбраны инструментальные средства.

В качестве языка программирования были выбраны PHP, JavaScript, HTML, CSS, MySQL [1,2]. Критерии выбора представлены в таблице 1.

Таблица 1. Выбор языка программирования [6, 7, 8, 9, 10]

Требование	PHP1	Java2	Ruby3	Python4	JavaScript5
Производительность	-	+	-	-	+
Кроссплатформенность	+	+	+	+	+
Переносимость	+	+	+	+	+
Устойчивость к ошибкам и простота отладки	+	+	+	+	+
Личный опыт в программировании	+	+	-	-	+

+ присутствует возможность

— отсутствует возможность

В качестве среды разработки Sublime Text, так как из рассмотренных она является наиболее расширяемой средой разработки и поддерживает большее количество языков [3]. Так же немаловажным фактором является сло-

жившееся вокруг этой среды большое сообщество разработчиков, помощь которого может существенно ускорить решение проблем связанных с процессом разработки.

Критерии выбора представлены в таблице 2.

Таблица 2. Выбор среды разработки [11, 12, 13, 14, 15, 16]

Характеристики	Среда разработки				Eclipse5	NetBeans6
	Visual Web Developer Express1	Sublime Text 32	Visual Studio 20053	Blue fish4		
Наличие бесплатной версии	+	+	+	+	+	+
Кроссплатформенность	+	+	+	+	+	+
Опыт разработчика	-	+	-	-	+	-
Быстрая навигация	+	+	-	+	+	+
Подсветка синтаксиса	+	+	+	+	+	+

+ присутствует возможность

— отсутствует возможность

Разрабатываемый модуль построен на основе многоуровневой клиент-серверной архитектуры. При этом в отдельные подмодули выделены следующие компоненты:

— **Компонент получения и обработки данных.** В его задачи входит взаимодействие с входными данными (информацией, которую вводит пользователь), а также взаимодействия с данными, получаемыми после работы ком-

понента подборки товара, обработка получаемых данных и взаимодействие с БД через внутреннюю сеть. Выполнен в виде графического интерфейса (главного окна).

– **Компонент базы данных.** Представляет собой систему управления реляционными базами данных (СУРБД). В задачи этого компонента входит хранение данных об артикуле товара, количестве, принадлежности к категории, типу, и размере.

– **Компонент интерфейса.** Представляет собой графический интерфейс, который позволяет получить доступ к данным модуля в удобном для человека виде. С помощью

него осуществляется удобное графическое представление товара вывод все необходимой информации, а также наиболее удобный способ взаимодействия продавца-консультанта с покупателем.

– **Компонент подборки товара.** Представляет собой систему, взаимодействующую с реляционными базами данных. На основе входных данных подбирается сопутствующий товар подходящий пользователю модуля.

На рис.1 представлена общая схема входных и выходных данных ПМ ТК.

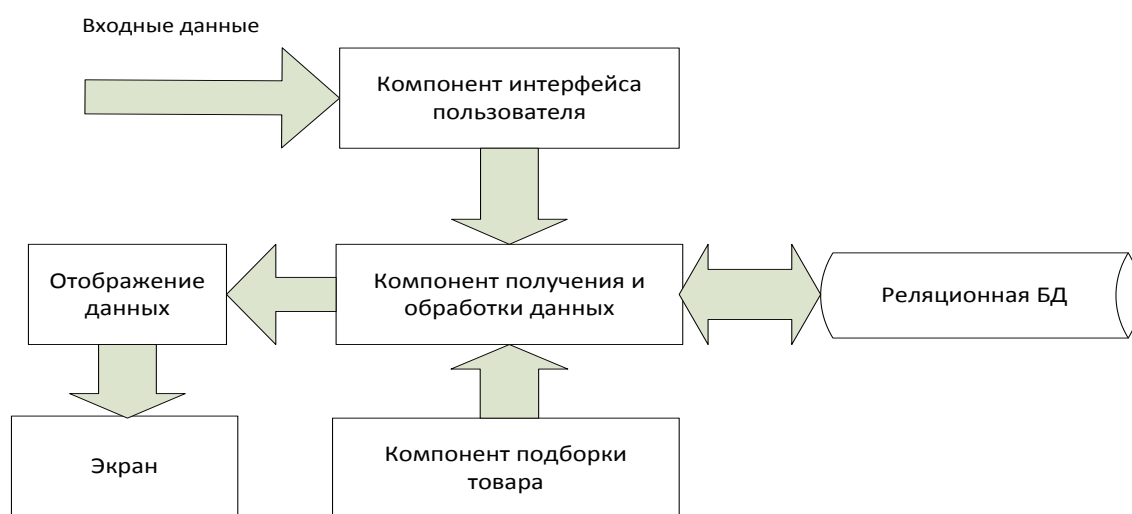


Рис. 1. Общая схема входных и выходных данных ПМ ТК

Перед реализацией пользовательского интерфейса ПМ ТК был построен его прототип. Разрабатываемый программный модуль состоит из трёх основных окон.

Главное окно программы состоит:

– два поля ввода:

1. Поле ввода артикула.
2. Поле ввода размера товара.

– кнопка «Найти товар». По нажатию на кнопку происходит переход на другую вкладку — с найденными товарами и аналогичными товарами данного размера.

Окно с найденными товарами состоит:

– шесть графических представлений товаров с указанием их артикулов;

– две кнопки. Первая «В начало» осуществляет переход на главное окно. Вторая «Подборка» осуществляет переход на вкладку с подобранным сопутствующим товаром.

Окно подборки сопутствующих товаров:

– шесть графических представлений подобранных товаров;

– кнопка «В начало» осуществляет переход на главное окно.

Сущностям инфологической модели предметной области соответствуют таблицы даталогической модели [4]. Таблица была поименована по правилам, установленным СУБД MySQL. Выбраны первичные ключи в каждой таблице (для всех таблиц использованы суррогатные ключи). Связи один-ко-многим реализованы посредством создания в дочерней таблице поля внешнего ключа. Для всех атрибутов выбраны необходимые типы данных, присвоены имена в соответствии с требованиями СУБД. В данной работе был проанализирован современный подход к проектированию.

Было уделено значительное внимание средствам для работы с данными. Произведён обзор возможностей Zend Studio [5]. Рассмотрены инструменты разработчика, используемые в браузере Google Chrome. А также проанализированы методы отладки и тестирования программ, описаны методы тестирования и проведено функциональное тестирование модуля.

Литература:

1. Питер Лабберс, Брайан Олберс, Фрэнк Салим. HTML5 для профессионалов: мощные инструменты для разработки современных веб-приложений; 2011, — 267 с.

2. Николай Прохоренко, Владимир Дронов HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web-мастера; БХВ-Петербург, 2015, — 876 с.
3. Колдаев, В. Д. Основы алгоритмизации и программирования: Учебное пособие / Под ред. проф. Л. Г. Гагариной. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2006, — 432 с.
4. Роберт В Себеста. Основные концепции языков программирования Вильямс, 2001, — 668 с.
5. Федотова, Е. Л. Портнов Е. М. Прикладные информационные технологии: учеб. пособие / Е. Л. Федотова, Е. М. Портнов. — М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2013, — 336 с.
6. <http://php.net/>
7. <http://www.java.com/ru/>
8. <https://www.ruby-lang.org/ru/>
9. <http://www.python.org/>
10. <https://learn.javascript.ru/>
11. <https://www.visualstudio.com/ru-ru/products/visual-studio-express-vs.aspx>
12. <http://www.sublimetext.com/>
13. <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms950416.aspx>
14. <http://bluefish.openoffice.nl/index.html>
15. <http://www.eclipse.org/>
16. <https://netbeans.org/>

## Современное нормативно-правовое регулирование контроля качества строительной продукции

Фетисова Мария Александровна, кандидат технических наук  
Козыркин Валентин Алексеевич, магистрант  
Орловский государственный аграрный университет

*В статье идет речь о преимуществах комплексно-блочного метода (КБМ) при возведении сельскохозяйственных объектов. КБМ позволяет значительно сократить продолжительность возведения объектов вследствие переноса существенной части трудозатрат со строительных площадок в заводские условия. Проектирование и строительство сельскохозяйственных объектов комплексно-блочным методом создает возможность получить экономический эффект в размере 8–10% сметной стоимости объекта строительства.*

*In article there is a speech about advantages of the complex and block method (CBM) at construction of agricultural objects. KBM allows to reduce considerably duration of construction of objects owing to transfer of essential part of labor costs from building sites in industrial conditions. Design and building of agricultural objects by a complete and block method creates opportunity to gain economic effect of 8–10% of estimated cost of a construction object.*

Строительное производство определяется как деятельность по созданию зданий и сооружений, новых комплексов, а также реконструкция, капитальный ремонт и расширение существующих предприятий, в том числе и объектов гражданского строительства. В процессе создания новых объектов недвижимости учувствуют не только сами строители, но также заказчики, инвесторы, проектировщики и контролирующие органы. Строительство никогда не стояло на месте и за многие годы индустриального развития были разработаны нормативные документы, регламентирующие данный вид деятельности. Огромное количество технической литературы, норм и сводов правил объединены в систему нормативных документов Российской Федерации. Повсеместно они используются контро-

лирующими организациями в области строительства, проектными институтами, предприятиями по производству сырья и материалов, а также производителями работ исключительно в интересах общества и экономики страны.

Система нормативных документов позволяет решать ряд производственных задач, таких как:

- соответствие назначению продукции для обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности населения;
- безопасность продукта строительства для жизни и здоровья людей при производстве и эксплуатации;
- безопасность и экологичность продукта строительства по отношению к окружающей среде, рациональное использование природных ресурсов;



– надежность зданий и конструкций, оборудования и технологической оснастки, инженерных систем и коммуникаций.

Стандарты применяются при разработке методических рекомендаций для создания новой продукции, при разработке проектной документации в градостроительной деятельности для новых зданий и сооружений, а также при производстве и контроле качества конструкций и материалов.

Нормативный документ — это документ, устанавливающий общие правила, принципы и характеристики, относящиеся к определенному виду деятельности или результатам этой деятельности доступных широкому кругу потребителей. Основным документом в системе нормативов строительства является СНиП 10–01–94. В нем приведены общие положения и требования. Применение положений этого документа обязательно для всех участников строительства, независимо от форм собственности и принадлежности, осуществляющих разработку и применение нормативов. Нормативные документы системы подразделяют на государственные федеральные, документы субъектов Российской Федерации, производственно-отраслевые документы хозяйственной деятельности. Далее рассмотрим состав системы нормативных документов (СНД) в строительстве.

Федеральные нормативные документы:

1. Строительные нормы и правила Российской Федерации (СНиП) — Устанавливают обязательные требования, определяющие цели, которые должны быть достигнуты, и принципы, которыми необходимо руководствоваться в процессе создания строительной продукции.

2. Государственные стандарты Российской Федерации в области строительства (ГОСТ Р) — Устанавливают обязательные и рекомендуемые положения, определяющие конкретные параметры и характеристики отдельных частей зданий и сооружений, строительных изделий и материалов и обеспечивающие техническое единство при разработке, производстве и эксплуатации этой продукции.

3. Своды правил по проектированию и строительству (СП) — Устанавливают рекомендуемые положения о развитии и обеспечении обязательных требований строительных норм, правил и общетехнических стандартов СНД.

4. Руководящие документы СНД (РДС) — Устанавливают обязательные и рекомендуемые организационно-методические процедуры по осуществлению деятельности, связанной с разработкой и применением нормативных документов в строительстве.

5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы (СанПиН) — устанавливают санитарно-эпидемиологические требования, несоблюдение которых создает угрозу здоровью или жизни работников. Санитарные правила (СП) устанавливают гигиенические и противоэпидемические требования по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения, благоприятных ус-

ловий его проживания, труда, быта, отдыха, обучения и питания, а также по профилактике заболеваний, сохранению и укреплению здоровья работников. Санитарные нормы (СН) устанавливают оптимальные, предельно допустимые и допустимые уровни факторов производственной и окружающей среды. Гигиенические нормативы (ГН) устанавливают гигиенические и эпидемиологические критерии безопасности и безвредности факторов производственной и окружающей среды, среды обитания человека.

6. Ряд федеральных законов (ФЗ) и постановлений правительства (ПП) Российской Федерации.

Нормативные документы субъектов Российской Федерации:

1. Территориальные строительные нормы (ТСН) — Устанавливают обязательные для применения в пределах соответствующих территорий и рекомендуемые положения, учитывающие природно-климатические и социальные особенности, национальные традиции и экономические возможности республик, краев и областей России.

Ведомственные (министерские) нормативные документы:

1. Нормы пожарной безопасности (НПБ) — устанавливают основные требования по защите автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализацией зданий, сооружений, помещений и оборудования на всех этапах их создания и эксплуатации и являются обязательными для исполнения организациями независимо от их ведомственной принадлежности и организационно-правовой формы.

2. Нормы технического проектирования (НТП);

3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).

Производственно-отраслевые нормативные документы:

1. Стандарты предприятий (объединений) строительного комплекса и стандарты общественных объединений (СТП и СТО) — Устанавливают для применения на данном предприятии или объединении положения по организации и технологии производства, а также обеспечению качества продукции.

Нормативное регулирование в строительстве достаточно детально разработано и заметно отличается от остальных видов коммерческой деятельности. В строительных отношениях права и обязанности сторон отражены в договоре подряда. Наравне с законодательными актами такой документ определяет порядок проведения работ. В Гражданском Кодексе отражено, что застройщик обязан выполнить надлежащие в срок по договору работы, а заказчик обязуется принять их с надлежащим качеством и своевременно оплатить. Качество строительства регламентируется таким правовым документом, как Градостроительный кодекс, а именно статьями 48 и 49. В них указываются положения, на основе которых проводится любая градостроительная деятельность, в частности:

– Соблюдение технических регламентов;

– Требования по безопасности территорий и гражданской обороны;

— Охрана окружающей среды и сохранение объектов культурного наследия;

— Обеспечение мер безопасности при террористических актах и предупреждению техногенных катастроф.

Качество строительных работ зависит от огромного числа факторов и на всех этапах формирования конечной продукции. Все недостатки, выявленные на проектной и предпроектной стадии, регламентируются Постановлением Российской Федерации от 16 февраля 2008 года № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». В большинстве своем такие ошибки могут возникать при недостаточно полном проведении изыскательных работ, при ошибках в расчетах, при недостаточной сопряженности общестроительных работ с санитарными и электротехническими нормами. При производстве строительно-монтажных работ в лице заказчика и подрядчика на законодательном уровне осуществляется строительный контроль. Последовательность скрытых работ регламентируется Постановлением № 468 от 21.06.2010 г. «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства».

Результат построенного нового объекта зависит не только от качества проделанного объема работ и использованных материальных ресурсов, но и качеством предоставляемой исполнительной документации, т.к. после завершения строительства жизнь здания или будь это какое-то сооружение не заканчивается. Необходимо соблюдать приведенные условия эксплуатации на протяжении всего срока службы. Как показывает практика для прокладки новых или существующих инженерных сетей приходится затрачивать лишние средства если нет исполнительных чертежей. Оформленная соответствующим образом исполнительная документация дает широкое понимание о техническом состоянии объекта и информацию об ответственных лицах за производство отдельных видов работ.

Состав исполнительной документации может быть следующим:

- акты приемки геодезической разбивочной основы;

— исполнительные геодезические схемы возведенных конструкций, элементов и частей зданий, сооружений;

— исполнительные схемы и профили инженерных сетей и подземных сооружений;

— общий журнал работ;

— специальные журналы работ, журналы входного и операционного контроля качества;

— журнал авторского надзора проектных организаций (при осуществлении авторского надзора);

— акты освидетельствования скрытых работ;

— акты промежуточной приемки ответственных конструкций;

— акты испытаний и опробования оборудования, систем и устройств;

— акты приемки инженерных систем;

— исполнительные схемы расположения зданий, сооружений на местности (посадки), являющиеся исполнительной архитектурной документацией;

— рабочие чертежи на строительство объекта с надписями о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам (с учетом внесенных в них изменений), сделанных лицами, ответственными за производство строительно-монтажных работ.

При сдаче объекта исполнительная документация передается в эксплуатирующую организацию на постоянное хранение. Таким образом, оформленный в установленном порядке документ и подписанный всеми участниками строительства, подтверждает соответствие качества строительной продукции законодательству Российской Федерации.

В настоящее время система нормативных документов в сфере строительного производства является составной частью системы технического регулирования, которая используется на базе Федерального закона Российской Федерации от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании». В нем указываются как обязательные требования к продукции, так и те стандарты, применяемые на добровольной основе при проектировании, производстве, монтаже, наладки, хранении и эксплуатации.

#### Литература:

1. [http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/STRPRO/METROL/MP\\_KL/LEK/L1.htm](http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/STRPRO/METROL/MP_KL/LEK/L1.htm) — Организация контроля качества строительства.
2. АНОДПО Институт современных специальностей 2015 — «Законодательное и нормативное правовое обеспечение строительства».
3. Гражданский кодекс Российской Федерации: части первая, вторая, третья, четвертая: по состоянию на 2 сент. 2010 г.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации: текст с изм. и доп. на 1 октября 2007 года. — М.: Эксмо, 2007. — 160 с.
5. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»: постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года, № 87.
6. Фетисова, М. А., Горшков Д. Н., Страхов К. А. Прокладка трубопровода без разрытия траншей Молодой ученый. Ежемесячный журнал. № 4 — Казань.: ООО «Издательство Молодой ученый», 2014. с.287–289

## Стенд для исследования газодинамических характеристик клапанных каналов поршневых двигателей

Филимонов Никита Сергеевич, студент  
 Гришин Юрий Аркадьевич, доктор технических наук, профессор  
 Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

**Ключевые слова:** головка цилиндра, продувка, канал, стенд, эксперимент, расход воздуха

Цель данной статьи — описание разработанной конструкции продувочного стенда для исследования газодинамических характеристик впускных и выпускных каналов четырехтактных поршневых двигателей.

В настоящий момент стенд сконструирован, изготовлен и находится на стадии опытной эксплуатации. После окончательной настройки стенда будет произведена серия экспериментов с головками цилиндров различных двигателей.

### Введение

При создании и доводке поршневых двигателей значительное внимание исследователей и конструкторов уделяется увеличению пропускной способности впускных и выпускных патрубков и клапанов. В результате заметно улучшаются наполнение и очистка цилиндров, сводится к минимуму заброс выхлопных газов во впускную систему, уменьшается работа насосных ходов, что приводит к выигрышу в полезной работе цикла. При этом увеличивается среднее эффективное давление цикла  $p_e$  и, как следствие, снижается удельный расход топлива  $g_e$  [1–7].

Для оценки и улучшения газодинамических характеристик впускных и выпускных органов используются специ-

альные экспериментальные установки — продувочные стенды [1,2,8,9]. Данная работа посвящена описанию конструкции разработанного в МГТУ им. Н.Э. Баумана продувочного стенда и методики получения на нем расходных характеристик клапанных каналов, т.е. зависимостей  $G = f(h)$  действительного массового расхода  $G$  продуваемого воздуха от подъема клапана  $h$ .

Вследствие газодинамических потерь и неравномерности потока в проходных сечениях клапанного канала действительный расход  $G$  меньше «теоретического»  $G_t$ , который имел бы место в идеальном течении. Их различие оценивается коэффициентом расхода  $\mu = G/G_t$ . При допущении об идеальном течении несжимаемой жидкости, и если дано значение площади проходного сечения  $F$ , в котором производится замер выходного давления, величина  $G_t$  определяется известной формулой  $G_t = F\sqrt{2\rho(p_{ex}^* - p)}$ , где  $\rho$  — плотность потока,  $p_{ex}^*$  — полное давление на входе в клапанный канал,  $p$  — давление на выходе, т.е. в сечении  $F$ . В экспериментах величины  $G$ ,  $\rho$  и перепад давлений  $p_{ex}^* - p = \Delta p$  легко определить. Однако вследствие чрезвычайно сложной структуры потока в клапанном канале (рис. 1) [5] определить величину  $F$ , соответствующую замеряемому  $\rho$  при различных  $h$  не представляется возможным.

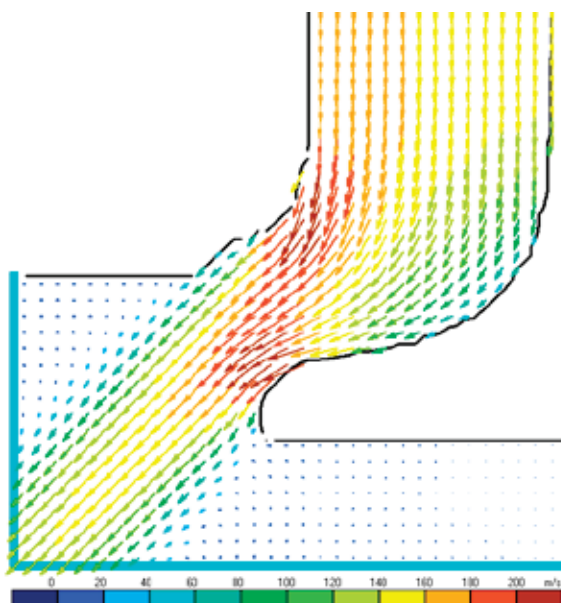


Рис.1. Поле скоростей во впускном клапанном канале

Очевидно, поэтому невозможно также определить отдельно и коэффициент расхода  $\mu$ . Поэтому по результатам продувок принято рассчитывать условную комплексную величину — эффективную площадь проходного сечения  $\mu F = f(h)$ . Для каждого значения  $h$ , очевидно,  $\mu F$  определяется формулой:

$$\mu F = \frac{G}{\sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho}} \quad (1)$$

При доводке конкретного клапанного канала можно довольствоваться размерной газодинамической характеристикой  $G = f(h)$ , последовательно добиваясь увеличения действительного расхода воздуха через канал. При этом, очевидно, улучшается и безразмерная характеристика канала  $\mu F = f(h)$ . Получение безразмерной характеристики  $\mu F$  имеет и самостоятельное значение. Во-первых, для сравнительной оценки пропускной способности клапанных каналов различных двигателей, во-вторых, для использования в составе пакетов прикладных программ численного расчета газообмена и рабочего процесса конкретного поршневого двигателя.

Важно отметить, что допущение о несжимаемости потока при продувке можно считать достоверным только при небольших перепадах давления, когда плотность  $\rho$  при проходе через канал меняется незначительно. Такой подход можно считать общепринятым. Так, например, известная исследовательская фирма AVL проводит продувки клапанных каналов при перепаде давлений  $\Delta p = 250$  Па (отчет AVL: FS-Report N47, Graz, 1999, Austria). При этом изменение плотности составляет всего 0,2%.

### Конструкция продувочного стенда

Схема стенда представлена на рис.2. Центральной частью стенда является ресивер 3 объемом 0,35 м<sup>3</sup> для демпфирования колебаний давления и скорости воздуха в процессе продувки. Стенки и дно ресивера выполнены из листов стали толщиной 2 мм, сваренных между собой. Сверху приварена плита толщиной 6 мм для крепления продуваемых узлов двигателя. Размеры ресивера позволяют осуществлять продувку системы 5 «головка — цилиндр двигателя» с диаметром цилиндра до 300 мм.

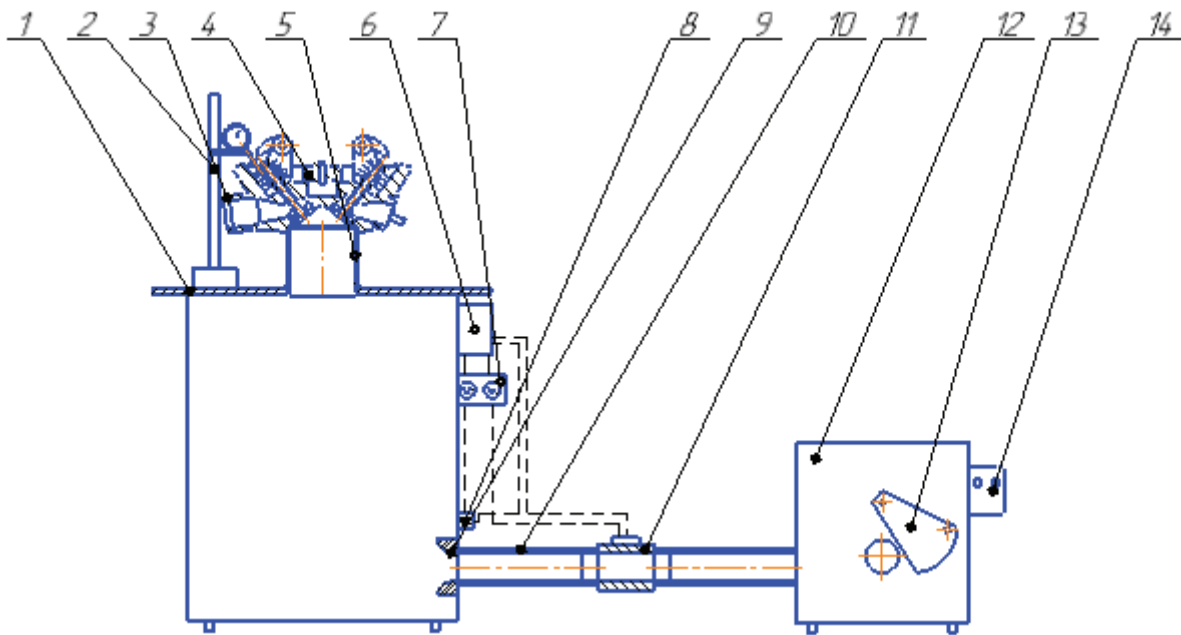


Рис. 2. Схема продувочного стенда: 1 — ресивер; 2 — индикатор часового типа с штативом; 3, 9 — конусообразные насадки; 4 — головка; 5 — модельный цилиндр; 6 — блок питания; 7 — панель приборов; 8 — датчик перепада давления; 10 — соединительные трубы; 11 — датчик расхода воздуха; 12 — блок продувочных компрессоров; 13 — регулятор расхода воздуха; 14 — пульт управления

Применение именно системы «головка-цилиндр» а не одной головки при исследовании клапанных каналов необходимо, поскольку реальное расположение клапанного седла относительно стенок цилиндра влияет на выход потока из клапанного канала и, как следствие, на расходную характеристику канала. При этом вместо реального цилиндра двигателя можно использовать специальный модельный, соответствующий реальному по внутреннему

диаметру и имеющий фланец для крепления к верхней плите ресивера. В данной конструкции модельный цилиндр изготовлен из стальной трубы с внутренним диаметром 85 мм.

Для установки положений клапана используются стандартные коромысла со специальным регулировочным винтом. При этом ход открытия клапана  $h$  фиксируется индикатором часового типа 1.

Перепад давлений между входом в головку и единым объемом ресивера и модельного цилиндра, обеспечивающий продувку, создается блоком продувочных компрессоров 8, работающих на отсос воздуха. Его конструкция состоит из ресивера и установленных в нём пяти компрессоров EAU41711801, подключённых параллельно, общей мощностью 10 кВт и максимальной мощностью всасывания 2 кВт. Ресивер имеет входной фланец и регулятор перепада в виде заслонки. Параметры блока компрес-

соров позволяют обеспечивать задаваемый перепад давления в системе при любом открытии клапана.

На входе в исследуемую головку и на выходе из ресивера установлены специальные коноидальные насадки 3 и 6 соответственно. Их конструкция представлена на рис.3. Насадки позволяют исключить отрывные гидродинамические сопротивления и спрямить потоки. На входе в головку тем самым обеспечивается значение полного давления  $p_{\text{вх}}^*$ , равное атмосферному.

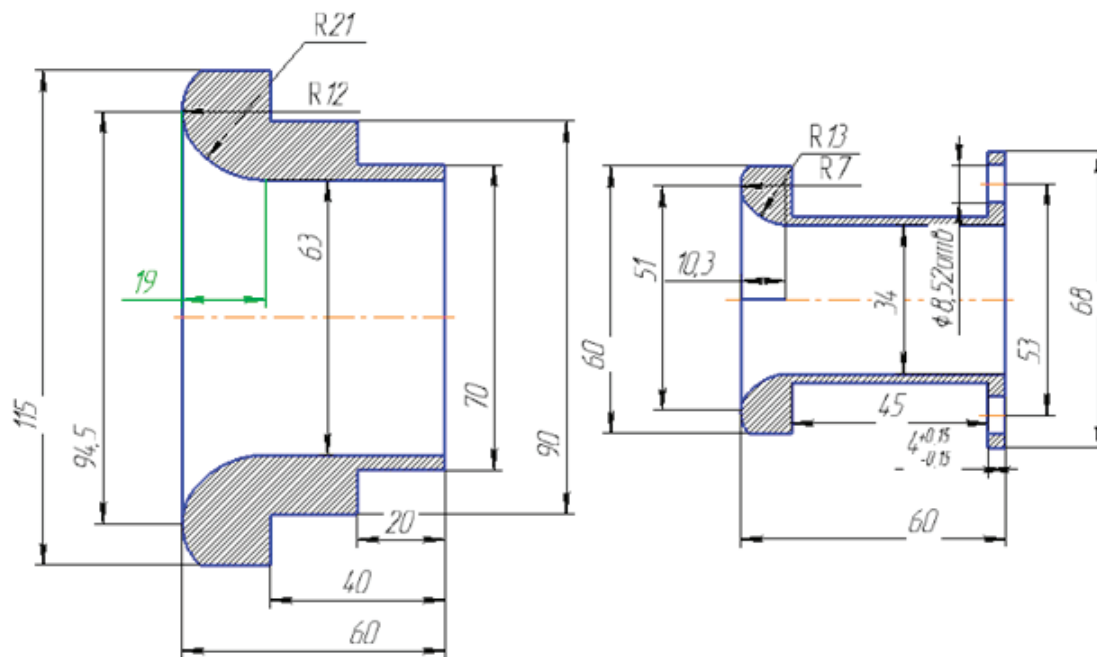


Рис. 3. Коноидальные насадки: а — выход из ресивера; б — вход в головку

Для измерения перепада давлений используется электронный датчик перепада. Пьезометр предназначен для контроля работоспособности электронного датчика перепада. В данной установке применяется электронный датчик перепада МРХ 5010, на разъемах которого измеряется напряжение. По измеренному напряжению рассчитывается перепад давлений [12]. Зависимость перепада давления от выходного напряжения с датчика выражается линейной функцией:

$$\Delta p = 22,222 U - 4,4444 \quad (3)$$

Для измерения расхода продуваемого воздуха могут быть использованы расходомерные шайбы или сопла Вентури [3–5]. Эти устройства обладают высокой точностью и нечувствительны к перепадам температуры и влажности воздуха, но для их работы необходимо спрямление потока воздуха на входе и выходе. Кроме того, устройства после изготовления необходимо тарировать, что является отдельной задачей.

В данном стенде для измерения расхода используется датчик 7 массового расхода ДМРВ 20.3855, основанный на применении термоанемометров (рис.5). Его чувствительный элемент 2 представляет собой платиновую нить диаметром 0,07 ... 0,1 мм, термокомпенсационный резистор 3 включен в мостовую схему электронного модуля. Термо-

компенсационный резистор определяет температуру проходящего воздуха и вносит коррекцию в работу электронного модуля. Электронный модуль датчика поддерживает постоянную температуру чувствительного элемента ( $\approx 150^\circ\text{C}$ ), т.к. воздух, проходящий через датчик, охлаждает платиновую нить. Ток, затрачиваемый на поддержание постоянной температуры нити, и соответствующее напряжение, отражают расход воздуха, проходящего через датчик.

Замер напряжения между соответствующими штекерами 8 по известной тарировочной характеристике позволяет определить количество воздуха, прошедшего через датчик. На рис.4 приведена тарировочная характеристика датчика по данным [11]. Данные тарировки аппроксимированы полиномом 5-й степени с точностью 0,999.

$$G_b = -0,5325 U^5 + 6,7658 U^4 - 22,072 U^3 + 33,89 U^2 - 0,5994 U + 1,4558, \quad (4)$$

где  $U$  — напряжение на клеммах расходомера.

### Подготовка продувочного стенда для проведения экспериментов

Перед проведением работ следует убедиться в отсутствии утечек воздуха. Для этого необходимо запустить

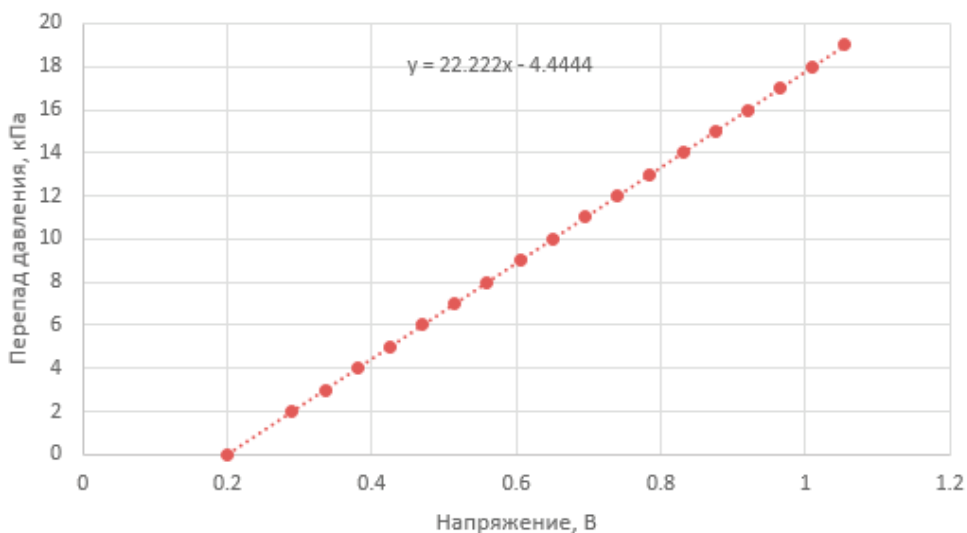


Рис. 4. Тарировочная характеристика датчика давления МРХ 5010

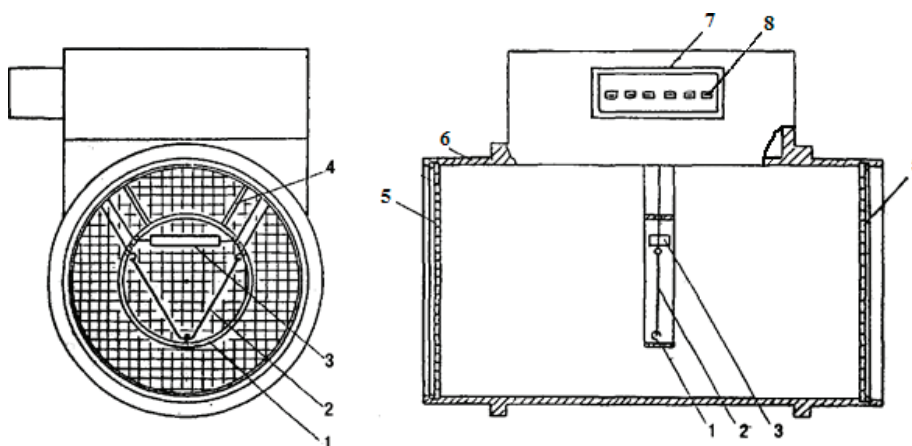


Рис. 5. Конструкция датчика массового расхода воздуха: 1 — кольцо; 2 — платиновая нить; 3 — термокомпенсационное сопротивление; 4 — кронштейн крепления кольца; 5 — предохранительная сетка; 6 — корпус датчика; 7 — колодка электрического разъема; 8 — штекер

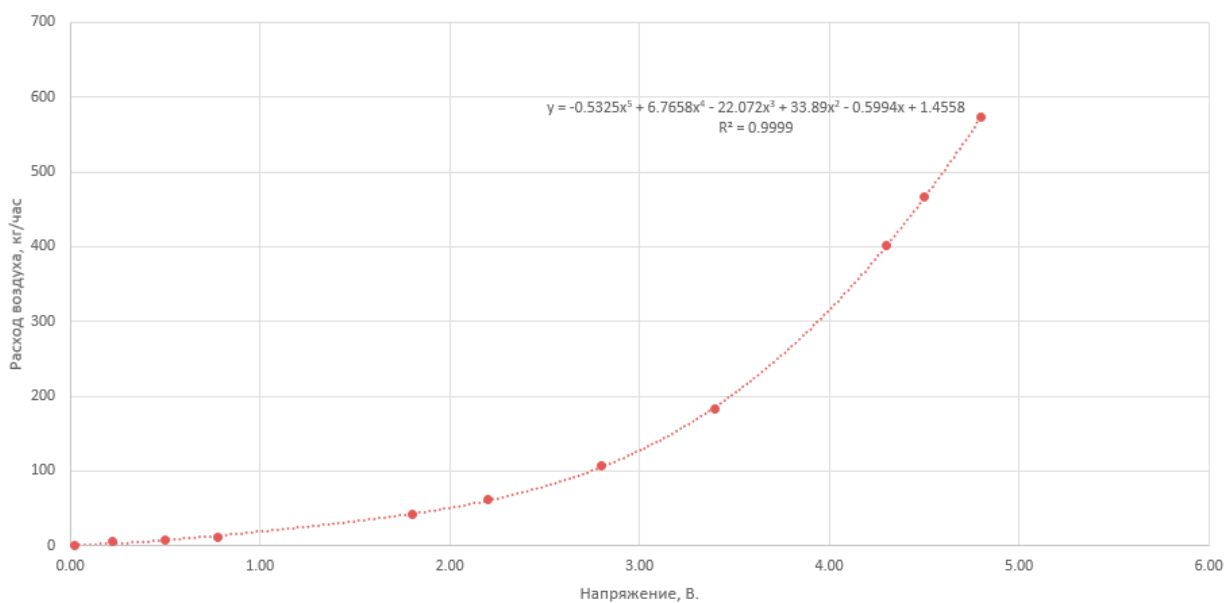


Рис. 6. Тарировочная характеристика датчика расхода воздуха

блок компрессоров при полностью закрытом клапане и наблюдать за показаниями датчика расхода воздуха. Его показания должны находиться на нулевой отметке. Если это не так, то головка установлена не герметично. Место утечки следует обнаружить и устранить, иначе данные по расходу воздуха, полученные в ходе эксперимента, будут завышенными. Так же следует убедиться, что измерительные вольтметры, подключенные к датчикам давления и расхода, работают корректно.

### Методика проведения испытаний

Измерения расхода производятся с шагом  $\Delta h = 1$  мм в диапазоне от полного закрытия до максимального подъема клапана, соответствующего работе двигателя. При этом индикатор подъема устанавливается так, чтобы наконечник его стержня при всех  $h$  опирался на тарелку или торец штока клапана, а ось штока клапана была бы параллельна стержню индикатора. Так как клапан опускается вниз при открытии, стержень индикатора следует утопить внутрь индикатора на глубину большую, чем полный ход клапана. Установить шкалу индикатора на 0. Включить блок компрессоров. Установить нужное значение подъема клапана  $h$  с помощью винта. Выставить перепад давления, например, 250 Па с помощью регулирующей заслонки на ресивере и соответствующего показания вольтметра датчика перепада давления. Этот перепад необходимо поддерживать при всех исследуемых значениях  $h$ . После того, как напряжения по вольтметрам датчиков перепада и расхода установятся, зафиксировать их показания и переходить к следующему положению

клапана. Таким образом проводятся измерения на всех подъемах клапана  $h$ . Полученные данные напряжения на вольтметре расходомера пересчитываются в реальные значения расхода, и в результате может быть построена размерная расходная характеристика клапанного канала  $G = f(h)$ . Пересчет результатов по формуле (1) позволяет построить безразмерную зависимость эффективного проходного сечения от хода открытия клапана  $\mu F = f(h)$ .

Для проведения испытаний выпускных каналов головка двигателя ставится выпускным каналом на специальную переходную пластину так, чтобы выход из канала происходил в ресивер. Продуваемый воздух при этом поступает из атмосферы в модельный цилиндр и далее через выпускной клапан в выпускной канал. Методика продувки выпуска аналогична описанной выше продувке впуска.

### Пример проведения исследований

Для экспериментов были выбраны две головки двигателей: мотоцикла «Урал» модели ИМЗ 8.103.10 и мотоцикла «Днепр» МТ 10. Головка двигателя «Урал» была без изменений. В головке «Днепр» установлен впускной клапан увеличенного диаметра с заменой седла клапана и направляющей втулки клапана.

Цель испытания: улучшить наполнение цилиндра двигателя «Урал» модели ИМЗ 8.103.10 путем замены штатной головки двигателя «Урал» на модернизированную головку двигателя «Днепр» для повышения мощности двигателя. После проведения продувок и обработки результатов были получены расходные газодинамические характеристики головок, представленные на рис.7.

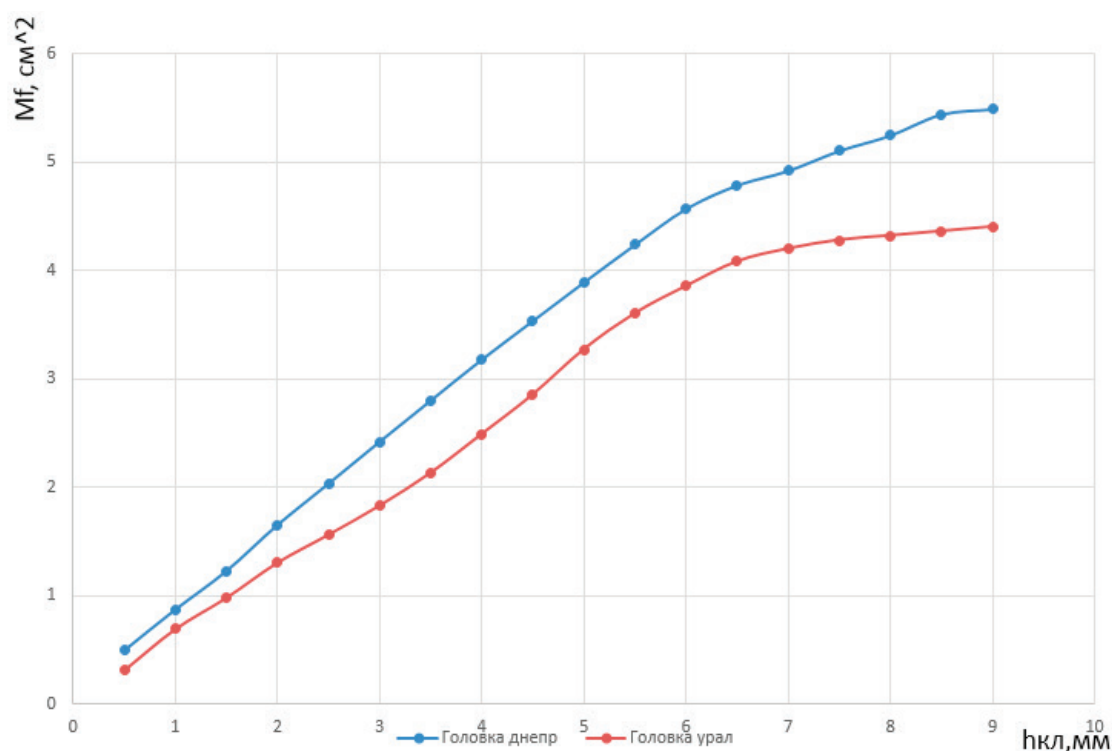


Рис.7. Расходные характеристики впускных каналов головок двигателей «Урал» и «Днепр»

Сравнение расходных характеристик впускных каналов головок двигателей показывает увеличение пропускной способности модернизированной головки «Днепр» по сравнению со штатной головкой «Урал» на 25% во всем диапазоне хода открытия клапана. В результате коэффициент наполнения  $\eta_v$  двигателя «Урал» при установке на него модернизированных головок «Днепр» возрастает на 25%, и, поскольку мощность двигателя прямо пропорциональна величине  $\eta_v$ , можно утверждать, что мощность двигателя «Урал» после такой модернизации возрастает на 25%.

### Заключение

Созданный экспериментальный стенд позволяет проводить продувки впускных и выпускных каналов в го-

ловках поршневых двигателей и на основе полученных данных выполнять построение размерных и безразмерных расходных характеристик клапанных каналов. Также может выполняться последовательная доводка профилей проточной части каналов с целью снижения сопротивления и улучшения их расходных характеристик. В дальнейшем предполагается дооснастить стенд устройством с вращающейся крыльчаткой для измерения закрутки потока при наполнении цилиндра воздушным зарядом. Такие работы необходимы при исследовании головок дизелей с винтовыми и тангенциальными впускными каналами. Возможно также применение прозрачных клапанных каналов и стенок модельного цилиндра для исследования структуры потоков в каналах и цилиндрах.

### Литература:

1. Гришин, Ю. А., Круглов М. Г., Стрелков В. П. Совершенствование элементов выпускного тракта двигателей с целью улучшения газообмена и экономичности // Motor-Simpo-82: Труды междунар. симпозиума. — Попрод., 1982. — № 13. — С.1–14.
2. Гришин, Ю. А., Маслов Ю. Л., Савенков А. М. Снижение газодинамических потерь на выпуске с целью улучшения топливной экономичности дизеля // Вестник машиностроения. — 1984. — № 6. — С.47–49.
3. Дмитриевский, А. В. Впускные каналы и мощностные показатели двигателей с впрыскиванием бензина // Автомобильная промышленность. — 1994. — № 1. — С.17–19.
4. Зенкин, В. А. Исследование газодинамических процессов в дизелях для улучшения их характеристик: дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.02. Москва, 2009. — 166 с.
5. Гришин, Ю. А., Дорожинский Р. К., Зенкин В. А. Расчетное улучшение характеристик впускной клапанной системы поршневого двигателя. Известия Вузов. Машиностроение. — № 6. — 2012. — С.52–58.
6. Гришин, Ю. А., Сонкин В. И. Впускные системы. Машиностроение. Энциклопедия. Двигатели внутреннего сгорания. Т.IV-14 / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков и др.; Под общ. ред. А. А. Александрова и Н. А. Иващенко. 2013. — С.441–461.
7. Кавтарадзе, Р. З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. 720 с.
8. П. Берджесс, Д. Голлан. Как модернизировать головки блока цилиндров для увеличения мощности двигателя / Перевод с английского. М.: Легион-Автодата, 2014. 112с.
9. Белоконов, К. Г. Разработка конструкции, исследование и доводка геометрической формы впускных и выпускных каналов головок цилиндров двигателей семейства Камаз: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02. Набережные Челны, 2001. 151 с.
10. Петунин, А. Н. Методы техники измерения параметров газового потока. М.: Машиностроение, 1972. 232 с.
11. ТУ 37.473.017–39. Датчик массового расхода 20.3855. Технические условия. ООО «НПП АВТЭЛ». 2001 г.
12. Freescale Semiconductor. Sensors. MPX5010. Data Sheet: Technical Data. Freescale Semiconductor, Inc. Nijmegen. 2012 pp. 24.

## Классификации моделей

Хайитова Ирода Илхомовна, преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Группа аналитических математических моделей чрезвычайно обширна и разнообразна. Она включает в себя огромное множество абстрактных математических объектов вместе с операциями, определенными над этими

объектами: все виды функциональных зависимостей, алгебраические, дифференциальные и интегро-дифференциальные уравнения с их конечноразностными эквивалентами, векторы и векторные пространства, матричные



формы, тензоры и т.д. Вместе с тем принадлежность модели к этой группе предполагает, что не только описание объекта моделирования, но и весь процесс его исследования осуществляется аналитическими методами, т.е. в общем виде, а не численно: интегралы берутся в квадратурах, дифференциальные уравнения имеют решения, в форме функциональных зависимостей и т.д. Подобное требование является весьма жестким: на опыте хорошо известно, что прикладная задача, поддающаяся хотя бы не вполне строгому (с аппроксимацией функций конечными рядами и другими допущениями), но общему решению, представляют собой чрезвычайно приятное, что столь же редкое исключение из общего правила. До появления ЭВМ — это обстоятельство служило главным препятствием для решения математическими методами огромного большинства прикладных задач, ибо заставляло исследователя идти на такие упрощения, при которых вместе с водой выплескивается из ванны и ребенок. Сегодня эта ситуация в корне изменилась. Невозможность или просто излишняя сложность аналитического решения модельной задачи означает лишь необходимость перейти к численным методам математического исследования с использованием ЭВМ и соответственно преобразовать аналитическую математическую модель в алгоритмическую (численную).

Группа алгоритмических моделей, либо получаемых в результате преобразования из аналитических форм, либо получаемых в результате преобразования из аналитических форм, либо синтезируемых непосредственно, представляет собой наиболее универсальное средства математического моделирования. Единственным практически важным ограничением здесь является размерность модельной задачи, которая должна соответствовать возможностям (памяти, быстродействию и другим характеристикам) используемой ЭВМ. С учетом указанного ограничения и некоторых дополнительных требования в части математической корректности задачи (например, при обращении плохо обусловленных матриц) алгоритмические модели в принципе допускают решение любых, в том числе существенно нелинейных, модельных задач, но только в численной форме. При этом каждый прогон, или результат применения алгоритма к исходным данным, дает информацию о каком-то одном, вполне конкретном состоянии объекта. Для того чтобы исследовать объект при различных значениях параметров, начальных и граничных условий, внешних воздействий и т.п. необходимо столько повторений вычислительного процесса, сколько точек, характеризующих возможные состояния объекта, мы считаем необходимым получить. Поэтому реализация численной алгоритмической модели, вообще говоря, требует несравненно большего объема вычислительной работы, чем любая аналитическая модель, позволяющая исследовать свойства и характеристики объекта в общем виде, т.е. сразу во всех возможных состояниях. Эта особенность численных моделей носит принципиальный характер и может рассматриваться как своего рода плата за

их универсальность. К счастью, в наше время сложность модельного алгоритма, громоздкость и большой объем вычислений, необходимых для исследования модели, как правило, не является серьезным препятствием. Современные ЭВМ с их техническими возможностями, а также совершенные системы программно-математического обеспечения ЭВМ, автоматизирующие не только сам вычислительный процесс, но и процедуры его программирования, позволяют успешно решать подавляющее большинство возникающих в науке и практике модельных задач, которые поддаются математической формализации. Именно это обстоятельство служит главным стимулом исключительно высоких темпов развития и все более широкого распространения методов математического моделирования. Есть все основания полагать, что и впредь в обозримой оставаться самым универсальным и потому наиболее популярным подклассом вполне формализованных моделей.

Информационные модели, относящиеся к последней группе подкласса вполне формализованных моделей, в настоящее время также весьма многочисленны и разнообразны как по характеру задач (информационно-поисковые системы различных видов, банки данных, АСУ и др.), так и с точки зрения используемых специальных информационно-логических языков (ЛИСП, «Симскрипт», «Симула», «Кобол» и т.п.). Общей особенностью информационных моделей являются относительно несложные, главным образом логического характера алгоритмы (такие как поиск и выборка данных по некоторым признакам, всевозможные сортировки данных, актуализация информации и др.), которые осуществляются над очень большими по объему массивами данных. Информационные модели, как правило, достаточно узко специализированы, в связи с чем далее они не рассматриваются. Подробные сведения о моделях этой группы можно найти в специальной литературе, в настоящее время уже весьма обширной.

Особое место среди идеальных моделей занимают показанные в правой нижней части рисунка и получившие развитие лишь в последние годы комбинированные модели, которые мы выше условно назвали эвристикой-алгоритмическими имитационными.

Алгоритмические математические модели, предусматривающие реализацию в численной форме с помощью ЭВМ, универсальны в том смысле что в силу абстрактности математических образов и методов не связаны с конкретной природой моделируемых объектов. Однако в информационном отношении возможности моделей этого класса не безграничны. Во-первых, исследуемый объект (процесс) должен поддаваться если не целостному, то хотя бы поэлементному математическому описанию, что влечет за собой требования достаточной изученности объектов и полноты исходной информации. Во-вторых, как мы уже отмечали выше, в ряде исследовательских и прикладных модельных задач их размерность и сложность превосходит возможности не только совре-

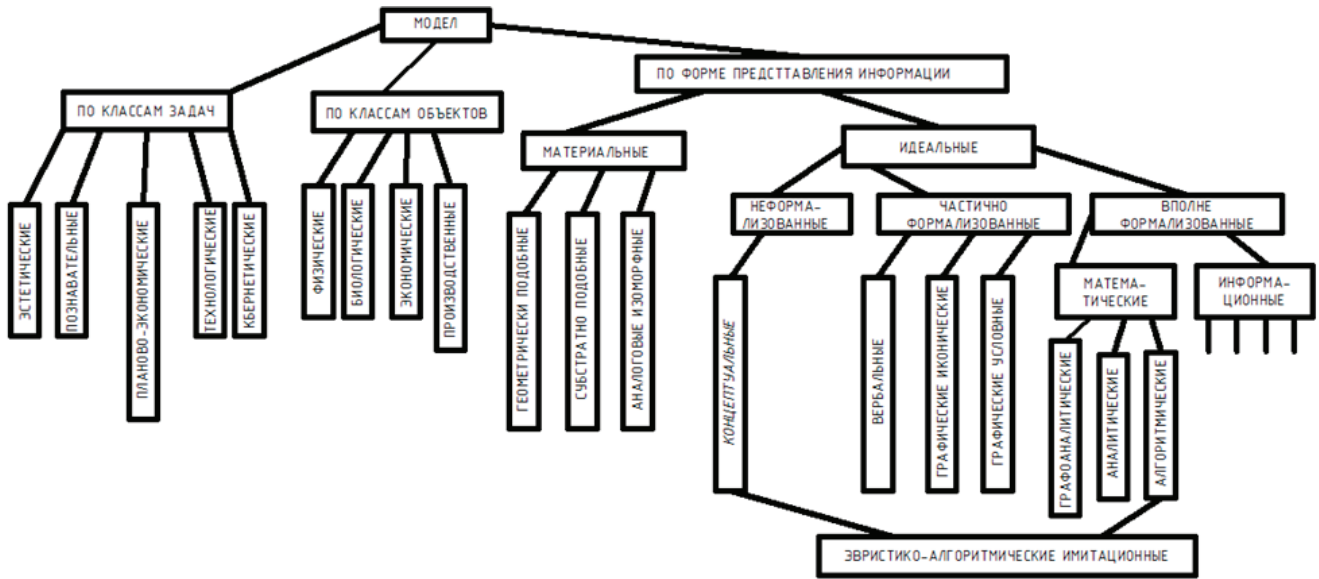


Рис. Основы классификации моделей

менных, но и перспективных ЭВМ. Наконец, существуют алгоритмического моделирования неприменима.

Ограниченные возможности алгоритмических математических моделей, как мы отмечали выше, в главе 1, стали особенно заметно проявляться на практике в последние десятилетие — полтора, когда жизнь выдвинула на первый план целый ряд системных задач, связанных с производством, экономикой, рациональным использованием ресурсов, социальной экологией и др., причем не только оптимальное но хотя бы удовлетворительное решение каждой из них практически исчерпаемых творческих возможностей человеческого мозга с информационного — вычислительными возможностями современных ЭВМ, которое реализуется в так называемых диалоговых

человеко-машинных системах, обеспечивающих непосредственный оперативный контакт и «общение» между человеком исследователем и информационно-вычислительной системой. Таким образом, мы являемся свидетелями рождения принципиально нового, чрезвычайно интересного в методологическом отношении типа человеко-машинных моделей, подробное рассмотрение которых выходит за рамки этой работы. На рисунке нашли отражение не все классификационные признаки моделей. За пределами схемы и нашего рассмотрения осталось подразделение моделей на статические (квазистатические) и динамические, на непрерывные, непрерывные дискретизированные и дискретные, на жестко детерминированные и стохастические.

Литература:

1. Неуймин, Я.Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика. — Л.: Наука, 1984. — 189 с.
2. Эгамов, Н.М. О методах моделирования и модельных представлений. Молодой ученый: Ежемесячный научный журнал. — Казань, 2016. — 8 (112). — С.363–365.

### Переменные, их классификация и описание в моделировании

Хайитова Ирода Илхомовна, преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Переменные, входящие в состав модели общего вида, удобно группировать и рассматривать по трем основным признакам:

- 1) с точки зрения роли, которую они играют по отношению к объекту моделирования;
- 2) с точки зрения характера и механизмов их изменчивости;

3) с точки зрения их информативности, прежде всего наблюдаемости и возможности измерения.

Основные типы переменные, упорядоченные в соответствии с этими тремя признаками, представлены на схеме (рис.1).

Входные и выходные переменные, как мы уже выяснили выше, характеризуют учитываемые в модели

связи среда — объект и объект — среда соответственно. В прямых модельных задачах, когда по данным о входах и внутренних свойствах объекта исследуется его «поведение» в тех или иных условиях и режимах, входные переменные представляют собой главный результат решения задачи. Иногда задача модельного исследования ставится иначе: входные и выходные пе-

ременные наперед известны (доступны для измерения и исследования), а определению подлежат неизвестные внутренние свойства, в общем случае — структура и параметры объекта моделирования. Этот класс обратных задач, которые принято характеризовать как задачи идентификации объекта, мы рассмотрим ниже в отдельной главе.

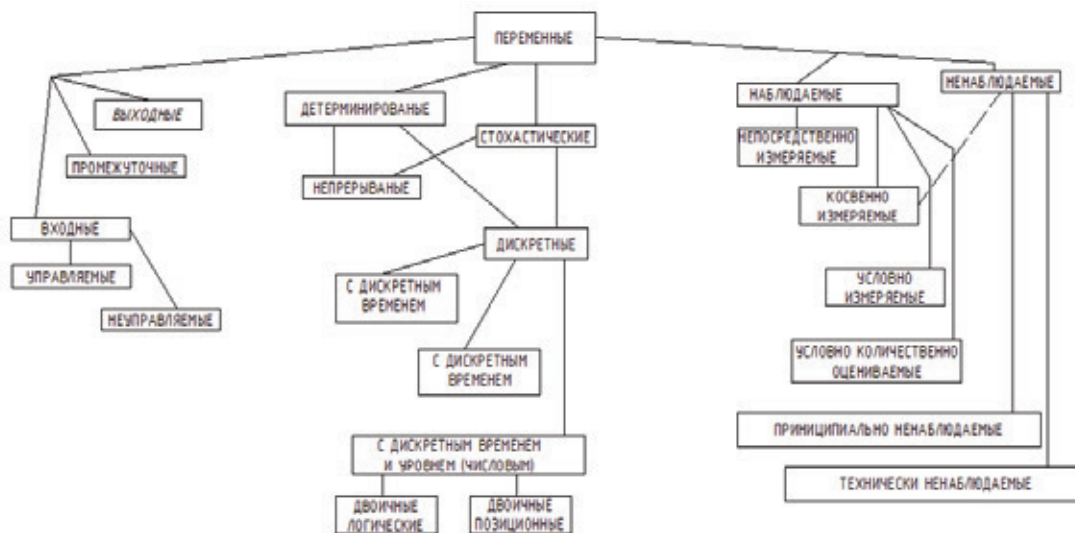


Рис. 1. Основные классы модельных переменных

Помимо входных и выходных на рис.1 выделены в отдельный класс промежуточные переменные (в дальнейшем они будут обозначаться буквой  $y$ ), которые характеризуют связи между компонентами объекта в тех случаях, когда в модели учитывается сложная внутренняя структура последнего, например в иерархических системах.

Входные переменные разделяются на два существенно различных подкласса рис.2: управляемые, или управления ( $u$ ), и неуправляемые или возмущения ( $U$ ).

Значения первых в принципе поддаются целенаправленному изменению, позволяя, таким образом, воздействовать на объект и приближать его состояние к желаемому или оптимальному по некоторому критерию.

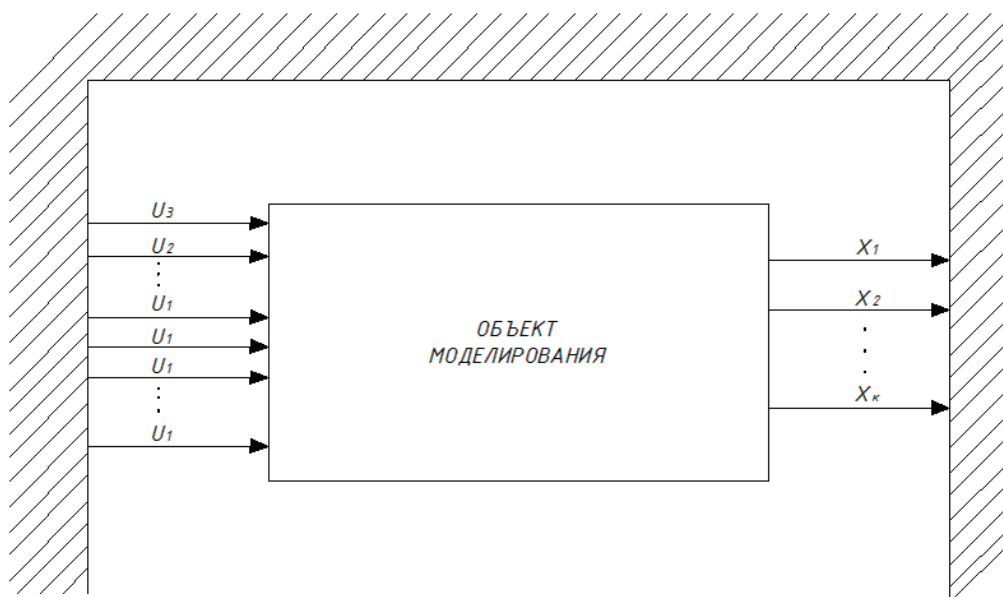


Рис. 2. Объект моделирования и среда

Естественно, что для реализации этой возможности необходим, вообще говоря, лежащий вне объекта специальный орган управления, который формирует управляемые переменные и совместно с объектом, прямыми и обратными связями, а также вспомогательными техническими средствами (датчиками и др.), образует систему управления.

Неуправляемые входные переменные изменяют свои значения состояния объекта. Характеристики возмущающих переменных часто носят стохастический характер и поддаются оцениванию только на вероятностной мере. Поэтому исследование и описание возмущающих переменных в процессе построения модели представляет собой не только ответственную, но часто и достаточно сложную задачу, связанную с необходимостью проведения специальных экспериментов, сбора и статистической обработки больших объемов исходных данных.

Весьма существенно деление возмущающих переменных на наблюдаемые и ненаблюдаемые воздействия, однако первые могут быть наблюдаемы, измерены, а следовательно, и непосредственно скомпенсированы соответствующими изменениями управляющих воздействий (так называемое управление по возмущениям). Вторые, по принципиальным или техническим причинам недоступные для наблюдения и контроля, проявляют себя

только через изменения состояний объекта. Компенсация ненаблюдаемых возмущений в принципе возможно только опосредованно, в системах управления с обратными связями.

Характеристики изменчивости модельных переменных достаточно пестры и многообразны. Однако важнейшим признаком, определяющим возможные методы исследования и описания, а также адекватные математические образы и аппарат, является деление переменных на детерминированные и стохастические.

По существу, на этих предложениях, обеспечивающих возможность формализованного статистического описания случайной величины или процесса, зиждется все информационное «качество» стохастических модельных переменных — степень достоверности их усредненных характеристик. В то же время общих методов, которые позволяли бы априорно убедиться в статистической устойчивости и стационарности подлежащего исследованию и описанию реального случайного процесса, не существует.

В некоторых случаях, например в задачах молекулярной и ядерной физики, в ряде задач радиотехники и теории связи, в статистической звездной астрономии, постулировать стационарность удается, исходя из практически достоверных теоретических соображения, основанных главным образом на законе больших чисел.

#### Литература:

1. Неуймин, Я. Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика. — Л.: Наука, 1984. — 189 с.
2. Эгамов, Н. М. О методах моделирования и модельных представлений. Молодой ученый: Ежемесячный научный журнал. — Казань, 2016. — 8 (112). — С.363–365.

## Исследования состояния и использования ресурсов подземных вод Республики Узбекистан

Хидиров Абдумалик Абдувахидович, старший преподаватель  
Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

*В статье рассматривается возможность сохранения ресурсов подземных вод, их рационального использования и предотвращения истощения.*

*Выявлена первопричина всех существующих проблем: нерациональное использование общих водных ресурсов, в т.ч. и подземных вод, отраслями народного хозяйства и в орошаемом земледелии. Предложены пути и методы решения в целях сохранения ресурсов подземных вод.*

**Ключевые слова:** эксплуатационный запас пресных подземных вод, насосы, артезианские скважины, водозаборные сооружения, мониторинговые наблюдения.

В настоящее время в Республике Узбекистан (РУз), наряду с поверхностными источниками воды, для орошения и водоснабжения широко используются, также подземные воды.

На территории республики для различных нужд пробурено более 45 тыс. скважин, из них действуют 27

тыс. (60%). Остальные не эксплуатируются по различным причинам — нехватка насосов, необходимость реставрации, очистка скважин, а также по экономическим причинам и др. За последние 30–50 лет ресурсы пресных подземных вод непрерывно сокращаются. Если в 1965 г. они составили 40,7 млн. м<sup>3</sup>/сут, то в на-

стоящее время сократились на 16,3 млн. м<sup>3</sup>/сут, т.е. на 40%.

В настоящее время действуют 27 тыс. скважин для подъёма подземных вод различного назначения. На балансе Минсельводхоза РУз находится 4172 действующие скважины, ежегодно затрачивающие 1.2 млрд. кВт ч электроэнергии на водоподъём, расходуются колоссальные материальные средства на содержание и реконструкцию скважин, основного оборудования и автоматизацию установок. Ведутся научные исследования в области использования нетрадиционных источников энергоснабжения скважинных установок, но в тоже время практически сведены до минимума исследования режимов работы этих установок, недостаточно рассмотрены аспекты автоматического регулирования дренажных установок и их надёжности.

Республика Узбекистан расположена в центре Центральноазиатского региона в замкнутой впадине с отсутствием условий для выноса загрязнённых поверхностных и подземных вод за ее пределы. В этих условиях весьма незначительное количество (9,5–11,3 км<sup>3</sup>/год) формирующихся собственных водных ресурсов рек и преобладание в стволах рек Сырдарьи и Амударьи трансграничного речного стока обусловило повышенный интерес отраслей народного хозяйства к использованию подземных вод. Это потребовало выявления закономерностей формирования ресурсов подземных вод, методики их изучения, оценки эксплуатационных запасов, решение проблем хозяйственного освоения и выполнения значительного объема поисково-разведочных работ, балансовых исследований, создание региональной сети пунктов наблюдений за режимом подземных вод и длительных мониторинговых наблюдений [3].

Подземные воды, прежде всего пресные, являются важнейшим стратегическим сырьем. Если они составляют 10% от величины водных ресурсов, то в общем водопотреблении на хозяйственно-питьевые нужды их удельный

вес достигает 60%. Население республики сегодня и в будущем обеспечивается, и будет обеспечиваться доброкачественной питьевой водой за счет пресных подземных вод. Прогнозные ресурсы подземных вод с минерализацией до 5 г/л составляют 66 млн. м<sup>3</sup>/сут, из них с минерализацией до 1 г/л — 24,4 млн. м<sup>3</sup>/сут. Они сосредоточены, в основном, в Ферганской долине (34,5%), Ташкентской (25,7%), Самаркандской (18%), Сурхандарьинской (9%), Кашкадарьинской областях (5,5%), остальные имеют около 7% от общих ресурсов. В таблице 1 представлены ресурсы подземных вод на территории республики.

В результате многолетних поисково-разведочных работ оценены и утверждены эксплуатационные запасы пресных и слабоминерализованных подземных вод различного назначения (22,9 млн. м<sup>3</sup>/сут).

Для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и сельских поселков ежедневно затрачивается — 12,576 млн. м<sup>3</sup>/сут, в том числе:

- для сельских поселков — 4,002 млн. м<sup>3</sup>/сут;
- для городов и райцентров — 8,574 млн. м<sup>3</sup>/сут.

Анализ соотношения потребностей в питьевой воде и наличия утвержденных запасов свидетельствует, что Ферганская, Наманганская, Андижанская, Ташкентская и Самаркандская области имеют возможность развивать свои системы водоснабжения, в основном, за счет имеющихся в настоящее время разведанных эксплуатационных запасов пресных подземных вод. Основной дефицит приходится на западные и южные области, где в связи с изменившейся водохозяйственной обстановкой запасы пресных подземных вод сократились, и нет перспектив выявить новые месторождения.

По состоянию на начало 2015 года общий отбор подземных вод по стране на все нужды, составлял 17367,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в том числе:

- для хозяйственно-питьевого водоснабжения — 6913,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут;

Таблица 1. Ресурсы подземных вод по регионам (вилоятам) республики Узбекистан

Административная единица	Ресурсы подземных вод, м <sup>3</sup> /с	Искусственный расход, м <sup>3</sup> /с	Естественный расход, м <sup>3</sup> /с
Каракалпакстан	66,1	24,8	41,3
Андижанский вилоят	60,7	39,5	21,2
Бухарский вилоят	39,2	29,8	9,4
Джизакский вилоят	38,8	28,2	10,6
Кашкадарьинский вилоят	50	29,7	20,3
Навоийский вилоят	24,6	20,5	4,1
Наманганский вилоят	88,6	40,6	48
Самаркандский вилоят	83,8	49,1	34,7
Сурхандарьинский вилоят	63,4	37,8	25,6
Сырдарьинский вилоят	74,6	59,8	14,8
Ташкентский вилоят	88,4	56,8	31,6
Ферганский вилоят	109,3	94	15,3
Хорезмский вилоят	71,8	62,8	9
<b>ИТОГО: по РУз</b>	<b>859,3</b>	<b>573,4</b>	<b>285,9</b>

— для промышленного и технического водоснабжения — 1849,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут;  
— для орошения земель — 4486,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут;

— скважины вертикального дренажа — 3817,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут.  
Область использования подземных вод представлена в таблице 2, и на рис. 1.

Таблица 2. Область использования подземных вод

№ № п/п	Область использования	Суточный расход, тыс. м <sup>3</sup> /сут	В процентном соотношении, %
1.	Хозяйственно-питьевое водоснабжение	6913,8	39,82
2.	Промышленное и техническое водоснабжение	2145,1	12,35
3.	Орошение земель	4486,5	25,84
4.	Скважины вертикального дренажа	3817,3	21,99
5.	<b>ИТОГО:</b>	<b>17362,7</b>	<b>100</b>

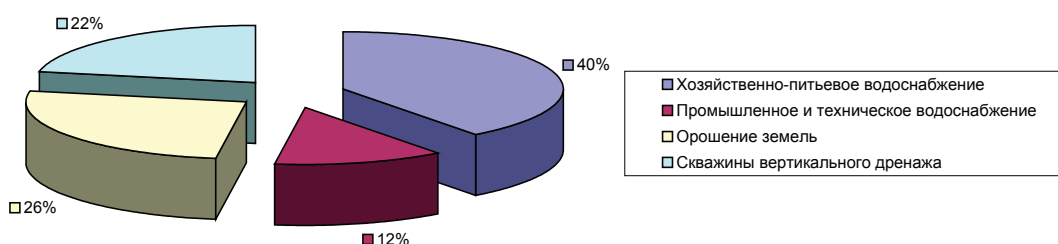


Рис. 1. Диаграмма отраслей использования подземных вод

Первопричиной всех существующих проблем является нерациональное использование общих водных ресурсов, в т.ч. и подземных вод, отраслями народного хозяйства в орошаемом земледелии. Перебор воды на орошение порождает рост количества высокоминерализованных дренажных вод, которые, возвращаясь в водоисточник, загрязняют поверхностные и подземные воды.

Правительство республики постановлениями утвердило перечень особо охраняемых природных территорий — зон формирования пресных подземных вод, куда вошли восемь месторождений, на долю которых приходится до 90% ресурсов пресных подземных вод [1]. Кроме того, определено создание системы мониторинга окружающей природной среды, одним из компонентов которой являются подземные воды. Для реализации этих постановлений необходимо организовать постоянный контроль над состоянием подземных вод как в пределах особо охраняемых природных территорий, так и по всей республике. С этой целью предусматривается развитие сети мониторинга подземных вод. Она должна обеспечить директивные органы республики информацией об изменении ресурсов подземных вод, прежде всего пресных, их загрязнении под влиянием природных и техногенных факторов [2].

Совместное воздействие на ресурсы подземных вод регрессивного и трансгрессивного качественного их истощения (загрязнения) уменьшают величину ресурсов в среднем за 30 лет на 8,25 км<sup>3</sup>/год или 0,26 км<sup>3</sup>/год. Это по объему за указанный срок составило 7,8 км<sup>3</sup> или 28,8% от общей величины ресурсов подземных вод.

Наибольшему снижению подвергались ресурсы пресных подземных вод 12,19 м<sup>3</sup>/с в год или 0,38 км<sup>3</sup> в год, что за 50 лет составило 11,52 км<sup>3</sup> или 42,5% от общей их величины.

Аналогичный процесс произошел с региональными эксплуатационными запасами подземных вод, которые в целом качественно истощились примерно на столько же (8,0 м<sup>3</sup>/с или 0,25 км<sup>3</sup> в год) сколько и общие ресурсы подземных вод [3].

Таким образом, в целях сохранения ресурсов подземных вод, их рационального использования и предотвращения истощения наряду с принятыми правительством республики мерами авторы считают необходимым:

1. Разработать и осуществить меры по сокращению и упорядочению сбросов коллекторно-дренажных и других сточных вод (коммунальных и промышленных) в поверхностные водотоки, являющиеся основным источником питания подземных вод.

2. Постепенно сокращать использование пресных подземных вод на различные нужды промышленности и сельского хозяйства, с этой целью заменить их слабоминерализованными, особенно, в орошаемых зонах с высоким уровнем грунтовых вод, где вертикальный дренаж наряду с мелиоративным эффектом будет пополнять ресурсы поливных вод.

3. Форсировать оснащение водозаборных сооружений и водопользователей приборами учета использования воды, а также восстановить и упорядочить отчетность по использованию воды.

4. Совершенствовать ценовую политику и плату за использование водными ресурсами, что будет стимулировать их экономное расходование.

5. В сельском хозяйстве применять биоагротехнологии, повышающие содержание гумуса в почве, защищающий подземные воды от поступления загрязнений.

6. Разработать рекомендации и технические предложения по рациональному использованию ресурсов воды из подземных источников и исследовать систему скважинного водозабора на предмет эффективного использования артезианских насосных установок, с точки зрения энерго- и водосбережения.

Литература:

1. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 476 от 28.12.1995 г. “О развитии гидроэнергетики в Республике Узбекистан.
2. Собрание законодательства РУз. — 2010: № 50 стр. 55–59. Постановление Президента РУз И. А. Каримова «О приоритетах развития промышленности РУз в 2011–2015 годах»
3. Национальный доклад по Республике Узбекистан составлен в рамках проекта Европейской экономической комиссии ООН «Повышение синергетического эффекта национальных программ стран-членов СНГ по энергоэффективности и энергосбережению для повышения их энергетической безопасности». Автор: Джамшид Абдусаламов ГАК «Узбекэнерго».2013.

## Оценка устройства асфальтобетонных покрытий на мостах на ортотропной плите

Цветкова Маргарита Дмитриевна, студент  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

*Данная статья содержит обзор достоинств и недостатков покрытий на ортотропной плите, конструкции дорожной одежды на ортотропной плите проезжей части, поврежденных дорожных одежд на мостах на ортотропной плите и их причин, особенностей существующего устройства асфальтобетонных покрытий на мостах на ортотропной плите.*

**Ключевые слова:** асфальтобетонные покрытия, ортотропная плита, дорожная одежда, мосты

Актуальность работы определяется тем, что в наши дни важной научно-технической задачей является улучшение конструкции и технологии строительства дорожных одежд на мостах на ортотропной плите, поскольку они имеют массу достоинств, при условии их правильного обустройства. Однако, основание в качестве металлической ортотропной плиты пролётного строения моста и отличающиеся от обычных дорожных условий эксплуатации нуждаются в особых конструкциях дорожных одежд, применении соответствующих асфальтобетонных смесей [1,111; 2,73; 3,103; 4,103].

Необходимые долговечность и надёжность покрытия достигнуты могут быть только при условии обеспечения его постоянного сцепления с металлическим листом ортотропной плиты. Асфальтобетоном могут быть восприняты напряжения растяжения при изгибе, появляющиеся в верхних фибрах асфальтобетонного покрытия, только при условии наличия сцепления. Поэтому, в случае его потери, напряжения от воздействия нагрузки при работе покрытия на такой плите могут превысить допустимые сопротивления асфальтобетона и в покрытии над продольными рёбрами появятся продольные трещины, что, впоследствии, приведёт к разрушению этого покрытия. Кроме того, дорожная одежда на ортотропной плите

должна справляться с экстремальными условиями, такими как пагубные погодно-климатические воздействия и силовые деформации [5,142; 6,173; 7,43; 8].

О наличии проблем в сфере устройства покрытий на мостах на ортотропной плите свидетельствуют различного рода трещины на них, другие поверхностные разрушения, слишком маленький срок службы таких покрытий (иногда не превышает и двух лет). Эти обстоятельства указывают на необходимость улучшения конструкций дорожных одежд и технологий их устройства для мостов на ортотропной плите с учётом её специфики, а также тщательного соблюдения всех норм.

**Цель работы:** Проанализировать специфику существующего устройства асфальтобетонных покрытий на мостах на ортотропной плите.

### Задачи работы

- Выявить достоинства и недостатки мостов на ортотропной плите
- Рассмотреть применяемую конструкцию дорожной одежды на ортотропной плите проезжей части
- Проанализировать причины возникновения поврежденных дорожных одежд на мостах на ортотропной плите

– Рассмотреть технологию устройства асфальтобетонных покрытий на ортотропной плите и её особенности

**Основная часть**

Ортотропная плита — плита проезжей части стального пролётного строения моста, состоящая из плоских стальных листов, подкреплённых снизу перпендикулярно пересекающимися поперечными и часто расположенными продольными рёбрами.

**Достоинства:**

- Достаточно небольшой собственный вес стальной ортотропной проезжей части (примерно в 3–4 раза меньше, чем у железобетонной плиты);
- Экономия металла;
- Сокращённые сроки строительства, отсутствие сезонности монтажных работ;
- Высокая несущая способность моста, способность переносить большие нагрузки по причине того, что жёсткость ортотропной плиты является различной в перпендикулярных направлениях, то есть усилия перераспределены между мембранным эффектом и элементами конструкций;
- Простота изготовления и монтажа таких элементов, как продольные рёбра.

**Недостатки:**

- Установка монтажных блоков на пролётное строение является достаточно трудоёмкой, кроме того имеются сложности при изготовлении ортотропных плит;
- Использование полосовых продольных рёбер (стрингеров) в конструкции ортотропной плиты обеспечивает недолговечность покрытия дорожной части, по причине того, что они имеют маленькую крутильную жёсткость и их изгибная жёсткость также не высока. Поэтому требуется их частая установка;
- При одной и той же нагрузке местные деформации полотна проезжей части и ортотропной плиты из-за разной их жёсткости несопоставимы. Из-за этого единство сечения со временем нарушается, происходит разрушение дорожного полотна.

Чтобы обеспечить долговечность покрытия, нужно, чтобы металлическая поверхность листа ортотропной плиты имела постоянное сцепление с ним и была надёжно защищена от коррозии. Оно обеспечивается устройством защитно-сцепляющего слоя, который выполняется на основе эпоксидных смол, с распределённым по его поверхности щебнем фракции 10–20 мм до отверждения материала [9,147; 10,373; 11,143;]. Дорожная одежда состоит из ортотропной плиты с толщиной листа 12–14 мм и расстоянием между продольными рёбрами жёсткости

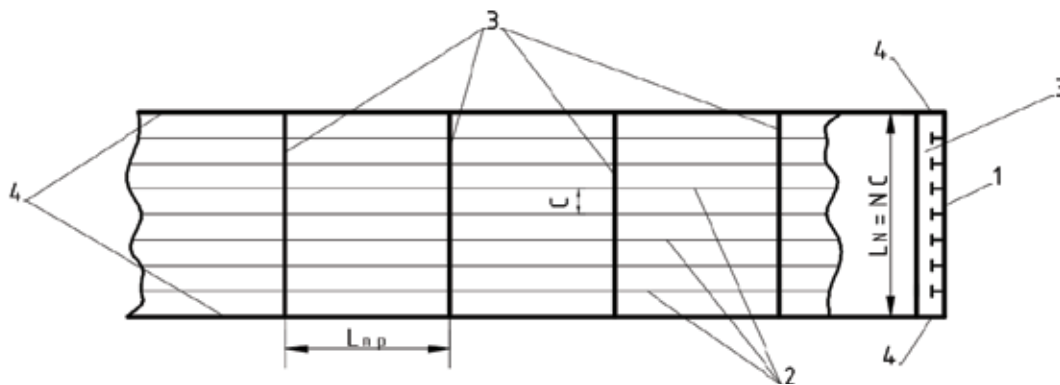


Рис. 1. Схема ортотропной плиты: 1 — горизонтальный лист; 2 — продольные рёбра; 3 — поперечные рёбра; 4 — главные балки

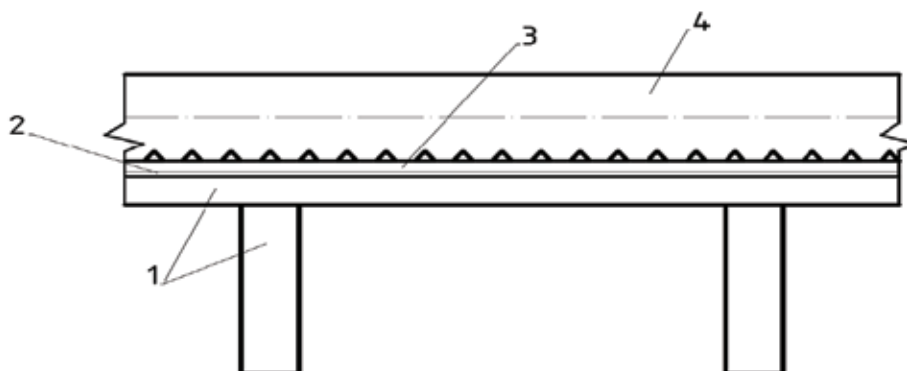


Рис. 2. Конструкция одежды на постоянных пролётах: 1 — ортотропная плита; 2 — антикоррозийный слой; 3 — защитно-сцепляющий слой; 4 — асфальтобетонное покрытие



350 мм, антикоррозийного слоя толщиной 60 мкм, защитно-сцепляющего слоя толщиной 2,5–4 мм, двухслойного асфальтобетонного покрытия толщиной не менее 70 мм при данной толщине ортотропной плиты.

**Повреждения дорожных одежд на мостах на ортотропной плите и их причины**

В России на мостах на ортотропной плите для асфальтобетонных покрытий наиболее характерны следующие

дефекты: поперечные и продольные трещины, волны и образование колея, выбоины покрытия, выпучивание покрытия. Самые распространённые — это трещины и пластические деформации. Степень их проявления зависит от различных факторов: климатических, эксплуатационных и технологических [12,17; 13,174; 14,110].

В таблице 1 представлены наиболее распространённые виды повреждений асфальтобетонных покрытий на мостах на ортотропной плите и причины их возникновения.

Таблица 1. Особенности устройства асфальтобетонных покрытий на ортотропной плите

Вид повреждения	Причины повреждения
Трещины и разломы покрытия (20–40% от общего количества дефектов)	Недостаточная пластичность асфальтобетона при смене температуры. Это связано с большим различием коэффициентов температурного расширения материалов несущей конструкции моста и асфальтобетона Ошибки в конструкции деформационного шва Возрастание подвижной нагрузки Возникновение значительных изгибающих и растягивающих напряжений, которые превышают критические значения. Это приводит к деформациям при нагрузке Недостаточная долговечность материала
Выбоины покрытия	Неудовлетворительная толщина покрытия
Выпучивание покрытия	Неправильные уклоны Неисправности водоотвода с последующим замерзанием скопившейся под покрытием воды Трещины в покрытии
Поперечные волны и образование колея	Некачественное уплотнение Некачественные материалы покрытия
Протечка воды на проезжую часть, повреждение тротуаров	Износ гидроизоляционного слоя Применение некачественных материалов
Выпирание плит тротуара, разрушение ограждений	Неправильное устройство деформационных швов тротуаров

Для достижения надёжного сцепления конструкции дорожной одежды с листом ортотропной плиты, хорошей защиты от коррозии, долговечности и высокого её качества большое значение имеет подготовка металлической поверхности под окраску, которая включает в себя физическую и механическую подготовку [1,117; 12,17; 15,44;16,70; 17,34]. На стадии физической обработки с поверхности металла удаляются загрязнения и дефекты. На стадии механической подготовки способом пескоструйной обработки удаляются ржавчина, грунтовочная краска, окалины. Далее выполняется антикоррозийная защита окрашиванием грунтовкой металла методами безвоздушного или пневматического распыления. После полного высыхания этого слоя, не более, чем через 5–10 суток, устраивают защитно-сцепляющий слой, после чего устраивается асфальтобетонное покрытие. Покрытие устраивают из водонепроницаемого асфальтобетона с ко-

эффициентом водостойкости не менее 0,9. Водонепроницаемость обеспечивается за счёт использования битумов с добавками поверхностно-активных веществ или активированных минеральных порошков. Покрытие делают двухслойным из горячего асфальтобетона, толщиной не менее 70 мм.

**Выводы**

По результатам данного анализа можно сделать вывод, что основными причинами возникновения повреждений асфальтобетонных покрытий и их ограниченного срока службы на мостах на ортотропной плите являются некачественные материалы покрытия и ошибки при устройстве покрытий. Требуются новые подходы и решения, поскольку существующие не всегда дают результат. Также необходимо четко соблюдать нормы обустройства таких покрытий.

Литература:

1. Овчинников, И. Г., Овчинников И.И., Телегин М.А., Хохлов С.В. «Применение асфальтобетонных покрытий на мостах», Транспорт. Транспортные Сооружения. Экология, 2014, № 1, 110–131с

2. Лазарев, Ю. Г. Транспортная инфраструктура (Автомобильные дороги). Монография — LAP LAMBERT, Германия: 2015. 173 с.
3. Ватин, Н. И., Производство работ. Определение продолжительности строительства воднотранспортных сооружений/ Н. И. Ватин, Г. Я. Булатов, Т. Ф. Морозова, А. В. Улыбин// Учебное пособие: СПб, СПбПУ, 2013. 116 с.
4. Лазарев, Ю. Г., Громов В. А. Современные требования к обеспечению потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог // В сборнике: Инновационные технологии в мостостроении и дорожной инфраструктуре. Материалы межвузовской научно-практической конференции. 2014. с. 102–109.
5. Удалов М. В., Илюшкин В. А., Овчинников И. Г. «Дефекты и повреждения дорожных одежд на ортотропных плитах мостовых сооружений и их причины». Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ, 2011, Том 2, 140–143с
6. Лазарев, Ю. Г., Новик А. Н., и др., Изыскания и проектирование транспортных сооружений: Учебное пособие /Ю. Г. Лазарев, А. Н. Новик, А. А. Шибко, В. Г. Терентьев, С. А. Сидоров, С. А. Уколов, В. А. Трепалин / СПб.: ВАТТ, 2008. 392 с.
7. Лазарев, Ю. Г., Собко Г. И. Реконструкция автомобильных дорог: Учебное пособие. СПб. 2013. 93 с.
8. СНиП 2.05.03–84 «Мосты и трубы»
9. Парфенов, А. А. «Обоснование конструкции и технологии устройства асфальтобетонных покрытий на ортотропной плите проезжей части автодорожных мостов: На примере Амурского моста», Хабаровск, 2002, 219с.
10. Лазарев, Ю. Г., Строительство автомобильных дорог и аэродромов: Учебное пособие. / Ю. Г. Лазарев, А. Н. Новик, А. А. Шибко, С. В. Алексеев, Н. В. Ворончихин, А. Т. Змеев, С. А. Уколов, В. А. Трепалин, С. В. Дахин, В. Т. Колесников, Д. Л. Симонов // СПб.: ВАТТ. 2013. 528 с
11. Лазарев, Ю. Г., Обоснование деформационных характеристик укрепленных материалов дорожной одежды на участках построчных дорог. / Ю. Г. Лазарев, П. А. Петухов, Е. Н. Зарецкая/ Вестник гражданских инженеров. 2015. № 4 (51). с. 140–146.
12. Распоров, О. Н., Овчинников И. Г. «Конструкция дорожной одежды на ортотропной плите проезжей части мостового сооружения», 2001
13. Ермошин, Н. А. Эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие военно-автомобильных дорог: Учебник / Н. А. Ермошин, Ю. Г. Лазарев, С. В. Алексеев, В. Г. Лунев, Б. Г. Ашуркин, А. Н. Новик, В. А. Трепалин, Д. Л. Симонов, В. Т. Колесников/ СПб: ВАТТ, 2015. 312 с.
14. Лазарев, Ю. Г., Громов В. А., Анализ условий создания предприятий и организаций производственной базы дорожного строительства. Вестник гражданских инженеров. 2014. № 1 (30). с. 109–111.
15. Лазарев, Ю. Г. Формирование потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог / Ю. Г. Лазарев, Д. Л. Симонов, А. Н. Новик/ Техника — технологические проблемы сервиса. СПб.: 2016. № 1 (35). с. 43–47.
16. Рустенбек, С. Д. Формирование базы данных для тестирования дорожных одежд/ С. Д. Рустенбек, Д. Ю. Кириллова, Ю. Г. Лазарев// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 2–2. с. 68–72.
17. Владимирский, С. Р. «Металлические пролетные строения мостов с ортотропными плитами. Конструирование и расчёт», Изд. 2-е, Санкт-Петербург, Издательство ДНК, 2006, 96 с.

## Методы модификации проточных частей нефтяных магистральных насосов

Шипулин Олег Геннадьевич, магистрант

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*В данной статье автор говорит о нефтяных магистральных насосах. Рассматривает проблему, связанную с их неэффективной работой на разных этапах освоения нефтяного месторождения, что приводит к большим затратам на электроэнергию. Также рассказывает о возможностях борьбы с этой проблемой. Анализирует различные методы модернизации проточной частей насоса: ротора и статора.*

**Ключевые слова:** насос нефтяной, отводящее устройство, сменные роторы, центробежный насос, транспортировка нефти

## Methods of modification of flow part of the main line oil pumps

Shipulin Oleg Gennadievich

Bauman Moscow State Technical University

*In this article the author writes about oil trunk-line pumps and analyses the problem of their inefficiency on different steps of an oil field development which leads to high electricity consumption and therefore its extra cost. He*

*overlooks ways to overcome this issue, observing various methods of modernization of rotors and stators of pumps flow section.*

**Keywords:** oil pump, outlet unit, replacement rotors, centrifugal pump, oil transportation

Насосное оборудование нашло широкое применение практически во всех отраслях промышленности. Особое значение имеет насосное оборудование, ведущее бесперебойную работу в таких отраслях, как нефтяная и газовая промышленности, водоснабжение и коммунальное хозяйство, энергетика и металлургия. Доля энергии, потребляемой насосами, по различным источникам оценивается от 15 до 20% от всей используемой электроэнергии.

В данной статье речь пойдет о нефтяной промышленности и о высоких затратах на электроэнергию. Общая протяжённость нефтепроводов в России составляет около 70 тыс. км. Основным элементом в транспортировке товарной нефти является нефтяной магистральный (НМ) насос. Насосы типа НМ представляют собой горизонтальные центробежные насосы типа “Д” с разъемным в горизонтальной плоскости корпусом. Нефтеперекачивающие станции (НПС) для поддержания необходимого давления с 3–4 такими насосами расположены на нефтепроводах каждые несколько сот километров — в зависимости от рельефа местности.

По мере освоения месторождения увеличивается и объем перекачиваемой нефти. При этом трубопровод строится сразу на весь рассчитанный объем перекачиваемой нефти, тогда как нефтяные станции строятся не в целом объеме, а достраиваются по мере необходимости.

Известно, что потери на трение на участке трубопровода между соседними НПС пропорциональны квадрату подачи, поступающей через насос:  $h_{mp} = kQ_H^2$ . При установке НПС через еще одну спроектированную станцию эти потери составят  $2kQ_2^2$ , а через три —  $4kQ_1^2$ . Допустим, что напор, увеличенный на одной НПС равен потерям в трубопроводе до следующей НПС:  $H = h_{mp}$ . Таким образом напор сохраняется на большей длине при меньшей подаче, отсюда получим, что при работе через

одну станцию можно получить:  $Q_2 = \sqrt{\frac{H}{2k}}$ , а через три —

$Q_1 = \sqrt{\frac{H}{4k}}$ . Выразив через номинальную подачу получим:

$$Q_2 = \sqrt{\frac{1}{2}}Q_H = 0,7Q_H, \quad Q_1 = \sqrt{\frac{1}{4}}Q_H = 0,5Q_H.$$

Каждый этап развития нефтепровода длится 1,5–2 года. Такой срок достаточно велик для использования насосов в нерасчетном режиме, т.к. при отклонении от оптимального режима значительно может снижаться КПД насоса, что в условиях использования огромных мощностей приводит к большим затратам на электроэнергию. Но и переоборудовать НПС насосами на большую подачу на каждом этапе не очень разумно, так как это приведет к необоснованным затратам за счет дороговизны насосов,

причем демонтаж одного насоса и монтаж другого может занимать долгое время.

В данном случае применяются методы модернизации проточных частей насосов типа НМ. Очень часто прибегают к замене ротора насоса на ротор с рабочим колесом, рассчитанным на подачи  $0,5Q_H$  и  $0,7Q_H$ .

Отвод насоса рассчитывается на номинальные параметры. Зависимость напора от подачи, выраженная через пропускную способность отвода представляет собой луч отвода и выглядит следующим образом:

$$H_{ло} = \frac{Q \cdot \omega}{2 \cdot A_s \cdot g}, \text{ где}$$

$Q$  — подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$A_s$  — пропускная способность отвода, м;

Луч отвода — это геометрическое положение точек оптимальной работы насоса с данным отводом. Т. е. если рабочая точка лежит на луче отвода, то этой точке соответствуют наименьшие потери на вихреобразование в отводе, а следовательно и максимальный КПД.

На рисунке 2 представлены теоритические характеристики  $H_1, H_2, H_3$  рабочих колес на  $Q_H, 0,7Q_H, 0,5Q_H$  соответственно, а также луч отвода.

Таким образом, при работе роторов  $0,5Q_H$  и  $0,7Q_H$  с отводом рассчитанным под  $Q_H$  рабочая точка смещается (a-b-c) от оптимального режима работы и возникают дополнительные потери на вихреобразование.

Для более тонкого регулирования возможна обточка рабочего колеса. Обтачиваются колеса на величину вплоть до 20% от номинального диаметра в зависимости от коэффициента быстроходности. Обточка колеса смещает рабочую точку от оптимума по тому же механизму что и замена роторов. Возможно также частотное регулирование, оно хорошо себя показывает при подачах  $\geq 0,7Q_H$  [1].

Изменив пропускную способность отвода, мы можем добиться смещения луча отвода к новой рабочей точке, что будет соответствовать более высокому КПД агрегата [2, 3, 4].

Из вышесказанного следует, что для увеличения эффективности работы насоса следует использовать не только метод замены проточной части ротора, но и наряду с этим также стоит прибегнуть к модернизации неподвижной проточной части [5].

Пропускную способность мы можем уменьшить следующим образом:

1) Использовать неподвижную лопастную решетку (Рис. 4). В данном случае диаметральные диффузорные каналы, сопряженные с языками отвода, выполнены с выборками [6] в отличие от остальных каналов, которые имеют одинаковые размеры, причём наружный диаметр превышает диаметр расположения языков отвода, что также позволит уменьшить радиальную силу за счет того,

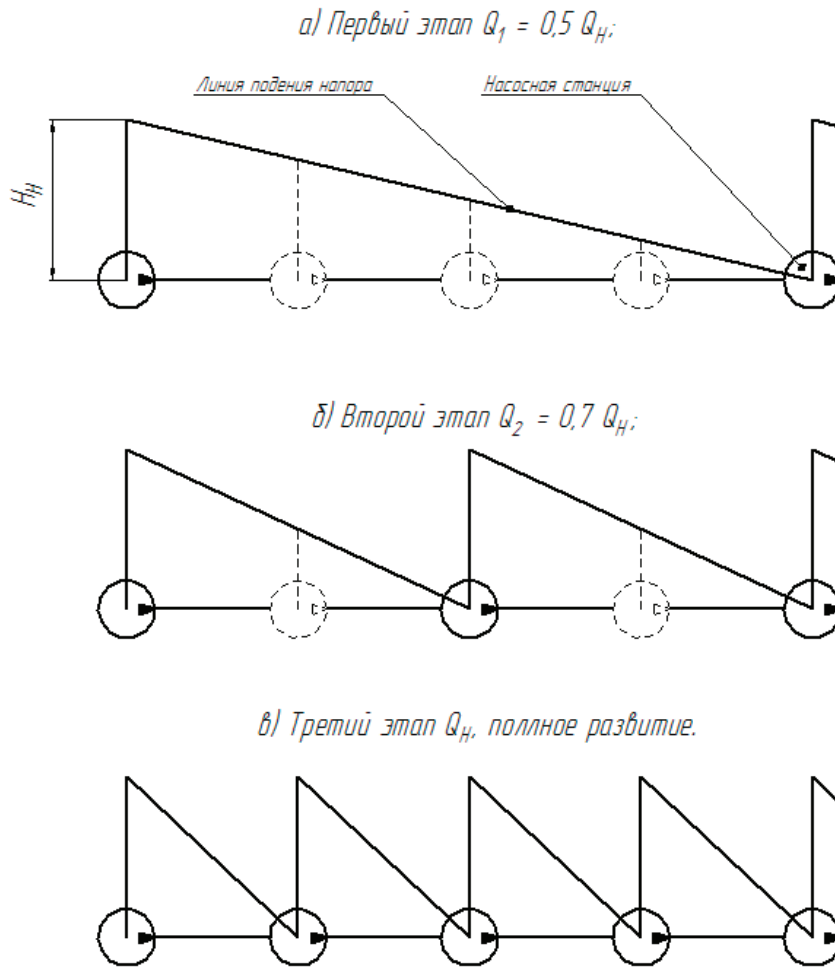


Рис. 1. Этапы развития нефтепровода

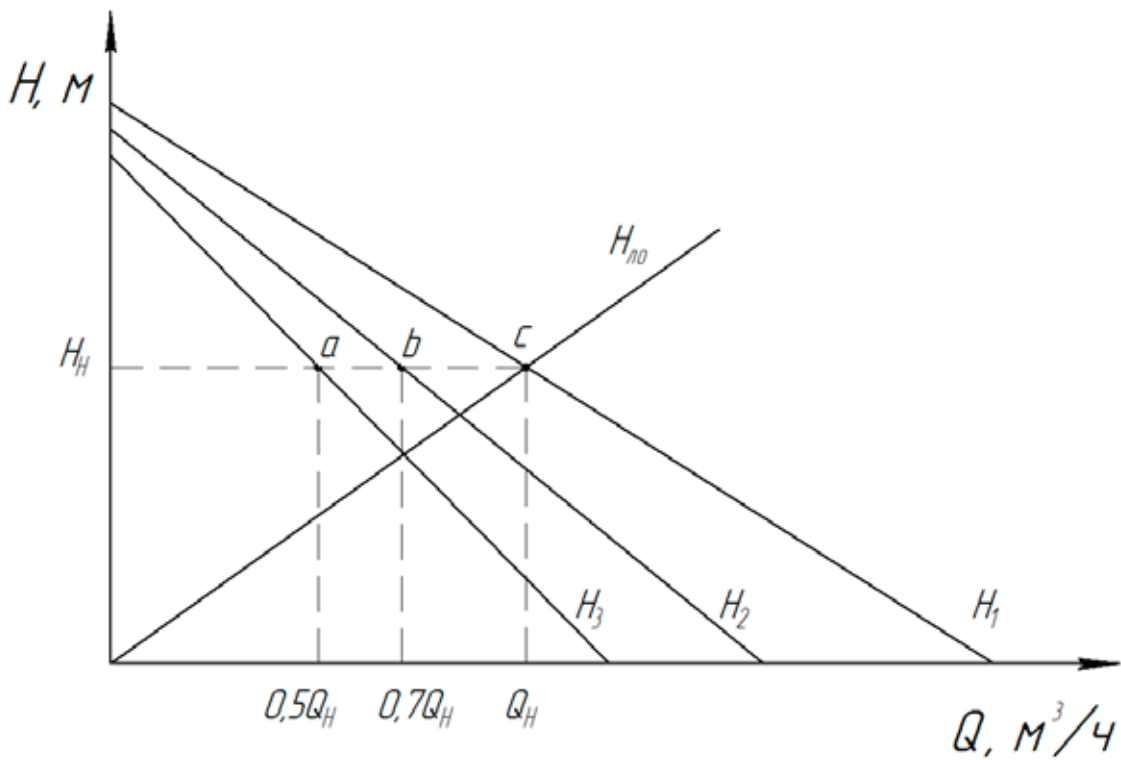


Рис. 2. Теоретические характеристики колес и луч отвода

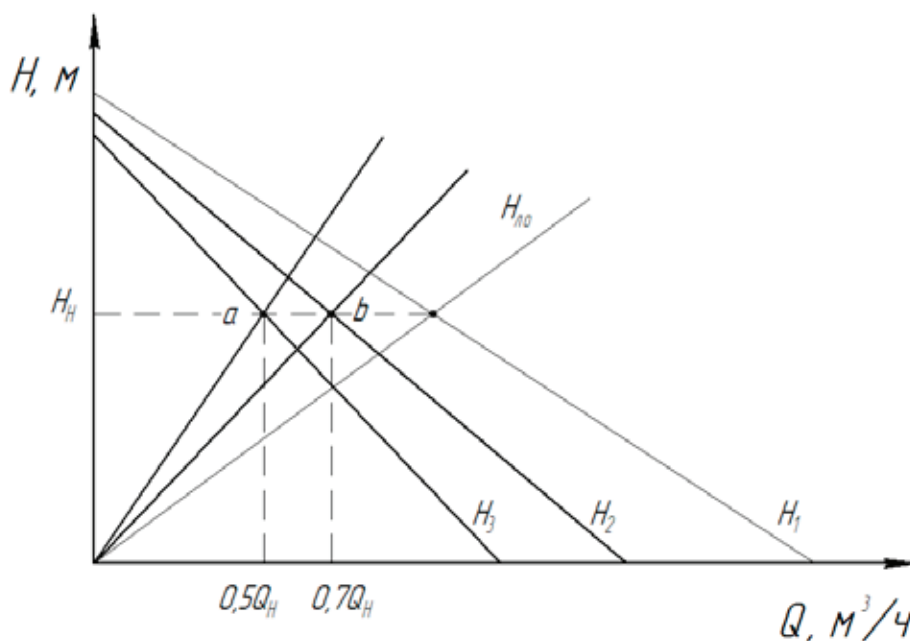


Рис. 3. Изменение пропускной способности

что лопастная решетка обеспечивает осесимметричный поток на выходе из рабочего колеса. Вследствие чего повысится ресурс подшипниковых опор.

2) Использовать дополнительные вставки, уменьшающие пропускную способность (Рис. 5).

3) Использовать вставки, дополняющие языки отвода (Рис. 6) [7].

В дальнейшем необходимо выполнить сравнительный анализ этих методов на основе численного гидродинамического моделирования [4, 8], а затем провести испытания на макетах для определения основных параметров [9].

**Выводы:**

1. Модернизация корпусных элементов проточной части нефтяных магистральных насосов позволяет существенно увеличить их энергоэффективность при длительной работе в неоптимальных режимах.

2. Существует как минимум три варианта такой модернизации.

3. Выполнить сравнительный анализ и уточнить область применения этих методов необходимо с использованием средств гидродинамического моделирования и испытаний макетных образцов насосов.

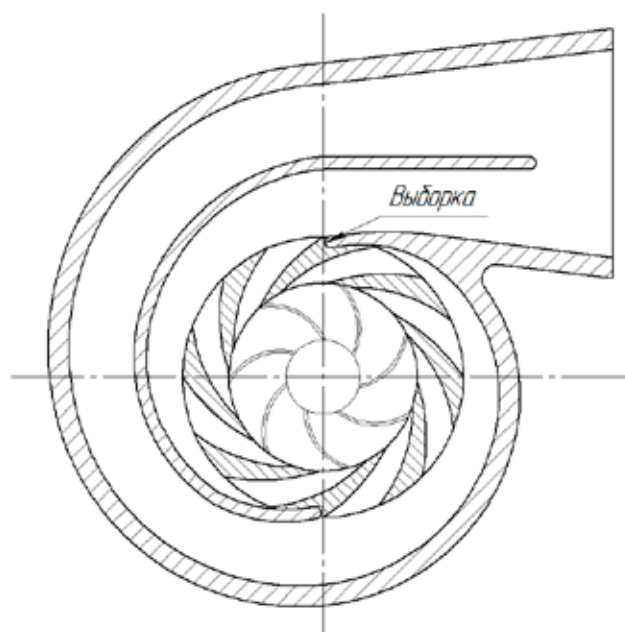


Рис. 4. Дополнительная лопастная решетка

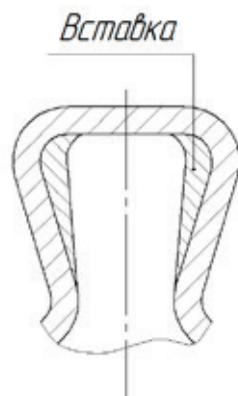


Рис. 5. Вставки в сечении отвода

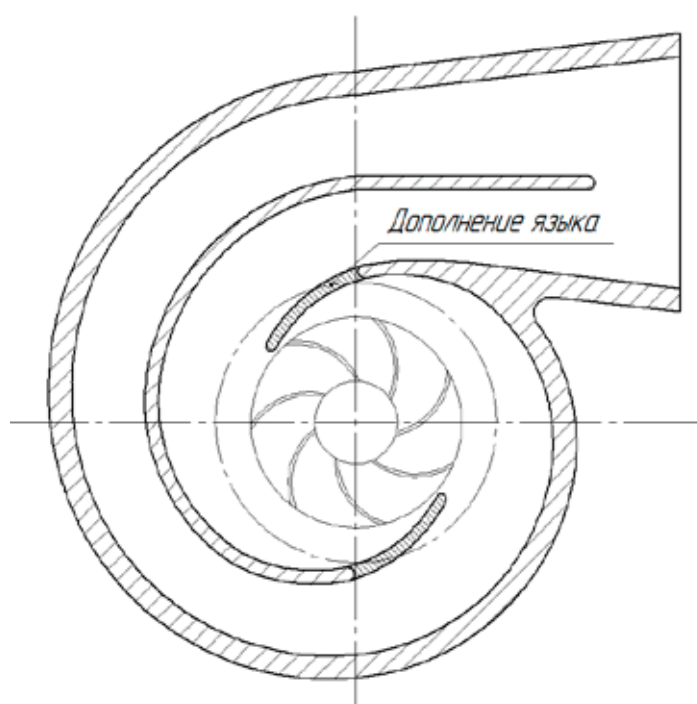


Рис. 6. Дополнение языков отвода

Литература:

1. Бирюков, А. И., Князева Е. Г., Руденко А. А., Твердохлеб И. Б., Беккер Л. М. О способах эффективной эксплуатации магистральных насосов при переменных режимах работы нефтепровода // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. № 4 (12). с. 26–28.
2. Ломакин, В. О., Щербачев П. В., Тарасов О. И., Покровский П. А., Семёнов С. Е., Петров А. И. 77–30569/354657 Создание параметризованных 3D-моделей проточной части центробежных насосов // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 4. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/354657.html> (дата обращения: 17.05.2016).
3. Ломакин, В. О., Артемов А. В., Петров А. И. Определение влияния основных геометрических параметров отвода насоса НМ 10000–210 на его характеристики [Электронный ресурс] // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный научно-технический журнал. 2012. № 8. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/445666.html> (дата обращения: 17.05.2016).
4. Петров, А. И., Ломакин В. О., Семенов С. Е. Пути повышения энергоэффективности динамических насосов на основе современных компьютерных технологий // Инженерный журнал: наука и инновации. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 4 (16). URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/hydro/689.html> (дата обращения: 17.05.2016).

5. Tverдохлеб [et. al.] Oil pipeline from Siberia to the sea // World pumps. May, 2012.
6. Иванюшин, А. А., Колесник Е. С., Руденко А. А., Твердохлеб И. Б. К вопросу о создании сменных проточных частей для магистральных нефтяных насосов // Сайт компании ООО «Энергия — насосы и арматура». 2011. URL: <http://www.mnz.ru/stat-i/k-voprosu-o-sozdanii-smennich-protochnich-chastey-dlya-magistral-nich-neftyanich-nasosov> (дата обращения: 17.05.2016).
7. Трошин, Г. А., Петров А. И. Методы модификации проточной части нефтяных магистральных насосов типа НМ [Электронный ресурс] // Инженерный вестник. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электронный научно-технический журнал. 2014. № 11. URL: <http://engbul.bmstu.ru/doc/744967.html> (дата обращения: 17.05.2016).
8. Ломакин, В. О., Петров А. И., Степанюк А. И. Оптимизация геометрических параметров отвода нефтяного магистрального насоса типа НМ [Электронный ресурс] // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электронный научно-технический журнал. 2012. № 3. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/347727.html> (дата обращения: 17.05.2016).
9. Петров, А. И., Ломакин В. О. Численное моделирование проточных частей макетов насосов и верификация результатов моделирования путем сравнения экспериментально полученных величин с расчетными // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 5. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/356070.html> (дата обращения: 17.05.2016).

## Сравнение основных типов компенсирующих устройств

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

Проблема компенсации реактивной мощности (КРМ) вызвана высокой загрузкой элементов систем распределения электрической энергии (ЭЭ) потоками реактивной мощности (РМ) вследствие значительного её потребления из сетей. [1]

В сетях напряжением 6–10 кВ технологические потери достигают около 8–12% от отпущенной в сеть электроэнергии. Потери электроэнергии зависят от параметров электрической схемы, а также от конструкции сетей и режимов нагрузки. По данным произведенных расчетов для реальных сетей 6–10 кВ, потери электроэнергии зависят от передаваемой потребителям величины реактивной мощности. Например, при изменении коэффициента реактивной мощности ( $\text{tg}\varphi$ ) от 0,5 до 0,8 потери электроэнергии увеличиваются примерно на 20%.

По произведенному анализу показаний счетчиков активной и реактивной мощности установлено, что на шинах 6–10 кВ источника питания коэффициент реактивной мощности в процессе эксплуатации изменяется и достигает значения 0,77–0,85, из-за чего потери электроэнергии достигают существенных значений.

Наиболее эффективным способом снижения потерь электрической энергии в сетях 6–10 кВ является компенсация реактивной мощности. [2]

Помимо изменения потерь электроэнергии и  $\text{tg}\varphi$ , посредством генерации реактивной мощности регулируется величина напряжения у потребителя по формуле:

$$U = U_{\text{цп}} - \frac{(P_{\text{н}} \cdot R_{\text{э}} + Q_{\text{н}} \cdot X_{\text{э}})}{U_{\text{цп}}} \quad (1)$$

где:  $U_{\text{цп}}$  — напряжение центра питания;  
 $P_{\text{н}}$  и  $Q_{\text{н}}$  — активная и реактивная мощность нагрузки потребителя;  
 $R_{\text{э}}$  и  $X_{\text{э}}$  — эквивалентное активное и индуктивное сопротивление между центром питания и потребителем.

Из приведенной формулы видно, что можно влиять на напряжение у потребителя, изменяя реактивную мощность  $Q_{\text{н}}$ , например, регулируя ее с помощью батареи статических конденсаторов.

Существует три вида компенсации:

1. Индивидуальная компенсация применяется при большой единичной мощности электроприемников. В этом случае компенсирующие устройства устанавливаются у электроприемников и присоединяются к зажимам электроприемников. Однако подобная компенсация хорошо подходит лишь для постоянной нагрузки, то есть в тех случаях, где РМ каждой из нагрузок меняется незначительно с течением времени.

2. Групповая компенсация применяется для случая компенсации нескольких расположенных рядом и включаемых одновременно индуктивных нагрузок, подключенных к одному распределительному устройству. Устройства компенсации реактивной мощности устанавливаются в узлах нагрузки.

3. Централизованная компенсации используется в системах, имеющих большое количество потреби-

телей (нагрузок) с большим разбросом суточного коэффициента мощности, то есть для переменных нагрузок. В системах такого типа индивидуальная компенсация не используется, так как резко возрастает стоимость

(из-за большого количества конденсаторов) и возникает большая вероятность перекомпенсации. Устройства компенсации реактивной мощности устанавливаются в центре питания.

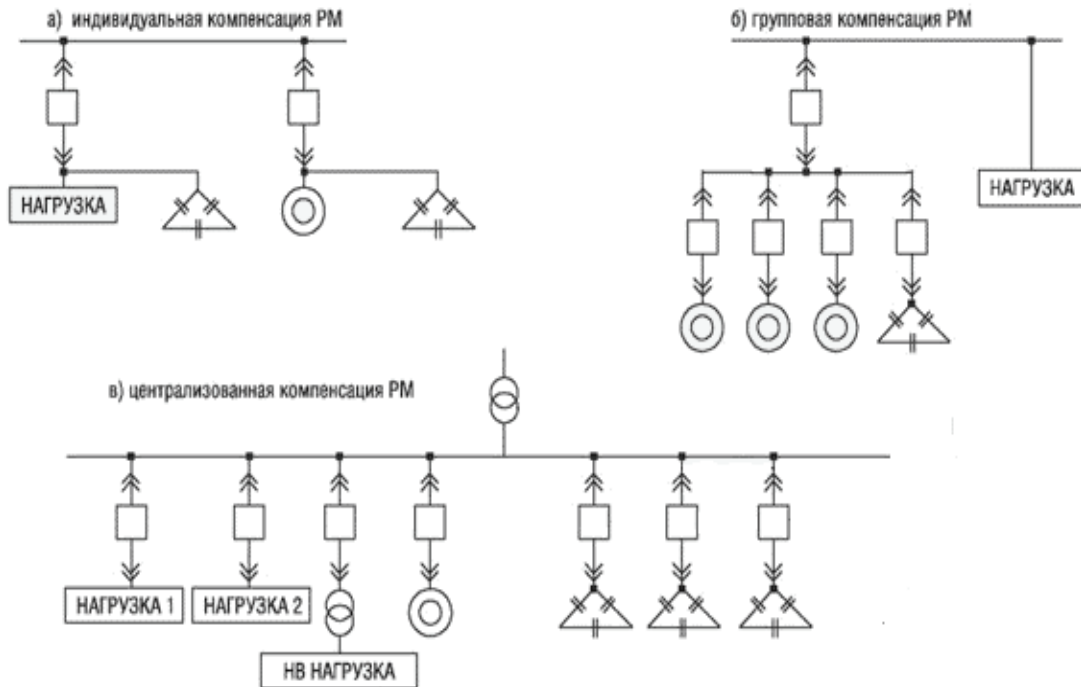


Рис. 1 Виды компенсации

Рассмотрим основные типы компенсирующих устройств:

1. Батареи статических конденсаторов (БСК);
2. Фильтро-компенсирующие устройства (ФКУ);
3. Синхронные компенсаторы;

4. Синхронные двигатели (СД).

БСК состоит из групп силовых конденсаторов, путем параллельно — последовательного соединения их в звезду или треугольник в зависимости от режима работы нейтрали.

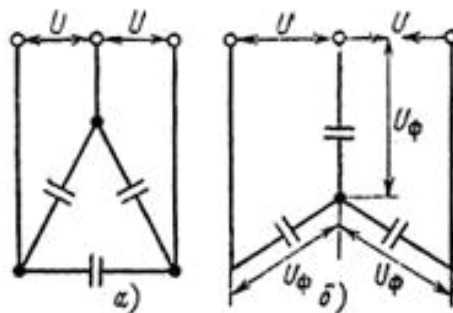


Рис. 2 Принципиальные схемы батарей конденсаторов: а — соединение конденсаторов по схеме треугольник, б — соединение конденсаторов по схеме звезда

При соединении конденсаторов звездой реактивная мощность батарей:

$$Q_\gamma = 3U_\phi^2 \cdot \omega \cdot C \tag{2}$$

При соединении конденсаторов треугольником реактивная мощность батарей:

$$Q_\Delta = 3U^2 \cdot \omega \cdot C = 3Q_\gamma \tag{3}$$

Из приведенных формул видно, что существенным недостатком БСК является квадратичная зависимость генерируемой реактивной мощности от напряжения, что может являться причиной лавины напряжения.



Батареи конденсаторов бывают регулируемые (управляемые) и нерегулируемые. В нерегулируемых БСК число конденсаторов неизменно, а величина реактивной мощности зависит только от величины напряжения. При выборе БСК, суммарная мощность нерегулируемых батарей конденсаторов не должна превышать наименьшей реактивной нагрузки сети, иначе переток реактивной мощности в режиме минимума нагрузок может быть направлен в систему.

В регулируемых батареях конденсаторов в зависимости от режима автоматически или вручную изменяется число включенных конденсаторов. При этом изменяется емкость БСК и мощность, выдаваемая в сеть.

БСК очень чувствительны к высшим гармоникам, которые значительно снижают ее электрическую прочность. Поэтому были созданы специальные фильтро-компенсирующие устройства, которые могли работать в сетях с высшими гармониками. Конструктивно ФКУ это БСК с использованием специальных фильтров.

В режиме перевозбуждения синхронные двигатели генерируют реактивную мощность, а в режиме недовозбуждения — потребляют реактивную мощность, что является их главным достоинством. Но, по сравнению с БСК, СД имеют более сложную конструкцию и систему включения. Обычно СД участвуют в технологическом процессе предприятия и для компенсации реактивной мощности их специально приобретать не нужно.

Существует специальная конструкция синхронного двигателя, когда он не несет активной нагрузки, а используется только для выработки реактивной мощности, такое устройство получило название синхронный компенсатор.

Если СД уже установлены на промышленном предприятии по условиям технологии, их следует в первую очередь полностью использовать для КРМ. Поэтому при необходимости выполнения КРМ на напряжение 6–10 кВ следует рассматривать возможность получения дополнительной реактивной мощности от СД, если их коэффициент загрузки  $K_{СД} < 1$

Минимальную величину реактивной мощности, которая соответствует условию устойчивой работы СД, определяют по формуле:

$$Q_{СД} = P_{ном.СД} \cdot K_{СД} \cdot tg\varphi \tag{4}$$

где  $P_{ном.СД}$  — номинальная мощность двигателя;  $tg\varphi_{ном}$  — номинальный коэффициент реактивной мощности.

Если номинальная активная мощность СД равна или больше указанной в табл. 1, экономически целесообразно использовать полностью располагаемую реактивную мощность СД, определяемую по формуле:

$$Q_{СД} = \alpha_m \sqrt{P_{ном.СД}^2 + Q_{ном.СД}^2} \tag{5}$$

где  $\alpha_m$  — коэффициент допустимой перегрузки СД, зависящий, от его загрузки по активной мощности (определяется по номограмме рис. 6.2);  $Q_{ном.СД}$  — номинальная реактивная мощность СД.

Если реактивная мощность, вырабатываемая СД, оказывается недостаточной, дополнительно устанавливают конденсаторные батареи на напряжение 6–10 кВ. [3]

Таблица 1. Номинальные мощности синхронных двигателей, обеспечивающих полное использование располагаемой реактивной мощности

Объединенная энергосистема	Число рабочих смен	Номинальная активная мощность СД, кВт, при частоте вращения, об/мин							
		3000	1000	750	600	500	375	300	250
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Центра, Северо-Запада, Юга	1	1000	1000	1600	1600	1600			
	2	2500	5000	6300	5000	6300	2000	2000	2500
	3	2500	5000	6300	5000	6300	-	-	-
Средней Волги	1	1250	1600	2000	2000	2000	2500	2500	3200
	2	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	3	2500	5000	6300	5000	6300	-	-	-
Урала	1	1000	1000	1600	1600	1600	2000	2000	2500
	2	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	3	2500	5000	6300	6300	-	-	-	-
Северного Кавказа, Закавказья	1	2000	2500	3200	3200	4000	6300	6300	-
	2	2000	3200	4000	4000	4000	6300	6300	-
	3	2500	5000	6300	5000	6300	-	-	-
Сибири	1	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	2	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
	3	2000	2500	3200	3200	4000	-	-	-
Дальнего Востока	1	5000	6300	8000	10000	10000	-	-	-
	2	5000	6300	8000	10000	10000	-	-	-
	3	5000	6300	8000	10000	10000	-	-	-

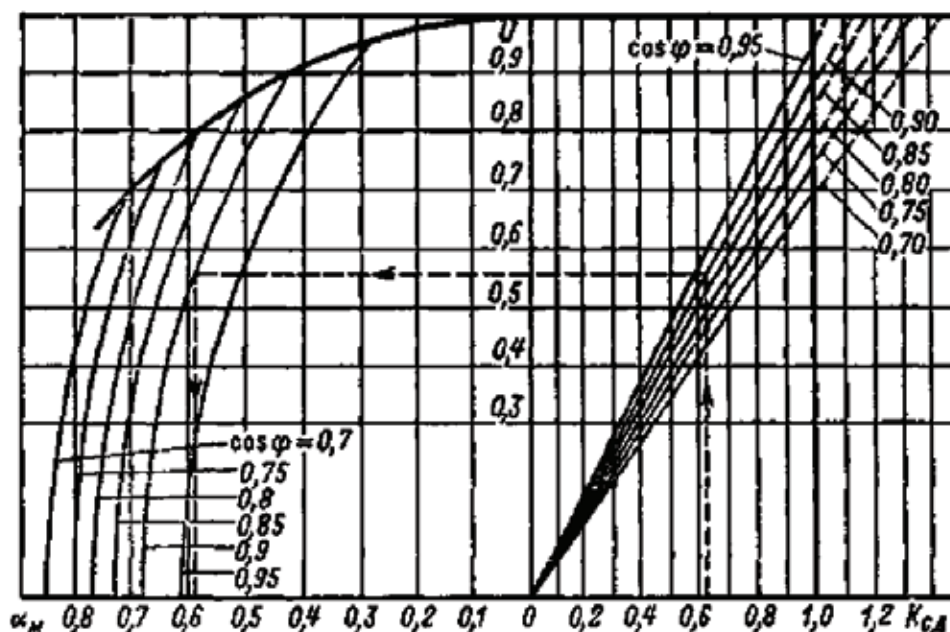


Рис. 3. Номограмма определения располагаемой реактивной мощности синхронных двигателей при номинальном токе возбуждения в зависимости от коэффициента загрузки двигателя по активной мощности

Для наглядности основные характеристики наиболее распространенных источников реактивной мощности сведены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение БСК с СД

Сравнительные характеристики	БСК	СД
Срок службы	8–10 лет	15–20 лет
Система включения	Простая	Сложная
Потери активной мощности на выработку 1 квар реактивной мощности	0,003–0,005 кВт [4]	0,013–0,015 кВт [5]
Конструкция	Простая (без вращающихся частей)	Более сложная
Регулирование РМ	Ступенчатое	Плавное (определяется плавностью изменения тока возбуждения)
	Может только генерировать РМ	Может генерировать и потреблять РМ
Чувствительность к высшим гармоникам	Высокая чувствительность	Менее чувствительны
Зависимость генерации РМ от напряжения	Квадратичная зависимость	Не зависит от напряжения

Из приведенной выше информации видно, что у каждого из основных типов компенсирующих устройств есть достоинства и недостатки, поэтому выбор типа такого устройства будет зависеть от мощности и распределения реактивной нагрузки.

В случае, когда на предприятии установлены синхронные двигатели, то целесообразно в первую оче-

редь использовать их для компенсации реактивной мощности, если же их будет недостаточно, то только тогда устанавливают дополнительные компенсирующие устройства.

Устанавливать маломощные СД лишь для компенсации реактивной мощности экономически невыгодно, поэтому в таких случаях рекомендуется применять БСК.

Литература:

1. Нешатаев, В. Б., Оптимальный выбор источников реактивной мощности в системах распределения электрической энергии [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук (05.14.02) / Нешатаев Владимир Борисович; ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» — Красноярск, 2012. — 21 с.
2. Компенсация реактивной мощности [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.matic.ru/>

3. Электроснабжение. Версия 1.0 [электронный ресурс]: учеб. Пособие по дипломному проектированию / Л.С. Синенко, Е.Ю. Сизганова, Т.П. Рубан, Ю.П. Попов. — Электрон. Дан. (3 Мб). — Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
4. Конденсаторные установки [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://forca.ru/>
5. Компенсирующие устройства [электронный ресурс] — Режим доступа: <http://allrefs.net/>

## Изучение состава местных и импортируемых нефтей при транспортировке

Яхьяев Нодир Шарифович, ассистент;  
 Жураев Лазиз Жалолиддинович, бакалавр;  
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

### Классификация местных нефтей с позиции учета их текучести

Проблема классификации местных нефтей с позиции учета их текучести возникла в связи со сложностями транспортировки высоковязких нефтесмесей, получаемых в установке подготовки нефти (УПН).

Известно, что текучесть нефти ( $\eta_n$ ) можно характеризовать через её динамическую вязкость ( $\mu_n$ ) по следующей зависимости:

$$\eta_n = \frac{1}{\mu_n} \quad (1)$$

Поэтому, для характеристики текучести нефти или нефтепродуктов чаще используют их вязкостные показатели.

Нами изучены физико-химические показатели нефтей, поступающих в ЦП и ОНП УДП «Мубарекнефтегаз».

Результаты анализов представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что нефти месторождений Шурчи и Джаркак имеют высокие плотности и вязкости, чем нефти, месторождений Кокдумалак и Зеварда. Так, например, кинематические вязкости нефтей месторождений Кокдумалак и Зеварда при 20°C равны 14,1 и 14,3 мм<sup>2</sup>/с, соответственно, а месторождений Шурчи и Джаркак при этих же условиях равны 16,2 и 15,9 мм<sup>2</sup>/с, соответственно. Такая же примерно картина повторяется и при 50°C, что ещё раз подтверждает необходимость изучения состава и свойств местных нефтей, которые проясняют причины такого изменения.

Следовательно, при транспортировке таких сильно различающихся по своим составам нефтей смешивать нецелесообразно. Согласно предлагаемой классификации: — к лёгким следует относить нефти с плотностью от 830 до 870 кг/м<sup>3</sup>, содержащие в своем составе не более 5% парафина;

— к парафинистым следует относить нефти, содержащие в своем составе более 5% парафина и имеющие температуру застывания от +5 до +35°C;

— к высоковязким следует относить нефти с плотностью выше 870 кг/м<sup>3</sup>.

Такая условная классификация нефтей позволяет специалисту принять правильное решение при их смешивании, транспортировке и переработке.

По данной классификации нефти известных местных месторождений группируются в следующие:

— легкие нефти, получаемые из месторождений Кокдумалак, Зеварда и Северный Сох;

— парафинистые нефти, получаемые из месторождений Шурчи, Джаркак, Южный Аламышик, Андижан, Амударья, Коштар, Варык и Ханкыз;

— высоковязкие нефти, получаемые из месторождений Северный Уртабулак, Крук, Ляльмикар, Коккайты и Миршади.

На основе такой классификации местных нефтей можно рационально организовать их смешивание, транспортировку и переработку, что позволяет снизить материальные и энергетические затраты.

Следовательно, предлагаемая классификация местных нефтей с позицией учета их текучести позволяет науч-

Таблица 1. Физико-химические показатели нефтей, поступающих в ЦП и ОНП УДП «Мубарекнефтегаз» Таблица 1

Месторождение нефти	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с		Кислотность, мг КОН/100 г	Зольность, %	Температура застывания, °С	Температура начала перегонки, °С
Кокдумалак	864	14,1	5,3	2,5	0,005	-6	65
Зеварда	869	14,3	5,6	2,6	0,007	-5	66
Шурчи	878	16,2	6,0	2,9	0,009	+6	68
Джаркак	873	15,9	5,8	2,8	0,009	+5	67

но-обосновать рациональные режимы их транспортировки и переработки. На современном этапе развития нефтеперерабатывающей отрасли основные внимания уделяются стабильному обеспечению предприятий качественным сырьем и необходимыми для его переработки реагентами, считая их приоритетными задачами.

В этом аспекте нефти могут закупаться из-за рубежа и перерабатываться в смеси с высоковязкими и высоко-сернистыми местными нефтями.

Сегодня, в Узбекистане нефти импортируются из Казахстана и России. Причем, их составы и свойства сильно отличаются от местных нефтей, поступающих на промышленную переработку.

Поэтому стоит задача компьютерного прогнозирования показателей качества возможно создаваемых нефтесмесей, транспортируемых по трубопроводу. Нами разработан алгоритм прогнозирования показателей качества нефтесмесей на ЭВМ, который представлен на рис. 1.

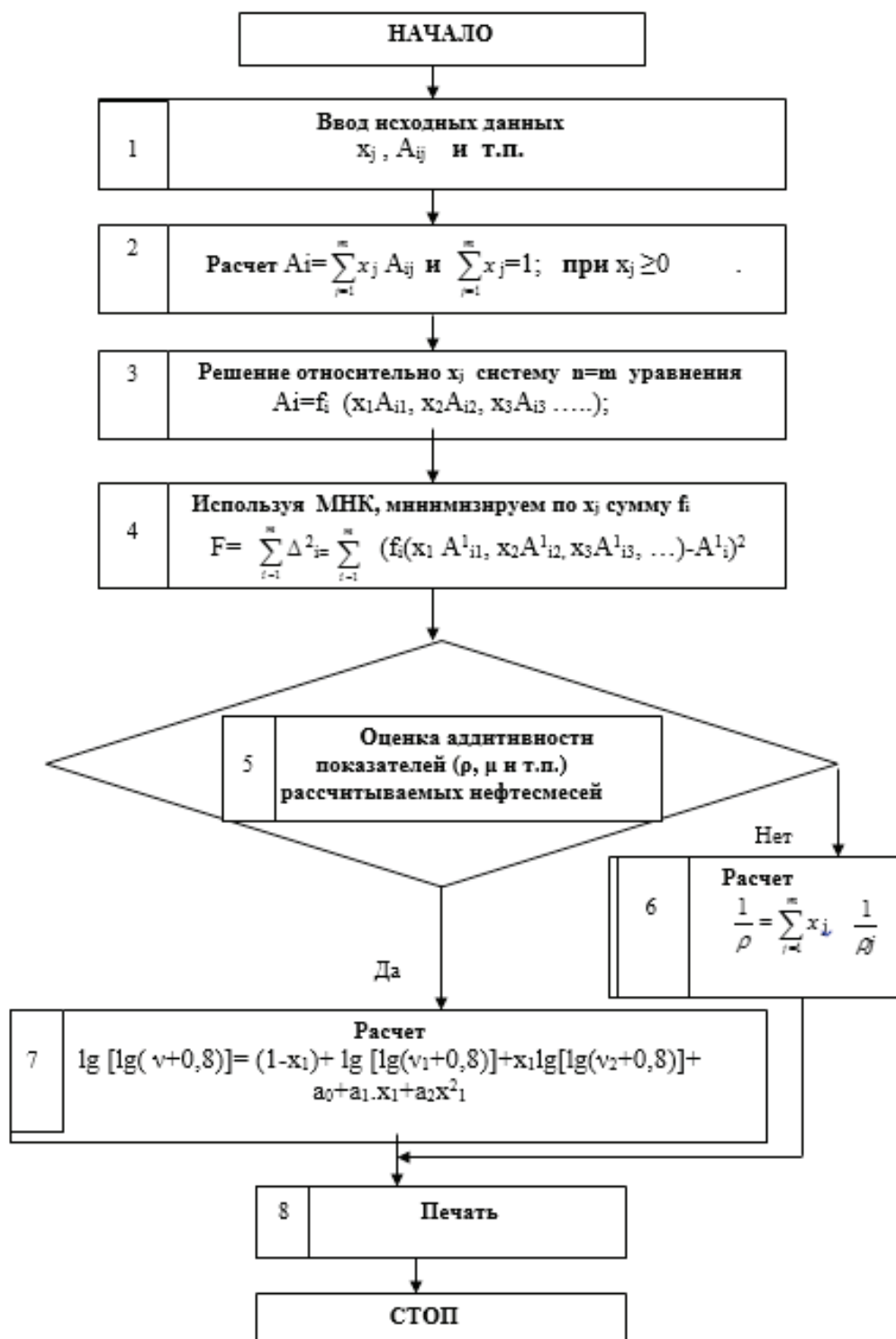


Рис. 1 Алгоритм прогнозирования показателей качества нефтесмесей на ЭВМ

### Реологические особенности транспортируемых композиций нефтей из местных месторождений

Анализ работы УПН показал, что транспортируемые и перерабатываемые нефти местных месторождений не-

обходимо исследовать по реологическим параметрам с целью создания их легко текучих композиций.

Литература:

1. Набиев, А. Б., Абдурахимов С. А. Классификация местных нефтей с позиции их текучести // Кимёва Кимё технологияси журналы. — Ташкент, 2009.. № 4. Б.63–64.
2. Набиев, А. Б., Абдурахимов С. А. Комбинированный способ повышения текучести высоковязкой местной нефти. // Композиционные материалы, Тошкент, 2009. — № 4. Б. 40–43.
3. Абдурахимова, Д. С., Набиев А.Б., Султонов А.С., Тураев А.С. Технический хлопковый фосфатидный концентрат-ценное ПАВ для повышения текучести высоковязких нефтей. //Узбекский журнал нефти и газа. Ташкент, 2010. — № 2. с.35–36.

## Лабораторные методы измерения и приборы контроля коррозии

Яхьяев Нодир Шарифович, ассистент;

Камолов Аброр Каххорович, бакалавр

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

### Показатели коррозии

Для количественного выражения скорости коррозии служат показатели коррозии: массометрический, объёмный механический, токовый и др. Массометрический показатель скорости коррозии — это изменение массы металла в результате коррозии отнесённое к единице его поверхности, в единицу времени вычисляется по формуле.

$$K_m = \frac{m_o - m}{S \tau}$$

Где  $m_o$  — масса исходного образца, г;  $m$  — масса образца после испытания и удаления продуктов коррозии, г;  $S$  — площадь поверхности образца, м<sup>2</sup>;  $\tau$  — время испытания, ч.

Методы определения скорости коррозии по потерям массы применяют для оценки равномерной. Этими методами невозможно оценивать неравномерную коррозию межкристаллитную и транскристаллитную коррозионные разрушения.

**Объёмный показатель** коррозии характеризует объём  $V$  выделенного или поглощенного в процессии коррозии газа, приведенный к нормальным условиям ( $T = 273$  К,  $p = 1,01 \cdot 10^5$  Па) и отнесенный к единице времени

$$K_v = \frac{V}{S \tau}$$

Где  $V$  — объём поглощенного или выделенного газа, см<sup>3</sup>;  $S$  — площадь поверхности образца;  $\tau$  — время испытания, ч.

При переходе металла в продукты коррозии и кислотных средах выделяется эквивалентное количество водорода. В нейтральных кислородсодержащих средах при образовании продуктов коррозии поглощенного эквивалентное количество кислорода. Объём выделенного водорода или поглощенного кислорода измеряется с помощью эвдиометра.

**Глубинный показатель** скорости коррозии учитывать уменьшение толщины металла вследствие коррозии, выраженное в линейных единицах и отнесенное к единице времени. Среднее значение глубины коррозионного поражения при равномерной коррозии можно вычислить с помощью массометрического показателя скорости коррозии  $K_m$ ;

$$P = 8,76 K_m / \gamma$$

Где  $\gamma$  — плотность металла, г/см<sup>3</sup>; 8,76 — переводной коэффициент.

Это показатель удобен для сравнения скорости коррозии металлов с различным плотностями.

**Механический показатель** коррозии характеризует изменение какого — либо показателя механических свойств металла (%) за определенное время испытаний.

Например показатель изменения предела прочности определяют по формуле

$$K_\sigma = \sigma_{b1} / \sigma_b$$

Где  $\sigma_b$  — предел прочности металла до коррозии, МПа/м<sup>2</sup>;  $\sigma_{b1}$  — фиктивный предел прочности после коррозии за время испытания. МПа/м<sup>2</sup>.

**Токовый показатель** коррозии позволяет количество прокорродировавшего металла по формуле Фараден, если известна сила коррозионного тока

$$K_3 = I \cdot A \cdot \frac{\tau}{n \cdot F \cdot s}$$

Где  $I$  — ток коррозии;  $A$ ;  $F$  — константа Фарадея;  $n$  — валентность металла в данном коррозионном процессе;

$A$  — атомная масса металла, г;  $\tau$  — время, с;  $s$  — площадь поверхности образца, м<sup>2</sup>.

При качественной и количественной оценке коррозионной стойкости металлов рекомендуется пользоваться десятибалльной шкалой (ГОСТ 13819–68) (табл. 1)

Таблица 1. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов (ГОСТ 13819–68)

Группа стойкости	Скорость коррозии металлов, мм/год	Балл
Совершенно стойкие	Менее 0,001	1
Весьма стойкие	От 0,001 до 0,005	2
	От 0,005 до 0,01	3
Стойкие	От 0,01 до 0,05	4
	От 0,05 до 0,1	5
Пониженностойкие	От 0,1 до 0,5	6
	От 0,5 до 1,0	7
Малостойкие	От 1,0 до 5,0	8
	От 5,0 до 10,0	9
Нестойкие	От 10 и выше	10

Химический состав и механические свойства некоторых конструкционных материалов. Наибольшие применение для изготовления оборудования нефтяной и газовой промышленности получили стали и чугуны. Среди сталей наиболее часто встречаются углеродистые, низколегированные и нержавеющие.

Конструкционные углеродистые стали делятся на углеродистую сталь обыкновенного качества и сталь качественную.

Сталь углеродистая обыкновенного качества подразделяется в зависимости от назначения и гарантируемых характеристики на три группы: группа А — сталь с гаран-

тируемыми механическими свойствами (применяется для несварных нагруженных элементов конструкций); группа Б — сталь с гарантируемым химическом составе (применяется для сварных элементов неотчетственных конструкций); группа В-сталь с гарантируемыми механическими свойствами и химическим составом (применяется для сварных элементов ответственных конструкций).

#### Лабораторные методы измерений

Лабораторные испытания — это обычно ускоренные испытания, проводимые в определенных, контролиру-

Таблица 2. Химический состав углеродистой стали обыкновенного качества

Марки стали	Содержание элементов, %		
	Углерод	Марганец	Кремний
БСт 1кп	0,06–0,12	0,25–0,50	Не более 0,05
БСт 1пс	0,06–0,12	0,25–0,50	0,05–0,17
БСт 1сп	0,06–0,12	0,25–0,50	0,12–0,30
БСт 2кп	0,09–0,15	0,25–0,50	Не более 0,07
БСт 2пс	0,09–0,15	0,25–0,50	0,05–0,17
БСт 2сп	0,09–0,15	0,25–0,50	0,12–0,30
БСт 3кп	0,14–0,22	0,30–0,60	Не более 0,07
БСт 3пс	0,14–0,22	0,40–0,65	0,05–0,17
БСт 3сп	0,14–0,22	0,40–0,65	0,12–0,30
БСт 3Гпс	0,14–0,22	0,80–1,10	Не более 0,15
БСт 4кп	0,18–0,27	0,40–0,70	Не более 0,07
БСт 4кп	0,18–0,27	0,40–0,70	0,05–0,17
БСт 4кп	0,18–0,27	0,40–0,70	0,12–0,30
БСт 5пс	0,28–0,97	0,50–0,80	0,05–0,17
БСт 5Гпс	0,22–0,30	0,80–1,20	Не более 0,15
БСт 6пс	0,38–0,49	0,50–0,80	0,05–0,17
БСт 6сп	0,38–0,49	0,50–0,80	0,15–0,35

емых условиях, которые могут отличаться от существующих на практике.

Лабораторные коррозионные испытания применяют: при изучении механизма; для оценки стойкости конструкционных материалов и эффективности различных методов защиты от коррозии.

**Подготовка образцов.** Для гравиметрических коррозионных испытаний размеры образцов ограничивают так, чтобы их можно было взвешивать на аналитических весах. Обычно размеры образцов принимают 40x20x2 или 50x20x2 мм. Для крепления образцов во время испытания в одном из краев пластины сверлят отверстие диаметром 5 мм.

Подготовленные образцы испытывают по методике предусмотренной программой смачивание поверхности образца после погружение его готовить не менее трех образцов. Увеличение число параллельно испытываемых образцов позволяет повысить надежность результатов, особенно в том случае, когда требуется установить относительно небольшое различие в характеристике материала.

Для получения надежной информации об изменении скорости коррозии во времени необходима устанавливать на испытание такое число комплектов образцов, чтобы обеспечивать по крайней мере три периода испытаний.

**Удаление продуктов коррозии.** Продукты коррозии удаляют после выдержки образцов в растворах, взаимодействующих преимущественно с продуктами коррозии

**Визуальное наблюдение** коррозионных поражений позволяет фиксировать изменение внешнего вида по-

верхности металла при этом отмечают время начала появления продуктов коррозии. Их распределение по поверхности металла можно регистрировать последовательным фотографированием.

Для наблюдение распределением катодных и анодных участков по поверхности металла в электролиты вводят специальные реагенты. С помощью  $K^3Fe(CN)_6 \cdot 2H_2O$  можно фиксировать анодные участки поверхности по синему окрашиванию прилегающего к ним раствора. Фенолфталеин, введенный в раствор, под действием щелочной реакции на катодных металлической поверхности окрашивается в розовый цвет.

**Глубину точечного поражения** определяют при помощи оптического микроскопа наведением его на поверхность сначала по неповрежденной поверхности, а затем по дну питтинга.

Гравиметрический метод — один из наиболее распространенных методов определения скорости коррозии. Самый простой и доступный способ испытания в электролитах — это испытание в открытом сосуде. В лабораторных исследованиях обычно используют минимум 150 мл раствора на 1 см<sup>2</sup> поверхности образца.

Подготовленные к испытаниям образцы подвешивают на стеклянных крючках или капроновой нити, опускают в сосуды со средой и испытывают при полном частичном или переменном погружении в неподвижный или перемешиваемый электролит, через который можно пропускать воздух, кислород азот или другой газ.

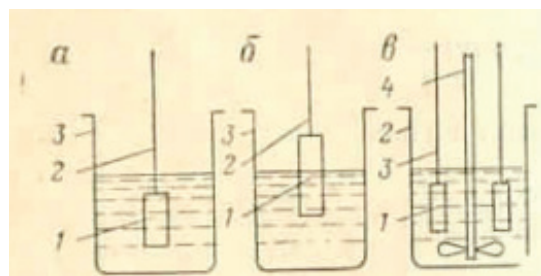


Рис. 1. Схема коррозионных испытаний образцов в открытом сосуде при полном (а), частичном (б), погружении и неподвижный и перемешиваемый (в) раствор; 1 — испытываемый образец; 2 — подвеска; 3 — стеклянный стакан с коррозионным раствором; 4 — мешалка.

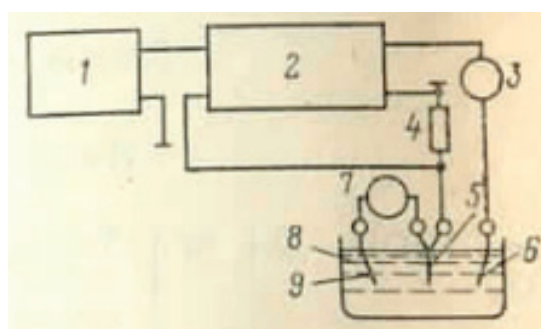


Рис. 2. Схема работы потенциостата в режиме поддержания постоянного поляризующего тока: 1 — источник задающего напряжения; 2 — усилитель; 3 — миллиамперметр; 4 — катюкна; 5 — рабочий электролит; 6 — вспомогательный электрод; 7 — вольтметр; 8 — электрохимическая ячейка; 9 — электрод сравнения.

Литература:

1. Саакиян, Л. С., Ефремон А. П. и др. Защита нефтепромыслового оборудования от коррозии. М.: — Недра, 1985 г, 206 с.
2. Кац, Н. Г., Стариков В. П., Парфенов С. Н. Химическое сопротивление Материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии. М.: Машиностроение. — 2011 г.
3. Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защита металлов: учеб. Пособие/ Жук Н. П. — 2-е изд., стереотипное. Перепечатка издания 1976. — М.: ООО ТИД «Альянс», 2006. — 472.

## Расчет и классификация трубопроводов при неизотермическом движении нефтегазовый смесей

Яхяев Нодир Шарифович, ассистент;  
 Нафиддинов Умид Ихтиёрович, магистр  
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

### Классификация трубопроводов

Трубопроводы, транспортирующие продукцию скважин на площадях нефтяных месторождений, подразделяются на следующие основные категории:

- 1) По назначению — нефтепроводы, газопроводы, нефтегазопроводы, нефтегазоводопроводы и водопроводы;
- 2) По характеру напоров — напорные и безнапорные;
- 3) По величине рабочего давления — высокого  $64 \cdot 10^5$  Па, среднего  $16 \cdot 10^5$  Па и низкого  $6 \cdot 10^5$  Па давления.
- 4) По способу прокладки — подземные, надземные и подводные;
- 5) По функции — а) выкидные линии, идущие от устьев скважин до групповой замерной установки; б) нефтяные, газовые водяные и нефтегазоводяные сборные коллекторы; в) товарные нефтепроводы;
- 6) По гидравлической схемы работы — простые трубопроводы, не имеющие ответвлений, и сложные трубо-

проводы, имеющие от ветвления, к которым относятся также замкнутые (кольцевые) трубопроводы.

Движение нефти и ее примесей по выкидным линиям до ГЗУ осуществляется за счет давления на устьях скважин. Выкидные линии в зависимости от дебита скважин принимаются диаметром от 75 до 150мм и прокладываются под землей. Протяженность выкидных линий определяется технико-экономическими расчетами и может достигать 4 км и более.

От ГЗУ, к которой подводится по выкидным линиям продукция от 14 до 56 скважин (по числу Спутников, определяемых технико-экономическими расчетами), до ДНС или установки подготовки нефти (УПН) обычно прокладывается сборный коллектор диаметром от 100 до 350 мм и протяженностью 10 км и более (Рис 1 А поз 3). Гидравлический расчет трубопроводов при движении по ним нефтегазовых смесей. Большинство нефтепроводов, проложенных по площадям месторождений рабо-

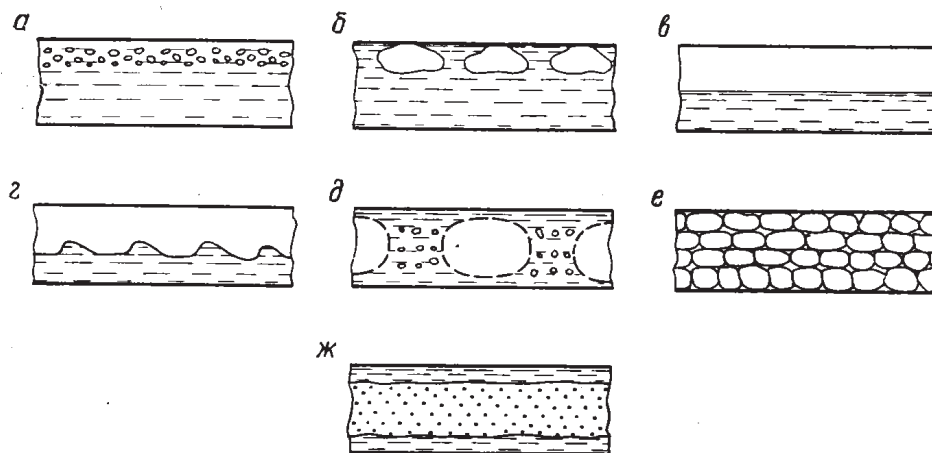


Рис. 1. Примерные структуры газожидкостных потоков в горизонтальных трубах: Поток а — с пузырьками газа в верхней образующей; б — с началом образования газовых пробок; в-расслоенный; г — волиновой; д — пробковое течение; е — эмульсионный (сотовый); ж — пленочный



тает с неполным заполнением сечения трубы нефтью, т.е. часть трубы обычно бывает занята газом.

Основной задачей, возникающей при гидравлическом расчете трубопроводов, транспортирующих газожидкостную смесь, является определение перепадов давления. Основное расчетное уравнение для нефтепроводов можно записать в следующем упрощенном виде:

$$\Delta p = \Delta p_{mp} + \Delta p_{cm}$$

Перепад давления обусловленный гидравлическим сопротивлением газожидкостного потока, можно определить по формуле, подобной формуле Дарси — Вейсбаха

$$\Delta p_{mp} = \lambda_{cm} \frac{l}{D} \cdot \frac{\rho_{cm} \Delta g_{cm}^2}{2}$$

Где  $\lambda_{cm}$  — коэффициент гидравлического сопротивления, который согласно работе находится следующим образом:

При  $Re_{cm} < 2300$

$$\lambda_{cm} = \frac{64}{Re_{cm}};$$

При  $Re_{cm} > 2300$

$$\lambda_{cm} = \frac{1}{(1,8 \cdot lg \cdot Re_{cm} - 1,5)}$$

Число Рейнольдса для смеси определяется как

$$Re_{cm} = \frac{v_{cm} \cdot D}{\nu_{cm}}$$

Кинематическая вязкость двухфазного потока  $\nu_{cm}$  определяется по формуле Манна:

$$\frac{1}{\nu_{cm}} = \frac{\beta}{\nu_{г}} + \frac{1 - \beta}{\nu_{ж}}$$

Где  $\beta$  — расходное объемное газосодержание двухфазного потока определяемое по формуле

$$\beta = \frac{V_{г}}{V_{г} + V_{ж}}$$

Где  $V_{г}$  и  $V_{ж}$  — соответственно объемный расход газа и жидкости при средних давлении и температуре в трубопроводе.

Основные понятия о реологических свойствах нефти и расчет трубопроводов, транспортирующих неньютоновские жидкости. За последние годы все больше открываются месторождений с парафинистой нефтью движение которой по трубам не подчиняется известным законам гидравлики. Содержание парафина в некоторых нефтях этих месторождений достигает 25%, а смол-55%. Под реологическими свойствами нефти вообще и парафинистой в частности будем понимать зависимость вязкости нефти

$\mu$  от изменения градиента скорости в трубе  $\frac{dv}{dr}$  и напряжения сдвига  $\tau$ .

Согласно закону Ньютона о вязкостном трении при движении жидкости в круглой трубе, уравнение касательного напряжения сдвига  $\tau$  записывается в следующем виде;

$$\tau = \frac{F}{S} = -\mu \frac{dv}{dr}$$

Где  $\tau$  — касательное напряжение сдвига между двумя слоями жидкости или между жидкостью и теплом, заштрихованным на рисунке в Па;  $F$  — сила в Н;  $S$  — площадь соприкосновения между двумя слоями жидкости в м<sup>2</sup>;  $\mu$  — коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом абсолютной вязкости, в Па · с;  $\frac{dv}{dr}$  — градиент скорости между слоями жидкости в 1/с;

$r$  — расстояние от оси трубы в м.

Жидкости, вязкость которых изменяется по прямолинейному закону ( $\mu = const$ ) в зависимости от напряжения

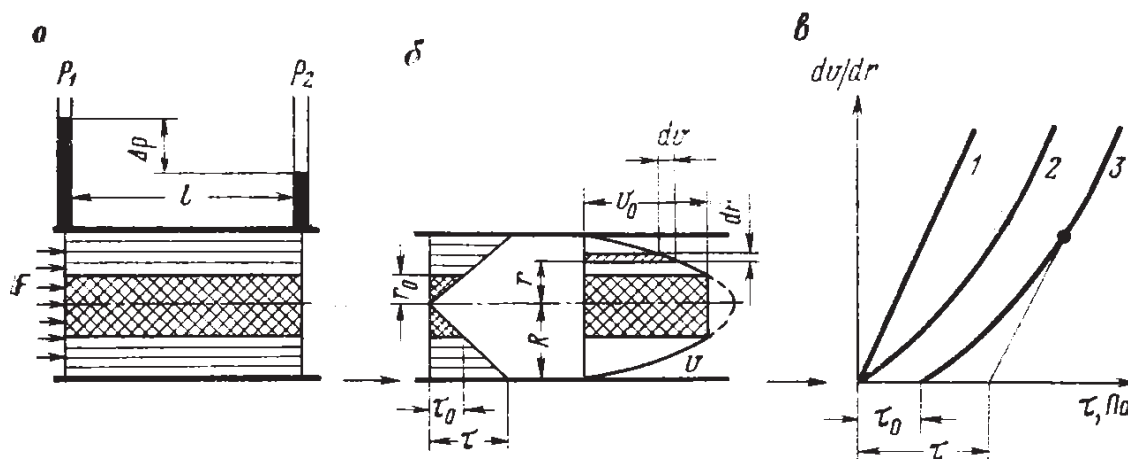


Рис. 2. Физические свойства ньютоновских и неньютоновских жидкостей и характер их движения по трубам в структурном потоке

сдвига  $\tau$  и градиента скорости  $\frac{d\vartheta}{dr}$ , называются ньютоновскими.

Жидкости, вязкость которых не является постоянной величиной (т.е.  $\mu \neq \text{const}$ ) в зависимости от напряжения сдвига и градиента скорости, называются неньютоновскими жидкостями (кривые 2 и 3 на рис 20 в). Кривые этого типа обычно получаются вблизи области температуры застывания нефти. До сих пор рассматривались изотермические потоки, т.е. такие для которых температура, а следовательно, и плотность и вязкость жидкости оставались неизменными на всем протяжении потока и в любой точке его поперечного сечения. Однако практически приходится иметь дело с потоками жидкости, которые или подогреваются в различных печах (особенно при перекачке парафинистых нефтей) или их естественное тепло теряется в окружающую среду. С понижением температуры увеличивается вязкость нефти (эмульсии), а следовательно, и гидравлическое сопротивление при ее транспорте по трубопроводам. Падение температуры особенно нежелательно при перекачке высоковязких и парафинистых нефтей. Связь между начальной и конечной температурой нефти, а также температурой окружающей среды устанавливается формулой акад.В. Н. Шухова:

$$\frac{t_k - t_o}{t_n - t_o} = e^{-\alpha l}$$

Где  $t_n$  и  $t_o$  — соответственно начальная и конечная температура нефти в °С;

$e$  — основание натуральных логарифмов, равное 2,72;  
 $l$  — длина трубопровода в м.

Величина  $\alpha$  в данной формуле определяется из выражения

$$\alpha = \frac{\pi D k}{G \rho C}$$

Называемого критерием Шухова. Здесь  $D$  — наружный диаметр трубопровода в м;  $k$  — полный коэффициент теплопередачи от жидкости в окружающую среду в Вт/м<sup>2</sup>·°С;  $G$  — объемный расход жидкости в м<sup>3</sup>/с;  $\rho$  — плотность жидкости в кг/м<sup>3</sup>;  $C$  — теплоемкость жидкости (для нефти  $C=2,09$ , для воды  $C=4,19$  кДж/кг·°С. Для аналитического определения показателя крутизны необходимо знать вязкость нефти  $v_1$  и  $v_2$  при двух различных температурах  $t_1$  и  $t_2$ . Подставляя эти данные в следующую формулу

$$v = v_x \cdot e^{-u(t-t_x)}$$

И логарифмируя его получим

$$\ln v_1 = \ln v_{t_o} - u t_1$$

$$\ln v_2 = \ln v_{t_o} - u t_2$$

Вычитая из первого равенства второе, найдем

$$u = \frac{\ln \frac{v_1}{v_2}}{t_2 - t_1} = tg \alpha$$

Для ориентировочного определения вязкости нефтей в зависимости от их температуры и плотности можно пользоваться рис 21.

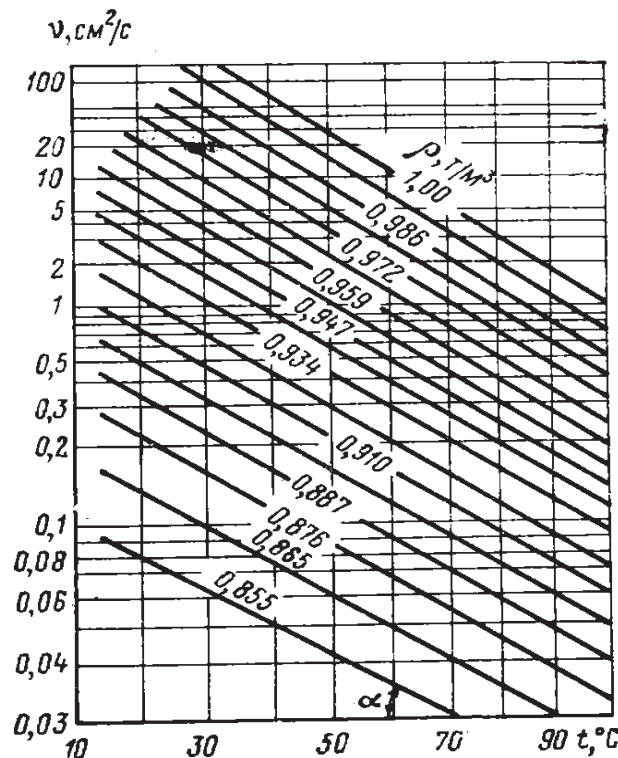


Рис. 3. График для ориентировочного определения вязкости нефтей в зависимости от их температуры и плотности

Литература:

1. Гужов, А. И. Совместный сбор и транспорт нефти и газа. М., изд-во «Недра». 1973, 235с.
2. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М-Л., Госэнергоиздат, 1960, 464 с.
3. Лутошкин, Г. С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды к транспорту. М., изд-во «Недра», 1972, 326 с.
4. Лутошкин, Г. С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. М., Недра», 1974, 23с.

# Молодой ученый

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 12 (116) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметов И. Г.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Абдрасилов Т. К.  
Авдеюк О. А.  
Айдаров О. Т.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Жураев Х. О.  
Игнатова М. А.  
Калдыбай К. К.  
Кенесов А. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матвиенко Е. В.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Паридинова Б. Ж.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сенюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.  
Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Ахмеденов К. М. (Казахстан)  
Бидова Б. Б. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Демидов А. А. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)  
Игиснинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Колпак Е. П. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Г. А.

**Ответственные редакторы:** Осянина Е. И., Вейса Л. Н.

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я., Голубцов М. В.,  
Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

**почтовый:** 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

**фактический:** 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

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

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.07.2016. Тираж 500 экз.

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