



ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 4 (63) / 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметова Галия Дуфаровна, доктор филологических наук

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

*На обложке изображен граф Сергей Юльевич Витте (1849–1915) — русский государственный деятель, министр путей сообщения, министр финансов, председатель Комитета министров, председатель Совета министров.*

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

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>.

**Учредитель и издатель:** ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

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

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

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

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

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

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

**Международный редакционный совет:**

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

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

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

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

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

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

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

**Художник:** Евгений Шишков

**Верстка:** Павел Бурьянов

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Адилев О.К., Кулмурадов Д.И.**  
Эксплуатации газобаллонных автомобилей  
в горных и предгорных условиях работы ..... 149
- Буранов И.Ф.**  
Логарифмическая спираль в технике  
и в природе ..... 151
- Ганиев У.Г., Базаров Г.Р.**  
Определение эффективности гидродинамических  
методов повышения нефтеотдачи (ГМПН) пластов  
месторождения Арниез ..... 153
- Гарькина И.А., Гарькин И.Н.**  
Строительный кластер: взаимодействие  
между строительными организациями ..... 155
- Гусев Н.И., Кочеткова М.В., Паршина К.С.**  
Некоторые особенности отделки  
реставрируемых зданий ..... 157
- Денисов В.А.**  
Определение расхода воздуха, проходящего  
через пневмораспределитель при определенных  
значениях давления на входе и выходе  
и их соотношении ..... 159
- Жалилов Н.Т., Базаров Г.Р.**  
Значимость ввода дожимных компрессорных  
станций на установках комплексной  
подготовки газа ..... 161
- Жалилов Н.Т., Базаров Г.Р.**  
Регулирование режима работы  
газоперекачивающих агрегатов  
с электроприводом ..... 163
- Зайцева Ю.А., Горина Е.Г., Пономаренко А.В.**  
Виды посола и его применение  
в мясоперерабатывающей промышленности .. 164
- Зайцева Ю.А., Нестеренко А.А.**  
Новый подход к производству ветчины ..... 167
- Закиряева Н.Г., Жалолова М., Пулатова С.У.**  
Математическая модель одежды,  
предназначенной для эксплуатации  
в жарких климатических условиях ..... 170
- Зорькин А.В., Ильин С.В., Виньчаков А.Н.,  
Рыбаков И.М.**  
Разновидности погрешностей измерительных  
комплексов радиоэлектронных средств ..... 174
- Ибрагимов У.Х., Мамедова Д.Н., Саматова Ш.Й.**  
Гидравлический расчет теплообменных  
аппаратов с локальными турбулизаторами .... 176
- Ибрагимов У.Х., Шомуратова С.М.**  
Экспериментальное исследование коэффициента  
теплоотдачи в трубках теплообменника  
при применении локальных турбулизаторов .. 178
- Извеков Ю.А.**  
Вероятностный синтез сложной  
механической системы ..... 179
- Имомов Ш.Б., Мадарова С.У., Файзуллаев И.М.**  
Повышение тепловой эффективности систем  
солнечного отопления на основе плоских  
рефлекторов, устанавливаемых  
с северной стороны здания ..... 182
- Кенийз Н.В.**  
Определение содержание свободной  
и связанной влаги в тесте с добавлением  
криопротекторов ..... 187
- Киямов Ш.Ф.**  
Дифракция упругих волн на подземном  
трубопроводе ..... 189
- Койшыбаев А.Д.**  
Исследование сепараторного устройства  
для утилизации попутного нефтяного газа  
на месторождении Кенлык ..... 192

<b>Костик С.И., Ободович А.Н.</b> Исследование технических и теплофизических характеристик универсального сушильного стенда по обезвоживанию термолабильных материалов ..... 195	<b>Примеров О.С., Макеев П.В., Клинков А.С.</b> Разработка валково-шнекового агрегата для переработки вторичных термопластов .... 244
<b>Костин Д.А., Разуваев А.В., Кожанова Е.Р.</b> Автоматизация расчета срока окупаемости малой ТЭЦ ..... 199	<b>Рылякин Е.Г., Курылев А.В.</b> Влияние эксплуатационных факторов на изменение надежности гидроагрегатов мобильных машин ..... 247
<b>Куличенко А.И., Мамченко Т.В., Жукова С.А.</b> Современные технологии производства кондитерских изделий с применением пищевых волокон ..... 203	<b>Саматова Ш.Ю., Вардияшвили А.А., Хамраев Т.Я., Абдуллаева К.Т.</b> Результаты режимно-наладочных испытаний при сжигании природного газа паровых котлов типа «Babcok-Wilcok» №1, №2 котельной Каршинского маслоэкстракционного АО ..... 250
<b>Курбанов А.Х., Базаров Г.Р.</b> Исследования литолого-физической характеристики пород-коллекторов продуктивных горизонтов месторождения Учкыр ..... 206	<b>Сафаров Б.Ж., Садирова С.Н., Назаров Ш.К.</b> Изучения влияние пропитки и пленкообразования на свойства волокнистых систем ..... 254
<b>Курбанов А.Х., Базаров Г.Р.</b> Контроль за повреждением контурных вод на месторождении Учкыр ..... 208	<b>Сафаров Б.Ж., Хужакулов К.Р., Ходжиев А.Х., Нормуродов Б.Р.</b> Физико-химические исследования структуры пигментной печатной краски на основе отечественных препаратов ..... 256
<b>Ладин Р.А., Снежкина О.В., Кочеткова М.В.</b> Характер трещинообразования коротких железобетонных балок при разрушении по сжатой зоне ..... 210	<b>Сафаров И.И., Ядгаров У.Т.</b> Передача подвижной нормальной нагрузки на упругую среду через амортизирующий слой ..... 259
<b>Логанина В.И.</b> Термодинамика процессов растрескивания покрытий от действия влаги ..... 214	<b>Скворцов М.Г.</b> Оценка состояния плазмы с помощью нейросетевых измерительных систем ..... 262
<b>Муратаева Г.А., Муратаев А.А.</b> Определение уточненных параметров схемы замещения ..... 217	<b>Струнин И.В.</b> Способы получения электрики и тепла из солнечного излучения ..... 265
<b>Науменко В.В.</b> Применение генетического алгоритма для решения задачи распределения ресурсов в процессе выполнения административных регламентов ..... 218	<b>Тазетдинова В.А.</b> Цифровая компрессия аудиоданных ..... 268
<b>Нестеренко А.А., Акопян К.В.</b> Изучение действия электромагнитного поля низких частот на мясное сырье ..... 224	<b>Тимченко В.С.</b> Потенциальные возможности расширения круга задач, решаемых с помощью мониторинга в транспортном комплексе ..... 273
<b>Нижегородцев Е.И.</b> Экспериментальные исследования процесса дренирования в плоских дренажах из волокнистых полимерных материалов ..... 227	<b>Тормашев Д.С., Чертков А.А.</b> Алгоритм сокращения стояночного времени судна, находящегося под обработкой в порту ..... 276
<b>Петрянин Д.Л., Абузяров И.Р., Гуденко М.Л., Ольховой А.А.</b> Анализ сжатия изображений ..... 229	<b>Туракулова Б., Пулатова С.У.</b> Оптимизация конструктивных параметров спецодежды для эксплуатации в жарких климатических условиях ..... 279
<b>Полтораки В.П., Степаненко А.Ю.</b> Алгоритмы балансировки в сети OSPF ..... 232	<b>Узаков Г.Н., Раббимов Р.Т., Алиярова Л.А., Рахимов С.А.</b> Эффективность применения пиролизной технологии для получения альтернативного топлива из местных органических отходов .... 280
<b>Потрясов Н.В., Акопян К.В., Пономаренко А.В.</b> Использование пектина в различных технологиях ..... 242	

**Уринов А. А., Ли Р. Ч.**

Анализ эффективности оборудования установки  
получения пропан-бутановой смеси  
на 3 и 4 очереди (Шуртан)..... 283

**Фадеева Г.Д., Гарькин И.Н., Забиров А.И.**

Экспертиза промышленной безопасности зданий  
и сооружений: характерные проблемы..... 285

**Фетисова М.А., Горшков Д.Н., Страхов К.А.**

Прокладка трубопроводов  
без разрытия траншей ..... 287

**Хаитов Б.У.**

О построении структурных линий рельефа..... 289

**Хаитов Б.У.**

Геометрическое моделирование рельефа  
для задач выбора оптимальной проектной  
поверхности и водоотведения ..... 292

**Хнаев О.А., Данилов А.М.**

Методы планирования эксперимента  
в аппроксимации функций  
многих переменных ..... 295

**Шибeko P.В., Соколов Е.О.**

Электрод для обжига керамики  
и огнеупоров ..... 297

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Эксплуатации газобаллонных автомобилей в горных и предгорных условиях работы

Адилов Окбута Каримович, кандидат технических наук;  
Кулмурадов Дилшодбек Истамович, магистрант  
Джизакский политехнический институт (Узбекистан)

Устройство горных автомобильных дорог определяется географическими условиями гористой местности, представляющей в основном сочетание возвышенностей, низменных долин, плоскогорий, высокогорных перевалов, извилистых глубоких ущелий, многочисленных оврагов и водотоков. Природные условия в горах меняются на коротком протяжении, причем резко проявляется влияние вертикальной зональности склонов. Специфичность горных и предгорных условий обусловлена рельефом местности и географической высотой над уровнем моря, влияющим, со своей стороны, на климат данной местности. Основными элементами климата, которые влияют на работу двигателя являются: атмосферное давление, температура и влажность воздуха. Температура воздуха в горах понижается в среднем примерно на  $0,6^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м высоты. Вместе с этим установлено, что температура снижается неравномерно. Например, при повышении высоты с 1200 м до 4200 м на каждые 1000 м температура воздуха снижается, соответственно, на  $12^{\circ}\text{C}$ ,  $8^{\circ}\text{C}$ ,  $4^{\circ}\text{C}$  [1]. В высокогорных районах происходит значительные суточные колебания температур.

Исследование работы двигателя в горных условиях обычно проводят в соответствии с показателями Международной стандартной атмосферы, для которого приняты начальные условия на уровне моря:

- давление атмосферного воздуха  $p_0=760$  мм рт. ст.
- температура атмосферного воздуха  $t_0=25^{\circ}\text{C}$ .

Средний годовой температурный градиент принят равным  $6,5^{\circ}\text{C}$  на каждые 1000 м подъёма по вертикали. В соответствии с этим температура на данной высоте определяется по формуле

$$t_H=25-0,0065H, \quad (1)$$

где  $H$  — высота над уровнем моря в метрах.

Приведённая формула 1 подходит только для короткого временного периода в регионе Средней Азии. Так как Узбекистан лежит в умеренном и субтропическом климатических поясах и отличается жарким, континентальным, засушливым климатом. Средняя годовая температура

воздуха изменяется от  $9^{\circ}$  на севере до  $16^{\circ}$  на юге. С севера на юг изменяются и зимние температуры: средние для января — от  $-10^{\circ}$  до  $+2-3^{\circ}$ , абсолютный минимум — от  $-25^{\circ}$  до  $-38^{\circ}$ . Зато летом на всей территории равнин Узбекистана средняя температура сохраняется на уровне  $30^{\circ}$  при абсолютных максимумах выше  $42^{\circ}$ . В горах же (выше 3000 м) средние температуры летом снижаются до  $22-20^{\circ}$ .

Уменьшение атмосферного давления с повышением высоты над уровнем моря является закономерным при любых формах рельефа местности. Разность отметок, соответствующая падению давления воздуха на 1 мм. рт. ст., составляет в зависимости от температур воздуха 10–17 м.

Предгорные дороги расположены на пониженных окраинных частях горных местностей и хребтов с холмистым или низкогорным рельефом. Предгорья представляют собой переход от горной местности к прилегающей равнине.

В работе [2] рассмотрены физико-географическая характеристика горных районов, изучение погоды и климата в горах.

В работах [3] рассмотрены природно-климатические, дорожные условия и выявлены закономерности изменения давления  $p=f(H)$ , температуры  $T=f(H)$  и плотности  $\rho=f(H)$  атмосферного воздуха в горных районах.

В работе [3] на примере в Республики анализированы условия горных районов. По анализу проведённых исследований выявлены закономерности изменения следующих параметров:

$$\begin{aligned} &\text{Давление окружающей среды} \\ P &= P_0 (1 - \beta h)^{3,22} [1 - 1,77b (1 - \beta h)^{2,22} / [1 - 3,94\alpha 10^{-5} (1 - \beta h)^{1,22}]]; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} &\text{Температура окружающей среды} \\ T &= T_0 (1 - \beta h); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &\text{Плотность воздуха} \\ \rho &= \rho_0 (1 - \beta h)^{2,22} [1 - 5,5 * 10^{-5} \alpha (1 - \beta h)^{1,22} - 2,97b (1 - \beta h)^{2,22} + 0,12\alpha b (1 - \beta h)^{3,44}]. \end{aligned} \quad (4)$$

Таблица 1. Результаты зависимости давления воздуха от высоты местности

Высота местности над уровнем моря, м	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Давление воздуха, P, 105 Па (расчет)	1,0	0,886	0,781	0,685	0,597	0,517	0,447
Давление воздуха, P, 105 Па (экспер.)	1,03	0,878	0,770	0,662	-	-	-

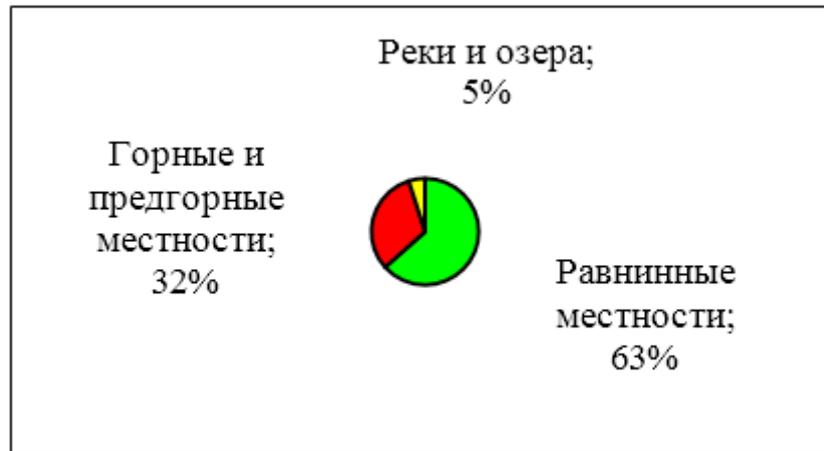


Рис. 1. Распределение площади Узбекистана

С увеличением высоты над уровнем моря температура, плотность и давление воздуха уменьшаются, что изменяет температуру в конце сжатия и продолжительность периода задержки воспламенения [4].

Рельеф территории Узбекистана в основном состоит из равнин, предгорных и горных местностей. Предгорье и горные местности занимают 1/3 площади республики. Занимаемая площадь Узбекистана равна 447,4 тыс. км<sup>2</sup> и его распределение на различные части представлены в рис. 2. Общая протяженность автомобильных дорог Республики Узбекистан составляет порядка 185 тыс. км, в том числе 42,5 км — дороги общего пользования, из них 3626 км — международного значения, 16909 км — республиканского значения, 21995 км — областного и местного значения [3].

По этим дорогам передвигаются приблизительно 1,18 млн. автомобилей, и из них 8% или 94 тыс. автомобилей переоборудованы для работы на газовом топливе: из них 47 тыс. автомобилей на СПГ [6].

По результатам анализа и обобщения данных метеостанций за последние годы, а также по результатам исследований [5] предложены классификация местности и изменение параметров окружающей среды

Движение автомобилей по горным и предгорным дорогам влечёт за собой работу двигателя с резко меняющейся нагрузкой как при значительном преобладании режимов с использованием максимального крутящего момента, так и режимов с использованием двигателя в качестве тормоза.

#### Литература:

1. Барри, Р.Г. Погода и климат в горах. Перевод с английского под ред. Проф. Хагиана. — Л.: Гидрометеиздат. 1984. — 312с
2. Багдасаров, И.Г., Савельев Г.С., Бакиров Ю.А. Газовый двигатель с искровым зажиганием. // Газовая промышленность. — Москва, 1999.-№ 10, — с. 32–34
3. Турсунов, А.А. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации. Автореф. дис. ... док. тех. наук. — Владимир: 2002—42 с.
4. Файзиев, М.М. Повышение эффективности использования двигателей КамАЗ-740 в горных условиях. Автореф. дис. ... канд. тех. наук. — Ташкент: 1993—26 с.
5. Базаров, Б.И. Работа поршневых двигателей на альтернативных видах топлива. — Ташкент: ТАДИ, 2001. — 138 с.
6. Базаров, Б.И. Научные основы энерго-экологической эффективности использования альтернативных моторных топлив. Автореф. дис....док. тех. наук. — Ташкент: ТАДИ, 2006—40 с.

## Логарифмическая спираль в технике и в природе

Буранов Исамиддин Фаттиевич, преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Применения логарифмической спирали в технике основаны на свойстве этой кривой пересекать все свои радиусы-векторы под одним и тем же углом. Так, например, вращающиеся ножи в различных режущих машинах имеют профиль, очерченный по дуге спирали, благодаря чему угол резания, т. е. угол  $\theta$  между лезвием ножа и направлением скорости его вращения, остается равным  $\frac{\pi}{2} - \mu$  и, следовательно, неизменным в силу постоянства угла  $\mu$ . В зависимости от обрабатываемого материала требуется тот или иной угол резания, что обеспечивается выбором параметра соответствующей спирали. На рис. 1 представлен нож соломорезки.

В гидротехнике по логарифмической спирали закручивают трубу, подводящую ток воды к лопастям турбинного колеса. Постоянство угла  $\mu$  обеспечивает здесь то, что потери энергии на изменение, и следовательно, напор воды используется с максимальной производительностью.

В теории механизмов логарифмическая спираль применяется при проектировании зубчатых колес с переменным передаточным числом. Суть дела здесь такова: пусть два квадрата расположены так, как показано на рис. 2; через

середины и конец каждой стороны этих квадратов проведены дуги одинаковых логарифмических спиралей с полюсами в центрах квадратов, одна из которых закручивается по ходу часовой стрелки, а другая — против; в точке  $P$  спирали касаются между собой. Нетрудно показать, что при вращении квадратов вокруг их центров дуги спиралей будут катиться одна по другой без скольжения. Действительно, пусть  $M$  и  $M_1$  — две точки спиралей, взятые так,  $OM + O_1M_1 = OP + O_1P$ , или в иных обозначениях

$$p' + p_1' = p + p_1 \quad (1)$$

Очевидно, для качения без скольжения необходимо, чтобы

$$PM = PM_1 \quad (2)$$

но  $PM = \frac{\sqrt{1+1n^2}a}{1na} (p' - p)$ , а  $PM_1 = \frac{\sqrt{1+1n^2}a}{1na} (p_1 - p_1')$ , из равенства же (1) следует  $p' - p = p_1 - p_1'$ , и, значит, равенство (2) действительно имеет место. Передаточное число, т. е. отношение угловых скоростей логарифмических колес, будет непрерывно меняться, достигая в течение каждого оборота колеса четыре раза максимального значения и четыре раза минимального.

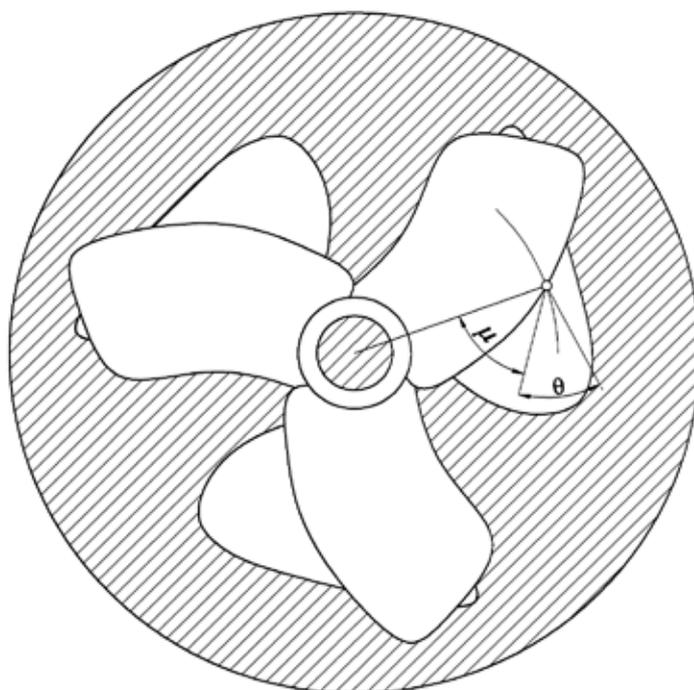


Рис. 1

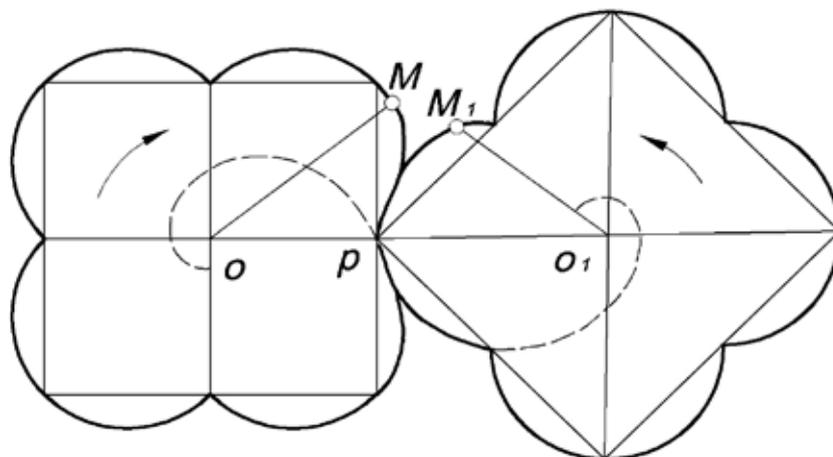


Рис. 2

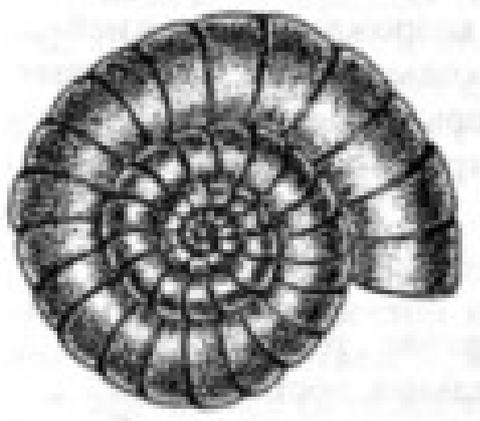


Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

В природе логарифмической спирали очерчены некоторые раковины (например, *haliotis splendens*, рис. 3). В подсолнухе семечки расположены по характерным дугам, близким, как показывают соответствующие изме-

рения, к дугам логарифмической спирали. В связи с подобными фактами некоторые исследователи считают логарифмическую спираль кривой, в частности галактика, которой принадлежит солнечная система (рис. 4 и 5).

Литература:

1. Зенкевич, И. Г. Эстетика урока математики. Пособие для учителей. — Москва: Просвещение, 1981.
2. Савелов, А. А. «Плоские кривые» систематика, свойство, применения. — Москва: 1960 г.
3. Перевод с англ. А. М. Голова. Тайны живой природы. — М.: Росмэн, 2002 г.

## Определение эффективности гидродинамических методов повышения нефтеотдачи (ГМПН) пластов месторождения Арниез

Ганиев Уткир Гиясович, магистр;

Базаров Гайрат Рашидович, кандидат технических наук, доцент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Эффективность извлечения нефти из нефтеносных пластов современными, промышленно освоенными методами разработки во всех нефтедобывающих странах на сегодняшний день считается неудовлетворительной, притом что потребление нефтепродуктов во всем мире растет из года в год.

Гидродинамические методы при заводнении позволяют интенсифицировать текущую добычу нефти, увеличивать степень извлечения нефти, а также уменьшать объемы прокачиваемой через пласты воды и снижать текущую обводненность добываемой жидкости. [1]

Интегрированные технологии выделяются в отдельную группу и не относятся к обычному заводнению водой с целью поддержания пластового давления. Эти методы направлены на выборочную интенсификацию добычи нефти. Прирост добычи достигается путем организации вертикальных перетоков в слоисто-неоднородном пласте через малопроницаемые перемычки из низкопроницаемых слоев в высокопроницаемые на основе специального режима нестационарного воздействия.

По существующей классификации гидродинамических методов повышения нефтеотдачи на нефтегазоконденсатном месторождении Арниез применялись методы, относящиеся к первой группе.

Это те методы, которые чаще всего применяются на промыслах ввиду своей простоты в технологии реализации, но по степени воздействия на пласты они слабее, чем методы второй группы.

К первой группе относятся методы гидродинамического воздействия, которые осуществляются только через изменения режимов работы скважин и направлены на вовлечение в активную разработку слабодренлируемых запасов.

Ко второй группе относятся методы, направленные на вовлечение в разработку ранее недренлируемых

или слабодренлируемых запасов (участков, зон и пропластков) неоднородного прерывистого пласта. Эти методы (мероприятия) отличаются большим разнообразием по технологии воздействия на пласты, степень влияния их на технико-экономические показатели разработки весьма высока и поэтому они обосновываются в проектных документах (технологических схемах, проектах разработки и доработки), анализах разработки и авторских надзорах [2].

На месторождении Арниез получили применение только методы первой группы, а именно многообъемное внутрислоевое воздействие по ограничению водотоков (изоляционные работы) и, как следствие, переход на другой продуктивный интервал (перестрелы)

Количественное определение эффективности ГМПН пластов, т.е. добыча нефти за счет применения гидродинамического воздействия, производится путем сравнения с показателями базового варианта.

Базовый вариант — это вариант разработки, который был бы реализован на данном объекте гидродинамического воздействия, если бы на нем не применялся рассматриваемый ГМПН пластов.

Эффект от гидродинамического воздействия за данный интервал времени определяется как разность между фактической добычей нефти и добычей нефти по базовому варианту.

Применение гидродинамических методов воздействия, относящихся к первой группе, приводит, в основном, к увеличению текущей нефтеотдачи пластов, но может в отдельных случаях повышать и конечный коэффициент извлечения нефти (если эти методы позволяют вовлечь в активную разработку слабодренлируемые запасы нефти).

Методы второй группы направлены, в основном, на вовлечение в активную разработку недренлируемых или сла-

бодрируемых балансовых запасов нефти и ведут к увеличению степени извлечения нефти из недр.

Порядок проведения работ по определению эффективности гидродинамических методов повышения нефтеотдачи (ГМПН) пластов

Методы расчета технологических показателей по базовому варианту подразделяются на две основные группы:

К первой группе относятся экстраполяционные методы, включающие характеристики вытеснения и имитационные модели, построенные по результатам многофакторного анализа.

Ко второй группе отнесены методы, основанные на применении физически содержательных математических моделей процесса извлечения нефти из неоднородных пластов (постояннодействующие геолого-технологические модели) [2].

На месторождении Арниез наличие значительной газоконденсатной части предопределяет в процессе разработки преимущественное проявление газонапорного режима. При этом определение успешности применения ГМПН по характеристикам вытеснения нефти водой, по мнению авторов, является в некоторой степени некорректным, так как преимущественно (при газонапорном режиме) предполагается вытеснение нефти газом или же в комбинации (вытеснение газом и водой).

Вследствие вышесказанного, добыча нефти по базовому варианту рассчитывается по известной формуле:

$$q = q_0 e^{-it}, \quad (1)$$

где  $q$  — дебит нефти в прогнозный год;

$i$  — постоянный коэффициент;

$q_0$  — максимальный дебит (амплитудный дебит).

$$i = \frac{q_0}{Q_0}, \quad (2)$$

где  $Q_0$  — начальные извлекаемые запасы нефти.

Для анализа эффективности применения ГМПН была рассмотрена группа скважин, информация по которой была удовлетворительной, и отражала качество работ и полученные по ним результаты, характеризовавшие весь объем проведенных мероприятий по месторождению в целом.

В целом по работам КРС, направленным на увеличение текущего коэффициента нефтеотдачи, выявлено, что по скважинам получен положительный эффект, за-

ключающийся в приросте добычи нефти при сравнении фактической добычи с базовым вариантом. Успешность составила 87,5% от всего объема проанализированных работ. Однако данный факт не отражает экономический эффект от проведенных мероприятий, так как в анализе не проводились экономические расчеты, заключающиеся в сопоставлении прибыли от добытой нефти с расходами на проведение работ и эксплуатацию скважины.

Необходимо отметить, что после проведенных работ по ограничению водопритока ни по одной скважине не наблюдался безводный период. Данная ситуация может быть связана с некачественным проведением работ, некачественным состоянием цементного кольца в результате чего могли возникнуть перетоки воды с других интервалов и с предположительно высокой депрессией на пласт.

Таким образом, выявленные в результате анализа отрицательные результаты требуют поиска новых технологий по изоляции водопритоков и отказа от устаревших, а также проведения комплекса ГИС по определению состояния цементного кольца по всему действующему фонду скважин.

Для более эффективной работы по капитальному ремонту скважины, направленному на изоляцию водопритоков, необходимо применять новые методы по снижению обводнения продуктивных интервалов. Сущность технологии с применением инвертной дисперсии КВЦГН заключается в следующем. В скважины, по которым произошел прорыв воды по высокопроницаемым каналам, закачивается инвертная дисперсия КВЦГН, после чего призабойная зона последовательно обрабатывается соляной кислотой и нефтяным растворителем с последующей выдержкой на реакцию.

КВЦГН представляет собой стабилизированный гидрофобизированный цементно-глинистый раствор.

Для успешного применения комплексной технологии на основе реагента КВЦГН требуется правильный выбор скважин, подлежащих воздействию. Выявляются добывающие скважины, в которых произошло обводнение добываемой жидкостью до 85% — 99% в течение короткого времени при наличии значительных текущих дренируемых запасов нефти. Выявление таких скважин проводится гидродинамическими и промысловыми исследованиями.

#### Литература:

1. Сургучев, М. Л. «Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи», М. Недр, 2009.
2. Ирматов, Э. К. и др. Технологическая схема разработки месторождения Арниез, ОАО «УзЛТИнефтьгаз», Ташкент, 2003.

## Строительный кластер: взаимодействие между строительными организациями

Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, профессор;

Гарькин Игорь Николаевич, аспирант

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В настоящее время, большинство региональных департаментов и министерств строительной отрасли стали не более чем заказчиками бюджетных объектов; самостоятельно функционируют объединения СРО строителей, проектировщиков и инженерных изысканий, а стройиндустрия, инфраструктура, строительная наука и профессиональное образование фактически остались за бортом интеграции. Налицо проблема отсутствия чёткого взаимодействия между организациями в строительной отрасли. Поэтому назрела необходимость создания строительных кластеров для формирования надёжного механизма взаимодействия между ними. Напомним, кластер — сконцентрированная группа взаимосвязанных организаций (коммерческих, образовательных, общественных и т.д.), взаимодополняющих друг друга и усиливающих конкурентные преимущества отдельных компаний и кластера в целом [1]. К сожалению, в настоящее время в России строительные кластеры существуют только в 4 регионах (Воронежская, Калужская, Новосибирская и Свердловская области).

Не осталась в стороне и Пензенская область: региональное Пензенское отделение СМС, НП «Союз Пензенских строителей» и ООО ПРО «Деловая Россия» (в рамках проекта «Формирование и формализация строительного кластера в Пензенской области») ведут работу по возможности создания строительного кластера в Пензенской области. Особенностью Пензенского строительного кластера будет то, что головной организацией («якорь») будет Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Примерный вид строительного кластера Пензенской области приведен на рис. 1.

Идея создания кластера в Пензенской области родилась после запуска ряда успешных образовательных проектов, реализуемых в связке «бизнес — общественные организации — органы исполнительной власти» [2...5]. Один из них («СтройКадры») реализуется силами регионального отделения «Союз молодых строителей» с целью повышения престижа рабочих и инженерных профессий в строительной отрасли. Партнёрами проекта выступают

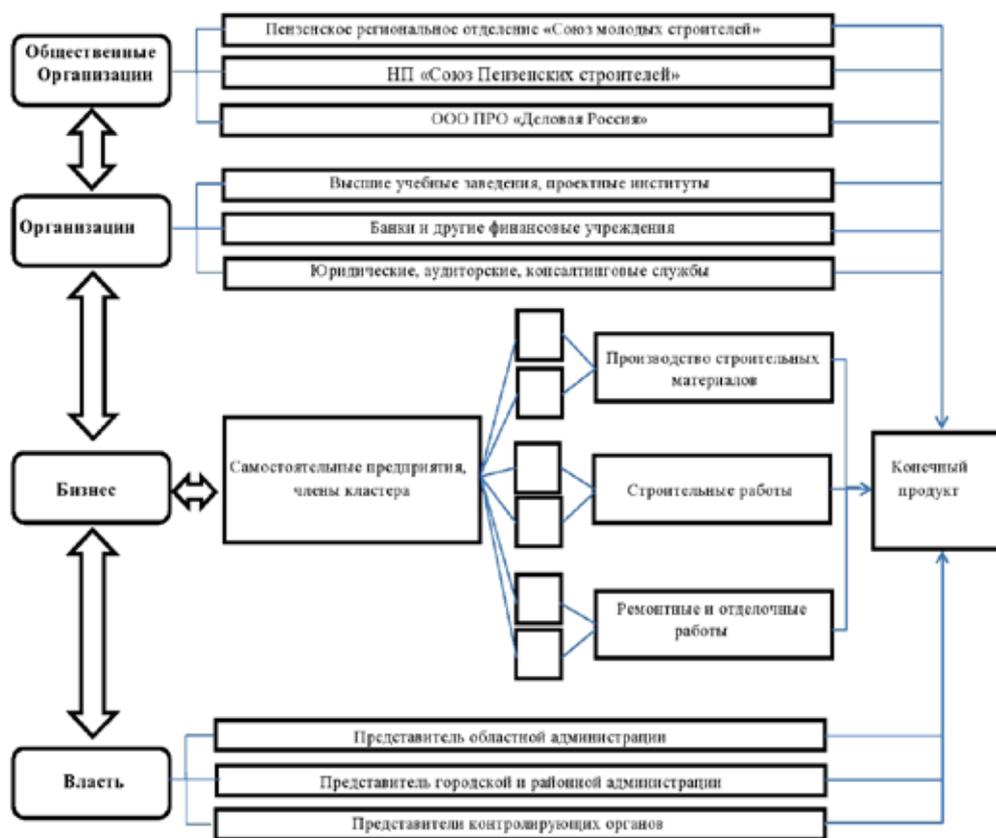


Рис. 1. Схема строительного кластера

также НП «Союз Пензенский строителей», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства и ряд строительных организаций Пензенской области. Основными задачами проекта являются:

- поднятие престижа профессии строителей;
- поднятие престижа рабочих и инженерных профессий;
- привлечение молодёжи в строительную отрасль Пензенской области;
- формирование стабильного контингента абитуриентов (привлечение наиболее подготовленной и одаренной части молодежи в строительный ВУЗ).

Проект был успешно представлен на XI межрегиональной выставке «Образование и карьера» (13–14 марта, 2014 г., г. Пенза). В настоящее время охват участников составил более 1000 человек.

Региональное отделение «Союз молодых строителей» выступило и инициатором создания специализированных (инженерно-технических) классов строительной направленности, что было одобрено и поддержано Пензенским государственным университетом архитектуры и строительства и Управлением образования г. Пензы. Запланировано открытие таких классов в 4 школах города Пензы уже с 1 сентября 2014 г., а с 2016 г. — уже в 25 (в том числе и Пензенской области).

К сожалению, это хотя и удачные, но отдельные инициативы. Создание строительного кластера позволит реализовывать *кластерные инициативы*, цели которых

- оптимизация отношений между строительными предприятиями региона, взаимодействующих в рамках отраслевых (и межотраслевых) цепочек ценностей;
- поддержка реального (производственного) сектора строительной отрасли;
- создание действующих механизмов аутсорсинга и субконтракции предприятий и организаций региона;
- реализация совместных проектов для развития территориальной и производственной инфраструктуры;
- реализация совместных проектов в рамках реали-

зации кадровой политики и инновационной деятельности;

- создание совместных управляющих компаний для совместно реализуемых проектов.

Предполагается, что от кластерных инициатив будут получены следующие эффекты:

- повышение доверия, улучшение отношений между предприятиями и организациями региона;
- оптимизация функционирования цепочек ценностей;
- экономический рост, повышение конкурентоспособности региона, увеличение ВРП региона и налоговых поступлений;
- улучшение кадрового потенциала в регионе.
- развитие территории, улучшение качества жизни территории, повышение привлекательности региона;
- улучшение делового и инвестиционного климата в регионе.

В дальнейшем возможно создание межрегионального строительного кластера в рамках Приволжского федерального округа (в случае успешной реализации проекта по созданию и функционированию строительного кластера в Пензенской области) Его основными задачами должны быть:

- координация действий строительных организаций в рамках округа;
- координация движения *капитала* (помощь потенциальным инвесторам в грамотном распределении инвестиций на основе анализа состояния и потребностей строительной отрасли всего округа для исключения случаев инвестиции приводящей к *ненужной конкуренции*), инвестиционная база по строительству;
- создание реестра добросовестных строительных организаций имеющих материально-техническую базу, для развития производственного сектора отрасли

Авторы проекта убеждены в том, что только на основе создания строительного кластера (совместной реализации кадровой политики) возможно эффективное взаимодействие между строительными организациями.

#### Литература:

1. Смирнова, Ю. В. Кластеры как фактор инновационного развития // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы междунар. науч. конф. (г. Москва, апрель 2011 г.). Т. I. — М.: РИОР. 2011. — с. 42–45.
2. Гарькина, И. А., Гарькин И. Н. Раскрытие творческого и научного потенциала школьников на примере реализации социально-образовательного проекта «Юные исследователи»/Молодой учёный. — 2013. — №9. — с. 357–359.
3. Гарькин, И. Н., Гарькина И. А. Реализация социально-образовательных проектов «СтройКадры» и «Юные исследователи» как одна из форм профориентационной работы // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — №1. URL: <http://www.science-education.ru/115-12056>
4. Гарькина, И. А., Гарькин И. Н. Профориентационная работа на примере реализации проекта «Стройкадры» в г. Пенза/Молодой учёный. — 2014. — №2. — с. 744–746.
5. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Волкова О. В. Формальные методы при моделировании и идентификации организационных систем/Современные проблемы науки и образования. — 2013. — №6. URL: <http://www.science-education.ru/113-11736>.

## Некоторые особенности отделки реставрируемых зданий

Гусев Николай Иванович, кандидат технических наук, профессор;  
Кочеткова Майя Владимировна, кандидат технических наук, доцент;  
Паршина Ксения Сергеевна, студент

*Даны рекомендации по выполнению отделочных работ реставрируемых зданий, приведены рекомендации по подбору и применению оптимальных малярных составов.*

**Ключевые слова:** *качество реставрации, специфические свойства и требования к отделочным материалам.*

Затраты на реконструируемое здание должны учитывать не только расходы на строительные-восстановительные процессы, но и эффективность последующих эксплуатационных функций объекта, выраженного как в денежном эквиваленте, так и в морально-эстетическом.

Перемены, происшедшие за последние годы в России, ведут к изменению духовного мира значительной части ее граждан. Возрождение старых, почти утраченных традиций бытия способствует воссозданию различных религиозных конфессий, их укреплению и развитию, а это, в свою очередь, вызывает необходимость строительства новых или восстановление старинных, почти полностью разрушенных зданий культового назначения. Надлежащего опыта в этой специфической области строительства практически нет ни у проектировщиков, ни у производителей. Но с трудностями нового строительства церквей, мечетей, синагог справиться проще. Сложнее обстоит дело с восстановлением зданий, разрушенных человеком и природой за последние 80 лет. Здания эти, в ряде случаев, еще крепки стенами. Но и ветхие сооружения уничтожать не разумно, а иногда и не возможно, или по причине их архитектурной и исторической значимости, или по религиозной сущности, когда верующие говорят, что здание и место, на котором оно стоит, — «намоленные и их сносить нельзя».

Культовое строительство во всем мире, во все времена отличалось высоким качеством строительных работ. Недаром, когда хотят подчеркнуть добротность строения или его части, то говорят: — «Сделано, как в церкви!». Видимо эта добротность и сберегла многие храмы от полного разрушения. Вот, почему традиция высокого качества постройки храмов обязана сохраниться при их восстановлении. Необходимо использовать все достижения современной строительной науки, применять новые долговечные материалы, новые технологии, не нарушая при этом традиционных требований, предъявляемых к их внутреннему и внешнему облику. Вместе с тем, очевидно, что первоначальный вид можно воссоздать лишь применяя ныне устаревшие технологические приемы, т.е. мокрую штукатурку, профильные тяги, лепнину и многое другое. Новые современные материалы, как и новые методы работ, не должны ухудшать эксплуатационные достоинства старинных сооружений, например не должны

искажать акустику существовавших куполов и приделов, их освещенность и др.

Обследование ряда старинных храмов и, в частности, храма Воскресения Христова в городе Пензе выявили три главных компонента, определяющих возможность восстановления культового здания.

Во-первых, сильно изменилась вертикальная планировка. Так вокруг храма Воскресения Христова рельеф оказался поднятым выше уровня горизонтальной гидроизоляции стен более чем на 1 м.

Во-вторых, горизонтальная гидроизоляция стен, как правило, полностью выключена из работы и вследствие её погружения в наслоения грунта, и вследствие естественного разрушения материала изоляции, которая выполнялась, например из бересты.

В-третьих, весьма значительно снизилась прочность каменной кладки. Невысокая исходная прочность кирпича и кладочного раствора не могли противостоять многолетнему систематическому увлажнению их грунтовой сыростью, из-за неработающей гидроизоляции, и атмосферной влагой — из-за протекания кровли, а чаще всего по причине ее отсутствия.

При разработке и осуществлении проектов восстановления храмов следует обеспечивать первоначальные планировочные отметки вокруг здания в максимально возможных удалениях от него. Появившиеся новые здания, дороги, проезды и т.п. целесообразно обрамить подпорными стенками со ступенями или пандусами для пешеходов и транспорта.

При восстановлении каменной кладки нужно учесть, что отдельные её части очень слабые. Их следует удалить и заменить новой кладкой. Это несложно. Значительно труднее восстановить небольшие участки кладки, выполненные под расшивку, да еще с применением фигурного кирпича в наличниках или поясах. Такой кирпич вытесывали, а потом обтачивали вручную по заданной геометрии. Старый кирпич был более однородным по составу, да и по цвету, и из него легче было выполнить фигурный элемент. Из современного кирпича качественную фигурную подгонку к старой кладке выполнить практически невозможно, тем более у него и размеры иные, чем у старого. Поэтому в зданиях со стенами, выполненными под расшивку, старую кладку можно заменить новой

лишь на значительных участках стен. В противном случае придется применять наружную штукатурку, покрывая ею и здоровые, сохранившиеся участки стен.

Еще одна важная тема, которую нельзя обойти, связана с материалами для проведения реставрации памятников архитектуры, и в частности — церковных зданий. В наши дни на реставраторов буквально обрушился шквал информации о современных строительных технологиях и материалах, которые привозят к нам из-за рубежа или производят отечественные предприятия. Но требования к строительным и реставрационным материалам далеко не одинаковы. Другими словами, то, что хорошо для вновь возводимого объекта, совершенно не подходит для реставрируемого храма, построенного, скажем, в XVII или XVIII веках. Это легко понять на примере фасадных красок. Современные составы, предназначенные для декоративно-защитной отделки фасадов, ориентированы на длительную эксплуатацию даже в неблагоприятных экологических и климатических условиях. Но применительно к реставрации есть такое правило: материал должен быть обратимым. Это значит, что в случае проведения некачественной реставрации, или при необходимости внесения каких-либо изменений в связи с вновь проведенными историко-архивными изысканиями или просто в силу того, что с течением времени появились более совершенные реставрационные технологии — примененные ранее реставрационные составы должны быть легко и безболезненно для памятника удалены. Поэтому новейшие фасадные покрытия, рассчитанные на 10–20 лет службы, должны обладать высокой адгезией к основанию, и позволять счищать с него, при необходимости, все отделочное покрытие. Другая особенность реставрации — сохранение исторически достоверного облика храма. Для русских церковных построек XVII–XVIII веков был характерен мягкий колорит, получаемый в результате разбеливания известью минеральных пигментов, так называемых «земель», добываемых карь-

ерным способом. Что касается современных наружных покрытий, то их в массе своей отличают ненатуральные цветовые тона, которые придают краскам синтетические пигменты. Несмотря на то, что представители производящих фирм предлагают услуги по колеровке белых базовых красок в самые различные тона, это не всегда помогает найти то, что нужно реставраторам.

Следовательно, для реставрации нужны материалы, которые, во-первых, не причинят ущерб памятнику зодчества, во-вторых, имея в виду возраст исторической постройки и стоимость реставрационных работ, будут сохранять свои свойства в течение минимум 100 лет.

Очевидно, что специфика реставрационных материалов — в противоречивости требований, которым они должны соответствовать. Для того чтобы понять, насколько свойства того или иного реставрационного материала сбалансированы и совместимы с историческими материалами памятника, необходимо провести доскональный анализ их состояния и убедиться в том, что данная сухая кладочная смесь или фасадное покрытие действительно соответствует задачам реставрации конкретного объекта. Сейчас в Москве и Санкт-Петербурге уже имеются специализированные учреждения, которые занимаются исследованием свойств и сертификацией строительных и отделочных материалов. Но оплатить их услуги в состоянии лишь крупные фирмы-поставщики, которые реализуют строительную продукцию в значительных объемах. А на восстановление маленького объекта, для которого нужна всего одна бочка краски, трудно оплатить работу по исследованию ее состава на предмет соответствия специфическим требованиям реставраторов. Сегодня возникла насущная необходимость в единой специализированной государственной структуре, которая взяла бы на себя поиск и подбор материалов для реставрации, их оценку, систематизацию и выработку рекомендаций по применению.

#### Литература:

1. Гусев, Н. И. Из опыта реставрации старых зданий [Текст]/Гусев Н. И., Кочеткова М. В., Паршина К. С. // Региональная архитектура и строительство. — 2014. — № 1 (18). с. 128–132.
2. Гусев, Н. И. Особенности реставрации культовых зданий [Текст]/Гусев Н. И., Кочеткова М. В., Паршина К. С. // Наука и образование: Проблемы развития строительной отрасли: труды Междунар. науч. конф. — Пенза: ПГУАС, 2012. — с. 52–54.
3. Гусев, Н. И. Качество реконструкции зданий [Текст]/Гусев Н. И., Кочеткова М. В. // Современное состояние и перспективы развития строительной отрасли: труды Междунар. науч. конф. — Пенза: ПГУАС, 2011. — с. 111–113.
4. Гусев, Н. И. Восстановление культовых зданий [Текст]/Гусев Н. И., Кочеткова М. В. // Materiały IX międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa myśl informacyjnej powieki — 2013». Volume 23. Budownictwo i architektura. Fizyczna kultura i sport.: Przemysł, 7–15 марта, 2013 — с. 16–19.

## Определение расхода воздуха, проходящего через пневмораспределитель при определенных значениях давления на входе и выходе и их соотношении

Денисов Валентин Александрович, кандидат технических наук, доцент  
Национальный минерально-сырьевой государственный университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

Одним из способов задания расходной характеристики пневматического устройства является определение параметра, характеризующего его гидравлическое сопротивление. В настоящее время таким параметром является пропускная способность  $K_v$  устройства, определяемая по ГОСТ Р52720–2007 как объемный расход воды  $Q$  (м<sup>3</sup>/час) плотностью  $\gamma = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, пропускаемый устройством при перепаде давления на нем  $\Delta p = 1$  кгс/см<sup>2</sup>.

Заметим, что параметры потока в местных сопротивлениях обычно и определяются с помощью формул, полученных для несжимаемой жидкости. Поэтому воспользуемся формулой Вейсбаха и, преобразуя ее, получим выражение для определения объемного расхода  $Q$  жидкости при ее движении через пневмоустройство:

$$Q = \frac{\sqrt{2}F_y}{\sqrt{\zeta}} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}, \quad (1)$$

где  $\Delta p$  и  $\gamma$  — соответственно перепад давления в устройстве и плотность жидкости, протекающей через него;  $F_y$  — площадь поперечного сечения прохода устройства;  $\zeta$  — коэффициент местного сопротивления.

Если теперь принять, что через местное сопротивление проходит вода плотностью  $\gamma = 1000$  кг/м<sup>3</sup> с перепадом давления  $\Delta p = 1$  кгс/см<sup>2</sup>, то зависимость (1) преобразуется к виду ( $F_y, \text{см}^2$ ):

$$Q' = \frac{5,04F_y}{\sqrt{\zeta}}. \quad (2)$$

В соответствии с ГОСТ Р52720–2007 правая часть формулы (2) представляет не что иное, как пропускную способность  $K_v$  (м<sup>3</sup>/час) устройства. Таким образом, в общем случае объемный расход  $Q$  (м<sup>3</sup>/час) рабочей жидкости при ее движении через распределитель следует определять по формуле:

$$Q = K_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}, \quad (3)$$

а массовый расход  $G = \rho Q$  (кг/час) — по формуле

$$G = K_v \sqrt{\Delta p \rho}. \quad (4)$$

Отметим, что выражения (3) и (4) полностью согласуются с формулами для определения величины  $Q$  и  $G$ , приведенными в Интернет (е) Научно-Производственным Предприятием «Волга» [2].

Как известно, в процессе работы пневматических приводов возможны различные условия теплообмена между

потокм газа, движущимся в трубопроводах, и окружающей средой.

Если скорость течения газа мала и между стенками трубопровода и окружающей средой происходит хороший теплообмен, то процессы, протекающие в пневмопроводах, близки к изотермическим; при больших скоростях течения газа, плохом теплообмене и малых силах трения процессы, протекающие в пневмопроводах, близки к адиабатным.

Таким образом, если предположить, что перед и за пневматическим устройством температура воздуха одинакова (участки трубопровода перед и за местным сопротивлением достаточно велики, вследствие чего происходит полное выравнивание температуры потока и окружающей среды), то в этом случае для определения расхода воздуха в местном сопротивлении удобно воспользоваться расчетной зависимостью, полученной в [1, с. 101] для подкритической области изотермического течения газа:

$$G = F_y \sqrt{p_1 \rho_1 \frac{1 - y^2}{\lambda \frac{l_3}{D_y} - 2 \ln y}} \quad (5)$$

или

$$Q = F_y \sqrt{\frac{p_1}{\rho_1} \frac{1 - y^2}{\lambda \frac{l_3}{D_y} - 2 \ln y}}, \quad (6)$$

или с учетом того, что в соответствии с уравнением Клапейрона-Менделеева  $\frac{p_1}{\rho_1} = RT$ ,

$$Q = F_y \sqrt{RT \frac{1 - y^2}{\lambda \frac{l_3}{D_y} - 2 \ln y}}, \quad (7)$$

где  $p_1$  и  $\rho_1$  — давление и плотность газа перед местным сопротивлением;  $p_2$  — давление за местным сопротивлением;  $y = \frac{p_2}{p_1}$  — относительное давление;  $\lambda \frac{l_3}{D_y}$  — параметр, характеризующий гидравлическое сопротивление пневмоустройства условного прохода  $D_y$ , определенный через эквивалентную длину  $l_3$  трубопровода, т.е. такую длину трубы, разность давлений в начальном и конечном сечениях которой при данном расходе равна разности давлений в местном сопротивлении;  $Q$  — объемный расход

газа;  $R$  — газовая постоянная, равная

$$R = 287,1 \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2 \text{ } ^\circ\text{К}},$$

$T$  — температура газа при нормальных условиях, равная  $T = 273^\circ\text{К}$ .

Из (7) следует, что для построения расходной характеристики пневмораспределителя необходимо располагать значением параметра  $\lambda \frac{l_{\text{Э}}}{D_y}$ . Затем, задаваясь значениями давления воздуха на входе и перепадом давления в пневмоустройстве, легко устанавливается искомая характеристика.

Будем рассматривать параметр  $\lambda \frac{l_{\text{Э}}}{D_y}$  как коэффициент сопротивления  $\zeta$  устройства данного проходного сечения, установленный при турбулентном режиме течения рабочей жидкости, соответствующем области квадратичных сопротивлений, когда коэффициент местного сопротивления определяется лишь формой местного сопротивления. Но при таких режимах течения жидкости определяется пропускная способность устройства, в расчетную формулу которой входит коэффициент сопротивления  $\zeta$ . Тогда

$$\lambda \frac{l_{\text{Э}}}{D_y} = \zeta = \frac{5,04^2 F_y^2}{K_V^2},$$

а формула (7) приводится к виду

$$Q = F_y \sqrt{RT \frac{1-y^2}{\frac{5,04^2 F_y^2}{K_V^2} - 2 \ln y}}.$$

Такова расходная характеристика пневмоустройства.

В заключение отметим, что формулы (5) — (7), (9) справедливы в области изменения относительного давления « $y$ » в пределах от  $y = y_K = 0,528$  до  $y = 1,0$ .

Параметр  $y_K$  называют критическим отношением давлений, при достижении которого расход газа приобретает максимальное значение и остается неизменным вплоть до значения  $y = 0$ . В газодинамических расчетах область течения газа при  $y > y_K$  называют подкритической, а область течения при  $y < y_K$  надкритической. Следовательно, для подкритической области течения весовой (объемный) расход газа есть функция « $y$ »; для надкритической области течения расход имеет максимальное значение и для его определения в зависимости (5) — (7) и (9) вместо « $y$ » необходимо подставить  $y_K$ .

Рассмотрим числовой пример. Определим расходную характеристику пневмораспределителя с условным проходом  $D_y = 2,5 \text{ мм}$  ( $F_y = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi}{64} \text{ см}^2 = \frac{\pi}{64} 10^{-4} \text{ м}^2$ ),

паспортной величиной  $K_V = 0,16 \frac{\text{М}^3}{\text{час}}$ . Температура воздуха в распределителе  $T = 273^\circ\text{К}$ ; газовая постоянная  $R = 287,1 \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2 \text{ } ^\circ\text{К}}$ .

Требуется найти расход воздуха, проходящего через распределитель, при перепаде давления  $\Delta p = 0,04 \text{ МПа}$  с давлением на входе в распределитель

$$p_1 = 0,2 \text{ МПа}; p_1 = 0,4 \text{ МПа}; p_1 = 0,6 \text{ МПа}; p_1 = 0,8 \text{ МПа}.$$

При заданных значениях давления  $p_1$  воздуха на входе в распределитель давление  $p_2 = p_1 - \Delta p$  на выходе устройства соответственно составит  $p_2 = 0,16 \text{ МПа}$ ;  $p_2 = 0,36 \text{ МПа}$ ;  $p_2 = 0,56 \text{ МПа}$ ;  $p_2 = 0,76 \text{ МПа}$ ,

а относительное давление  $y = \frac{p_2}{p_1}$  соответственно принимает значения  $y = 0,8$ ;  $y = 0,9$ ;  $y = 0,93$ ;  $y = 0,95$ . Это означает, что во всем диапазоне изменения относительного давления « $y$ », имеет место подкритическая область течения газа, расход которого можно определять по формуле (9).

Подставляя в формулу (8) значения  $F_y, \text{ см}^2$  и  $K_V, \frac{\text{М}^3}{\text{час}}$ , находим, что  $\lambda \frac{l_{\text{Э}}}{D_y} = 2,39$ , а значения (8)

объемного расхода  $Q$ , вычисленные по формуле (9) по данной величине  $\lambda \frac{l_{\text{Э}}}{D_y}$  для принятых значений (9) относительного

давления « $y$ », составляют:  $Q = 29,36 \frac{\text{л}}{\text{мин}}$ ,

$$Q = 25 \frac{\text{л}}{\text{мин}}, Q = 19,03 \frac{\text{л}}{\text{мин}}, Q = 16,38 \frac{\text{л}}{\text{мин}}.$$

Полученная расходная характеристика пневмораспределителя представлена ниже графически в виде зависимости объемного расхода газа  $Q$  от « $y$ ».

## Выводы

В системах пневматических приводов, как и гидроприводов, местные сопротивления играют исключительно большую роль. От умения правильно оценить параметры потока, протекающего через местные сопротивления, зависит точность и надежность произведенных расчетов.

Местные сопротивления, как правило, способствуют турбулизации потока, вследствие чего коэффициент местного сопротивления уже при сравнительно малых числах Рейнольдса определяется лишь формой местного сопротивления, что позволяет выразить коэффициент местного сопротивления через пропускную способность устройства и тем самым построить его расходную характеристику.

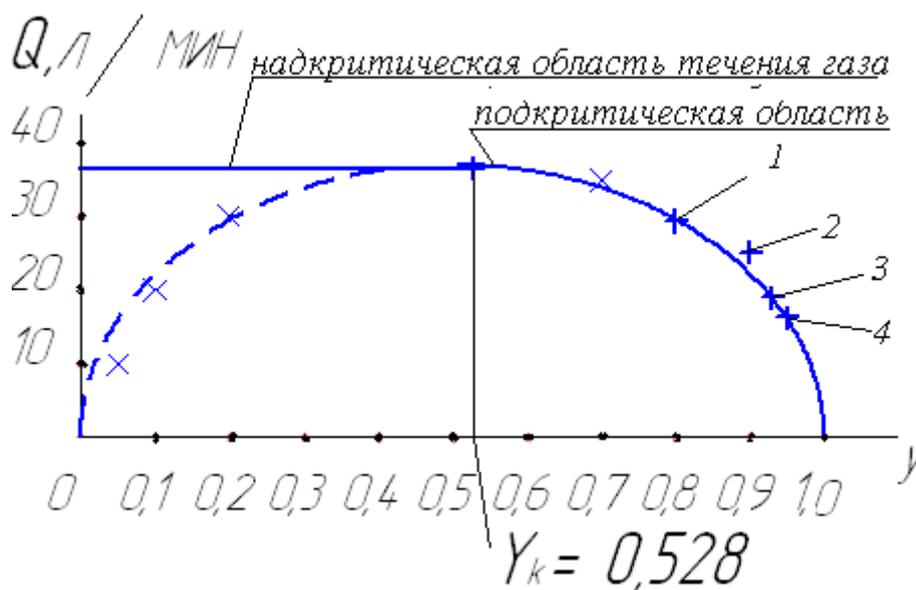


Рис. 1. Расходная характеристика пневмораспределителя  
 Расчеты автора: + 1.  $y = 0,8$ ; 2.  $y = 0,9$ ; 3.  $y = 0,93$ ; 4.  $y = 0,95$   
 X — произвольные значения «у»

Литература:

1. Погорелов, В.И. Газодинамические расчеты пневматических приводов. — Л: «Машиностроение», 1971. — 184 с.
2. <http://www.nppvolga.ru/articles/1/63/>

## Значимость ввода дожимных компрессорных станций на установках комплексной подготовки газа

Жалилов Нодир Туймурадович, магистр;  
 Базаров Гайрат Рашидович, кандидат технических наук, доцент  
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Развитие газовой и ряда смежных отраслей промышленности сегодня в значительной степени зависит от дальнейшего совершенствования эксплуатации и обслуживания систем трубопроводного транспорта природных газов из отдаленных и порой слабо освоенных регионов в промышленные и центральные районы страны.

Оптимальный режим эксплуатации магистральных газопроводов заключается, прежде всего, в максимальном использовании их пропускной способности при минимальных энергозатратах на компримирование и транспортировку газа по газопроводу. [1]

УКПГ — установка комплексной подготовки газа (очистки, осушки, извлечения нестабильного конденсата) — комплекс технических устройств по доведению параметров газа, получаемого на промысле до стандартов трубопроводной системы.

Требования, предъявляемые к товарной продукции УКПГ, регламентируются отраслевыми (ОСТ) и государственными (ГОСТ) стандартами. В зависимости от назначения конечного продукта варьируется главный критерий оценки его качества.

Промысловая обработка газа на УКПГ состоит из следующих этапов:

- абсорбционная или адсорбционная сушка;
- низкотемпературная сепарация или абсорбция;
- масляная абсорбция.

На газовых месторождениях подготовка газа заключается в его осушке, поэтому там используются процессы абсорбции или адсорбции.

На газоконденсатных месторождениях осушка и выделение легкоконденсирующихся углеводородов осуществляются путём низкотемпературной сепарации, низ-

котемпературной абсорбции или низкотемпературной масляной абсорбции.

В состав УКПГ входят:

— блок предварительной очистки (сепарации)

Обеспечивает отделение от газа капельной влаги, жидких углеводородов и механических примесей. В состав блока входят сепараторы и фильтр-сепараторы.

— технологические установки очистки, осушки и охлаждения газа;

— дожимные компрессорные станции;

Обеспечивает рабочие параметры технологии промысловой обработки газа, поддерживают давление подачи газа в магистральный газопровод. Располагаются перед или после установок технологической подготовки газа. Для снижения температуры компримированного газа после дожимной станции устанавливаются аппараты воздушного охлаждения.

— вспомогательные системы производственного назначения (операторная, площадки с установками средств связи, электро-, тепло- и водоснабжения, электрохимической защиты, пожаротушения, резервуарный парк хранения диэтиленгликоля или триэтиленгликоля и т. д.).

При падении пластового давления около газовых месторождений строят так называемые дожимные компрессорные станции, где давление газа перед подачей его на КС магистрального газопровода поднимают до уровня 55–75 МПа. На магистральном газопроводе около крупных потребителей газа сооружают газораспределительные станции для газоснабжения потребителей.

Дожимные компрессорные станции предназначены для поддержания проектом разработки месторождения давления, обеспечивающего необходимую добычу газа на газовых и газоконденсатных промыслах при падении пластового давления. [2]

Дожимные компрессорные станции вводятся в состав УКПГ для обеспечения рабочих параметров технологии промысловой обработки газа и поддержания давления подачи газа в магистральный газопровод. Они располагаются перед или после установок технологии. [3]

Дожимные компрессорные станции так же, как и другие объекты промысла, являются источником загрязнения окружающей среды. Наиболее существенным узлом ДКС,

являющимся источником выбросов вредных веществ, являются выхлопные трубы турбоагрегатов, свечи пуска и свеча факела, через которую стравливается пропан-бутановая фракция при остановке агрегата.

Дожимная компрессорная станция обеспечивает компримирование отбензиненного газа, поступающего с установки переработки, и подачу его в магистральные трубопроводы природного газа или другим потребителям. Дожимная компрессорная станция состоит из машинного зала холодильных компрессоров и турбодетандера, а также наружной установки, в состав которой входит и наружное оборудование воздушной компрессорной.

Дожимные компрессорные станции (ДКС), как известно, вводятся в эксплуатацию с целью увеличения темпов отбора из газовых и газоконденсатных залежей, пластовое давление в которых понижено настолько, что давление в промышленном коллекторе или в магистральном газопроводе ограничивает дебиты скважины.

С пуском дожимной компрессорной станции (ДКС), которая устанавливается перед УКПГ, технология осушки и основные рабочие параметры остаются неизменными, но перед ДКС размещается узел предварительной сепарации, а после ДКС — воздушные холодильники, которые в условиях северных месторождений большую часть года могут обеспечивать оптимальную температуру газа, поступающего на абсорбционную осушку. [4]

До ввода в эксплуатацию дожимной компрессорной станции, а также на завершающей стадии разработки применяется режим постоянного устьевого давления, позволяющий подавать газ на головную компрессорную станцию магистрального газопровода. [3]

Таким образом, эксплуатация промысловой дожимной компрессорной станции характеризуется непрерывно изменяющейся степенью сжатия газа, расходом перекачиваемого газа одним компрессором и всей станцией, увеличением числа компрессоров, сложной технологической схемой их компоновки, необходимостью регулирования компрессоров для уменьшения удельной мощности на сжатие газа, сравнительно небольшим сроком работы при эксплуатации газового месторождения с большим начальным пластовым давлением и относительно небольшими запасами газа. [4]

#### Литература:

1. Гиматудинов, Ш.К. «Разработка и эксплуатация нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений», М. Недра. 1988
2. Алисеенко, Г. З. Правила технической эксплуатации газодобывающих предприятий. М. Недра. 1987
3. Вяхирев, Р. И. Российская газовая энциклопедия, М. Недра. 2004
4. Кортаев, Ю. П. Добыча, транспорт и подземное хранение газа, М. Недра. 1984

## Регулирование режима работы газоперекачивающих агрегатов с электроприводом

Жалилов Нодир Туймурадович, магистр;  
Базаров Гайрат Рашидович, кандидат технических наук, доцент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

При работе электрогазоперекачивающих агрегатов (ЭГПА) с центробежным нагнетателем газодинамические характеристики нагнетателей и газопровода должны быть согласованы. Однако характеристика газопровода подвергается постоянным изменениям. Она меняется в зависимости от расхода газа потребителями и давления газа на входе в компрессорных станций (КС). При увеличении расхода газа необходимо дополнительно включить в работу ЭГПА, а при сокращении наоборот — исключить из работы агрегаты, то есть в отличие от газотурбинных газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на электроприводных КС нет возможности увеличить частоту вращения или, наоборот, ее снизить. Таким образом, регулирование производительности нагнетателя изменением частоты вращения практического применения на отечественных ЭГПА пока не получило из-за сложности технического выполнения регулируемого электропривода.

В принципе на КС с электроприводными центробежными нагнетателями регулирование производительности может осуществляться одним из следующих способов [1]:

- дросселированием газа на входе в нагнетатель;
- регулировкой потока газа путем установки входного поворотного направляющего аппарата перед колесом нагнетателя;
- байпасированием потока газа;
- заменой сменной проточной части (СПЧ) нагнетателя;
- изменением передаточного числа в редукторе путем замены пары колеса и шестерни;
- путем установки гидромuffты;
- изменением частоты вращения электродвигателя;
- изменением количества работающих ГПА.

Регулирование путем дросселирования давления газа на входе в нагнетатель может осуществляться с помощью дросселирующего органа, например, регулятора, который создает дополнительное гидравлическое сопротивление, в результате чего искусственно изменяется характеристика газопровода на входе в нагнетатель. Так, при дросселировании производительность нагнетателя уменьшается, потребляемая при этом мощность электродвигателя также снижается, но не существенно. Краны-регуляторы устанавливаются, как правило, на входе в цех, за краном №7 по ходу газа или иногда — на трассе газопровода, где необходимо обеспечить плавное снижение (сброс) давления газа из трубопровода, имеющего более высокое давление. Дросселирование газа ведет к резкому увеличению энергозатрат и является самым неэкономичным способом регулирования производительности нагнетателя. Од-

нако этот способ нашел применение на некоторых компрессорных станциях благодаря своей простоте. Кран-регулятор также используется на КС при пуске на высоких входных давлениях газа для снижения нагрузки на электродвигатели. Управление такими кранами-регуляторами, как правило, осуществляется автономно и не связано с системой автоматического управления агрегатной автоматикой ГПА.

Регулирование потока газа путем установки входного поворотного направляющего аппарата (ВПНА) осуществляется изменением входного угла направления потока газа на лопатки рабочего колеса нагнетателя. Применение ВПНА позволяет осуществлять плавное изменение производительности нагнетателя и поддерживать при этом максимально возможный КПД. При этом диапазон регулирования, который может обеспечить ВПНА, может быть равен диапазону регулирования оборотов газотурбинной установки и составлять диапазон изменения регулирования частоты вращения нагнетателя в пределах 0,8–1,0 от номинальной. С помощью ВПНА можно довести загрузку электроприводного ГПА до номинальной последовательно или параллельно работающим нагнетателям. В результате этого достигается увеличение использования полезной мощности, то есть рост экономической эффективности ГПА. Изменение рабочей характеристики нагнетателя с помощью ВПНА является весьма эффективным способом регулирования. Надежная и достаточно простая конструкция входного поворотного направляющего аппарата (рис. 1) широко была внедрена на агрегатах СТД-4000–2 с одноступенчатым нагнетателем типа 280–11 и неплохо зарекомендовала себя в работе. Попытка внедрить ВПНА на электроприводных ГПА типа СТД-12500–2 с полнонапорными нагнетателями из-за сложности этой конструкции пока не получила распространения.

Регулирование производительности путем перепуска части сжатого газа с выхода нагнетателя на вход, то есть путем байпасирования, приводит к резкому понижению коэффициента полезного действия КС из-за большой потери энергии в результате перепуска. Поэтому такой способ регулирования, как правило, не применяется. Использование этого способа имеет место при технологическом процессе, связанном с пуском или остановкой КС или ГПА, а также в аварийной ситуации — при приближении рабочей точки нагнетателя к зоне помпажа. В этом случае и осуществляется данный способ регулирования, который является кратковременным в режиме работы КС.

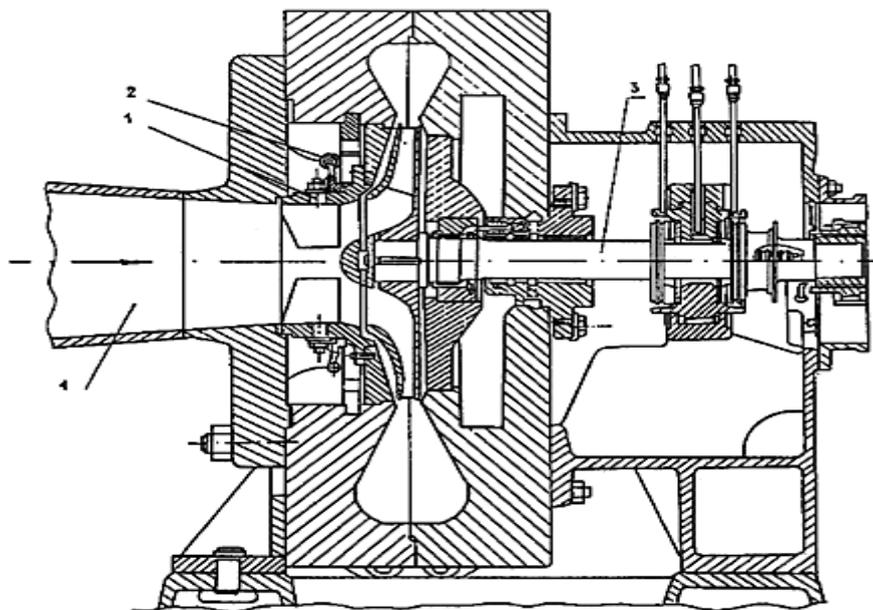


Рис. 1. Центробежный нагнетатель типа 280–11–7 с регулируемым входным направляющим аппаратом: 1 — входной направляющий аппарат; 2 — тяга приводная; 3 — ротор нагнетателя; 4 — входной патрубок

На основании анализа в процессе эксплуатации за режимом работы ЭГПА можно подобрать или создать сменную проточную часть, которая в конкретных условиях имела бы рабочие характеристики, необходимые для наиболее экономичной работы ЭГПА. Такой способ часто применяется в эксплуатации. Он очень эффективен при массовой замене сменных проточных частей, а также на станциях подземного хранения газа.

Регулирование характеристик ЭГПА можно производить и путем изменения передаточного числа в редукторе,

однако из-за своей дороговизны этот способ применяется крайне редко, в основном при модернизации ЭГПА.

Установка гидромукты для обеспечения регулирования нагнетателя не нашла применения из-за очень низкого КПД гидромукты и повышения эксплуатационных расходов, связанных с их обслуживанием и ремонтом.

Наибольшую эффективность из всех существующих способов можно достигнуть путем регулирования частоты вращения вала ЦБН. Такие электродвигатели импортного производства применяются в газовой промышленности.

Литература:

1. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. Справочник, М.: Нефть и газ, 1999 год

## Виды посола и его применение в мясоперерабатывающей промышленности

Зайцева Юлия Александровна, студент;  
Горина Елена Геннадьевна, студент;  
Пономаренко Александра Вячеславовна, студент  
Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар)

Посо́л мясного сырья является одной из основных и определяющих операций технологического процесса производства мясопродуктов, в результате чего у изделий происходит формирование необходимых технологических и потребительских свойств: вкуса, аромата, нежности, цвета. Всё это происходит за счёт протекающих в мясном сырье процессов, таких как проникновение, распределение и накапливание в мясе посолочных веществ;

изменение состояния белковых веществ и ферментных систем; изменение форм связи влаги, водосвязывающей способности и массы мяса; изменение микроструктуры; развитие химических и ферментативных процессов с образованием вкусовых и ароматических веществ [1, с. 148, 2, с. 76].

Современная технология посола мяса и мясных продуктов подразделяется на четыре отдельных вида: тех-

нология сухого посола, технология мокрого посола, технология смешанного посола, технология посола путем инъекции (способ Линьяка) [3, с. 47, 4, с. 84]. Каждый из этих видов применяется в зависимости от вырабатываемого продукта, характера сырья, скорости технологического процесса и т. п.

При сухом способе мясопродукты натирают солью и укладывают в тару. Чем плотнее укладка, тем лучше качество продукта. Сухой посол даёт наиболее стойкий продукт при хранении, но имеет существенные недостатки. Мясо сильно обезвоживается, просаливается неравномерно, на вкус солёное и жёсткое, потери мясного сока достигают 8–12%. Эти недостатки менее выражены при посоле жирных мясопродуктов, поэтому сухой способ применяется для посола шпика, грудинки, окороков и языков, так как жировая ткань практически не теряет влагу [5, с. 205].

Технология мокрого посола состоит в погружении мяса в рассол определенной крепости и состава, которые зависят от сорта мяса, скорости посола и температурного режима. Мокрый посол имеет некоторые преимущества перед сухим. Соль проникает в мясо быстрее и распределяется равномерно, продукт получается нежным и умеренно солёным. При указанном способе можно легко регулировать нужную концентрацию соли в продукте. Недостатком мокрого посола является высокая влажность солонины, что сокращает сроки её хранения [6, с. 37].

При смешанном способе куски мяса натирают посолочной смесью и укладывают в бочки, затем закрывают и кладут груз. В течение 3–4 дней мясо уплотняется и выделяет сок, после этого его заливают рассолом. Этот способ применяют для получения солонины, предназначенной для длительного хранения. Она отличается хорошим качеством, имеет умеренную соленость и стойкость при хранении.

Игольное инъецирование, наиболее распространенный сегодня способ интенсивного посола мясного сырья. К недостаткам указанного способа можно отнести сложность изготовления и очистки игл, высокое рабочее давление, а также особые требования к чистоте и физическим характеристикам посолочных рассолов. Преимущество состоит в интенсивном и равномерном распределении рассола в толще мяса.

Физико-химические изменения, происходящие в мясе в процессе посола, влияют на растворимость белков, степень их гидратации, изменяя тем самым водоудерживающую способность и структурно-механические свойства.

Известно, что основные посолочные ингредиенты воздействуют на мышечные белки двояким образом. С одной стороны, под влиянием хлорида и нитрита натрия изменяются гидратационные свойства белков и их растворимость, с другой — развиваются процессы цветообразования, связанные с накоплением нитрозопигментов.

Анализ публикаций показал, что характер изменения белковых веществ под действием хлорида натрия определяется способом посола, применяемыми методами интен-

сивной обработки сырья в процессе посола, качественными особенностями исходного мяса.

Проникая в мышечную ткань, ионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$  активно присоединяются к функциональным группам белковых макромолекул и притягивают дополнительное количество диполей воды, и в результате чего растворимость мышечных белков увеличивается. Преимущественное присоединение ионов  $\text{Cl}^-$  к положительно заряженным центрам смещает изоэлектрическую точку белков в кислую сторону, повышая тем самым их водоудерживающую способность. Кроме того, хлорид натрия способен частично предотвращать ассоциированное взаимодействие между белками, характерное для начального периода автолиза мяса, за счет блокирования активных центров, что также способствует повышению водоудерживающей способности мяса [7, с. 194].

Поваренная соль обладает в основном бактериостатическим, а не бактерицидным действием. Поэтому многие микроорганизмы, неспособные размножаться при высоких концентрациях хлористого натрия, сохраняют свою жизнеспособность в условиях посола продолжительное время. Выживают некоторые патогенные бактерии, попадающие в рассол при посоле мяса больных животных. Например, листерии выживают в 24 %-ных рассолах более года, сальмонеллы — несколько месяцев, бруцеллы сохраняют свою жизнеспособность при посоле до 2 мес. Следовательно, посол не является надежным способом обезвреживания мяса больных животных. Для посола необходимо использовать только мясо свежее, доброкачественное, полученное от здоровых животных.

Поскольку значительная часть микроорганизмов, содержащихся в рассоле, способна размножаться при высоких концентрациях поваренной соли, посол должен проводиться при пониженной температуре (не выше 3–5 °С), которая является одним из факторов, обеспечивающих подавление жизнедеятельности этих микроорганизмов. Если для посола использовать высокие концентрации поваренной соли, мясо становится несъедобным даже после длительного вымачивания, кроме того, при этом наблюдается усиленное развитие солеустойчивой микрофлоры. Следовательно, соль надо применять в умеренном количестве.

Процесс получения продукта, с хорошо выраженными органолептическими свойствами, связан с жизнедеятельностью микроорганизмов, и в частности с молочнокислыми бактериями и микрококками. В результате их жизнедеятельности накапливаются и изменяются карбонильные соединения (ацетон, диацетил), летучие жирные кислоты, спирты, аминокислоты и другие метаболиты, играющие определенную роль в образовании специфического аромата и вкуса, а также в улучшении цвета продукта.

В настоящее время в целях улучшения вкусовых качеств продукции и интенсификации технологического процесса посола используют культуры молочнокислых бактерий и микрококков, адаптированных к условиям посола. Так, сотрудниками ВНИИМП (Всероссийский на-

учно-исследовательский институт мясной промышленности) разработан метод ускоренного посола окороков с использованием определённых штаммов солеустойчивых молочнокислых бактерий (*L. plantarum*, *Str. lactis*), выделенных из рассолов. Предложенный метод позволил интенсифицировать процесс посола окороков, в результате сокращения выдержки в рассоле [8, с. 75].

С целью ускорения процесса посола мясо измельчают. Широкое распространение получил агрегат, в состав которого входит волчок, дозаторы сухих посолочных веществ или их растворов и мешалка периодического или непрерывного действия. В случае применения рассола он может подаваться непосредственно в область режущего механизма волчка в шнековый смеситель, устанавливаемый на выходе из волчка, или в мешалку [9, с. 394].

Увеличение размеров кусков мяса замедляет процесс распределения посолочных ингредиентов и соответственно повышает сроки выдержки мяса в посоле (при +2...+4°C). Например, при степени измельчения 2–3 мм выдержка вареных колбас составляет 6–12 часов, а 16–25 мм — 24 часа.

Ещё один способ интенсификации — шприцевание. Для ускорения проникновения и распределения соли часть рассола вводят в толщу мяса этим методом. Шприцуют рассол 5–10 уколами в толщу мышц. Этот способ гигиеничен, экономичен во времени, обеспечивает равномерное распределение соли и сохранение качества продукта. Раствор для шприцевания готовят более высокой концентрации, чтобы не вводить в мясо с солью много воды [2, с. 80, 10, с. 201].

Существует также струйный (безыгольный) способ инъектирования. Он осуществляется интенсивным гидромеханическим струйным воздействием на мякотную

ткань. Струйный метод ускоряет не только посол, но и созревание мяса. Процесс гидромеханического воздействия заключается в «пробивании» мышечной ткани на некоторую глубину высокоскоростной струёй жидкости, приобретающей свойства иглы. Этот способ инъектирования рассолов применим как для бескостных, так и костных мясопродуктов.

Результаты исследований свидетельствуют о проникновении струи не только в межволоконное пространство, как при шприцевании, но и во внутрь мышечного волокна. Такой характер распределения рассола способствует увеличению выхода готовой продукции на 2–2,5%.

Увеличение проницаемости сырья для рассола может быть также достигнуто за счет применения механической (ножевой, игольной) тендеризации и/или массирования мяса перед шприцеванием; разрыхления структуры сырья путем введения в него газов одновременно (или параллельно) с рассолами; применения электромассирования, т. е. обработки кусков парного сырья, нашприцованного рассолом, импульсным электрическим током со скажностью 0,4–0,6 с в течение 8–20 мин. Всё это приводит к существенным изменениям структуры мяса, перераспределению компонентов рассола, ускорению биохимических процессов. Последовательное использование электрического и механического массирования в значительной степени ускоряет процесс созревания: величина рН у сырья в итоге достигает уровня 5,6–5,7 через 4 часа обработки, в то время как при традиционных условиях посола — через 12–18 часов [10, с. 209].

Перспективным направлением в решении задачи совершенствования процесса посола является создание и внедрение новых эффективных технологий и высокопроизводительного оборудования.

#### Литература:

1. Нестеренко, А.А. Инновационные методы обработки мясной продукции электромагнитно-импульсным воздействием/А.А. Нестеренко, А.И. Решетняк // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — Мичуринск, 2011. — №1. — с. 148–151.
2. Нестеренко, А.А. Влияние электромагнитного поля на развитие стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас [Текст]/А.А. Нестеренко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — Мичуринск, 2013. — №2 — с. 75–80.
3. Нестеренко, А.А. Посол мяса и мясопродуктов/А.А. Нестеренко, А.С. Каяцкая// Вестник НГИЭИ. 2012. №8. с. 46–54
4. Нестеренко, А.А., Решетняк А.И. Действие низкочастотной обработки на мышечную ткань животных // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. 2013. — №6 — (25). с. 84–90.
5. Тимченко, Н. Н., Решетняк А.И., Нестеренко А.А. Интенсификация теплообмена при холодильной обработке мяса и мясных продуктов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. — Т. 1. №32. — с. 204–207.
6. Нестеренко, А.А. Технология ферментированных колбас с использованием электромагнитного воздействия на мясное сырье и стартовые культуры/А.А. Нестеренко // Научный журнал «Новые технологии». — Майкоп: МГТУ, 2013. — №1 — с. 36–39.
7. Тимченко, Н. Н., Решетняк, А. И., Нестеренко, А.А. Изменение липидов мышечной ткани животного сырья при замораживании жидким азотом и твердым диоксидом углерода // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. — Т. 1. №32. — с. 193–196.

8. Нестеренко, А. А., Пономаренко, А. В. Использование электромагнитной обработки в технологии производства сырокопченых колбас // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. 2013. — №6 (25). — с. 74–83.
9. Патиева, А. М. Обоснование использования мясного сырья свиней датской селекции для повышения пищевой и биологической ценности мясных изделий/А. М. Патиева, С. В. Патиева, В. А. Величко, А. А. Нестеренко// Труды Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар: КубГАУ, 2012. — Т. 1. — №35 — с. 392–405.
10. Бибко, Д. А. Применение инновационных энергосберегающих технологий/Д. А. Бибко, А. И. Решетняк, А. А. Нестеренко. — Германия: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 237 с.

## Новый подход к производству ветчины

Зайцева Юлия Александровна, студент;

Нестеренко Антон Алексеевич, ассистент

Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

### Введение

Основной задачей мясной промышленности является интенсификация производства при одновременном повышении качества вырабатываемой продукции. Одним из перспективных направлений разработки таких технологий считается создание и использование в производстве мясных изделий биологически активных веществ на основе продуктов жизнедеятельности микроорганизмов [1, с. 46, 2, с. 393]. Такие препараты известны как бактериальные стартовые культуры (бактериальные заквасочные культуры).

Бактериальные стартовые культуры позволяют гидролизовать соединительную ткань мясного сырья, благодаря чему возрастает его влагосвязывающая способность, влагоудерживающая способность, снижается жесткость, повышаются питательная ценность и выход готового продукта [3, с. 37, 4, с. 128].

Многими учёными показана перспективность применения стартовых культур, состоящих из специально подобранных штаммов микроорганизмов, целенаправленно действующих на сокращение технологического процесса и получения стабильных качественных показателей продукта при использовании мясного сырья богатого коллагеном [5, с. 76, 6, с. 46, 7, с. 80].

В процессе ферментации бактериальные стартовые культуры синтезируют различные экзо- и эндоферменты. Благодаря своей протеолитической активности многие бактериальные стартовые культуры принимают участие в улучшении консистенции мясных продуктов. Образуют коллагеназы и эластазы, они улучшают ценность и нежность мясного сырья с большим содержанием соединительно-тканых белков [8, с. 42, 9, с. 145]. Так, биосинтез молочной и других органических кислот бактериями (прежде всего семейства лактобацилл и микрококков) способствует повышению нежности и сочности мяса, так как они вызывают разбухание коллагена и, тем самым, способствуют разрыхлению ткани и гидролизу низкомо-

лекулярных связей. При этом важную роль играет также водородный показатель (рН) сырья. За счет низких значений рН повышается и активность внутриклеточных ферментов катепсинов, оптимальная величина рН для которых равна 4,5–3,8 [8, с. 43, 9, с. 150].

Целью исследования, является изучение влияния стартовых культур, на модельный фарш из низкосортного мясного сырья.

### Методика исследований

Объектом исследования является влияние консорциумов микроорганизмов на мясное сырье. Культивирование микроорганизмов проводилось поверхностным способом. Данный метод заключается в том, что микроорганизмы выращивают на поверхности твердых или жидких питательных средах. Для данного исследования использовались твердые питательные среды на основе глюкозы. Готовые среды разливали по чашкам Петри, далее засеивали культуры на стерильную питательную среду и помещали чашки в термостат при температуре 37°C [10, с. 249].

В ходе исследования были проведены опыты по определению роста микроорганизмов на мясном сырье, и возможность с их помощью модифицировать соединительные белки.

Для исследования роста микроорганизмов на мясном сырье были созданы модельные фарши состоящий из 50% говядины второго сорта и 50% свинины полужирной, в которые вносились исследуемые микроорганизмы.

Активация культур проводилась в микробиологическом боксе, в соответствии с Инструкцией по микробиологическому контролю. Опыт проводился в течение 24 часов.

### Результаты исследования

Для проведения опытов были взяты культуры, наиболее активно проявляющие свои свойства при произ-

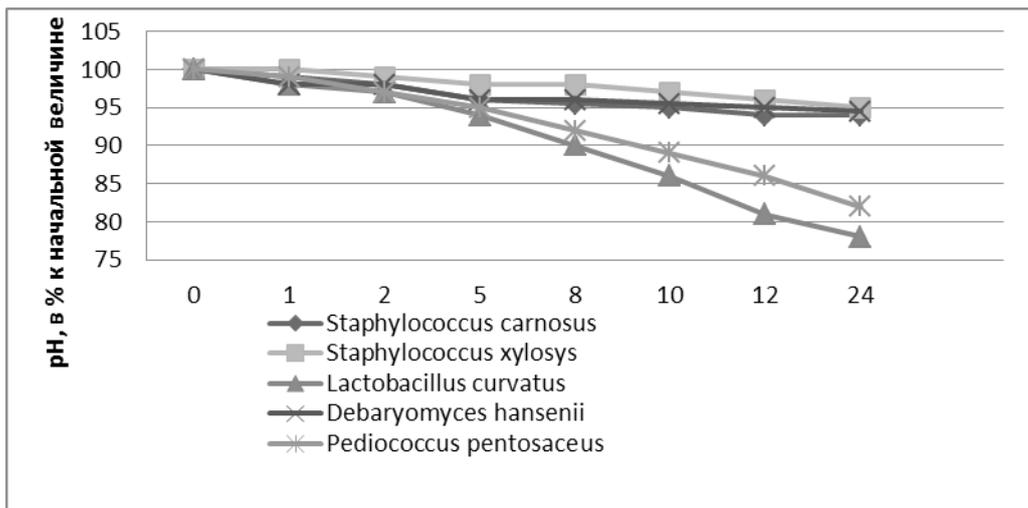


Рис. 1. Изменение pH модельного фарша

водстве сырокопченых колбас. Одним из важнейших показателей для стартовых культур является изменение физико-химических и функционально-технических показателей мясного сырья. Для производства колбас наиболее важными из данных показателей сырья являются влагосвязывающая способность (ВСС), влагоудерживающая способность мясного сырья и изменения pH фарша [11, с. 149].

Снижение pH модельного фарша представлено на рисунке 1.

Исследование pH модельного фарша показало, что рост культур *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus* сопровождается существенным снижением pH модельного фарша. Снижение pH связано с образованием в процессе жизнедеятельности микроорганизмов молочной кислоты. Молочную кислоту применяют в производстве мяса и мясопродуктов благодаря высоким диффузионным свой-

ствам, антимикробному действию, способности пластифицировать белки, ускорять созревание мяса, разрыхлять коллагеновые пучки, регулировать pH и вкус.

Вследствие отсутствия кислотообразующей способности, снижение pH модельных фаршей с культурами *Debaryomyces hansenii*, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosys* происходило незначительно.

Как известно, белки мышечной ткани обладают более высокой ВСС, чем белки соединительной ткани, влагосвязывающая способность жилованного мяса уменьшается с понижением сортности мясного сырья [12, с. 50, 13, с. 189].

Результаты изменения влагосвязывающей способности модельных фаршей представлены на рисунке 2.

Из представленных данных видно, что контрольный образец модельного фарша без добавления исследуемых культур по влагосвязывающей способности ниже опытных

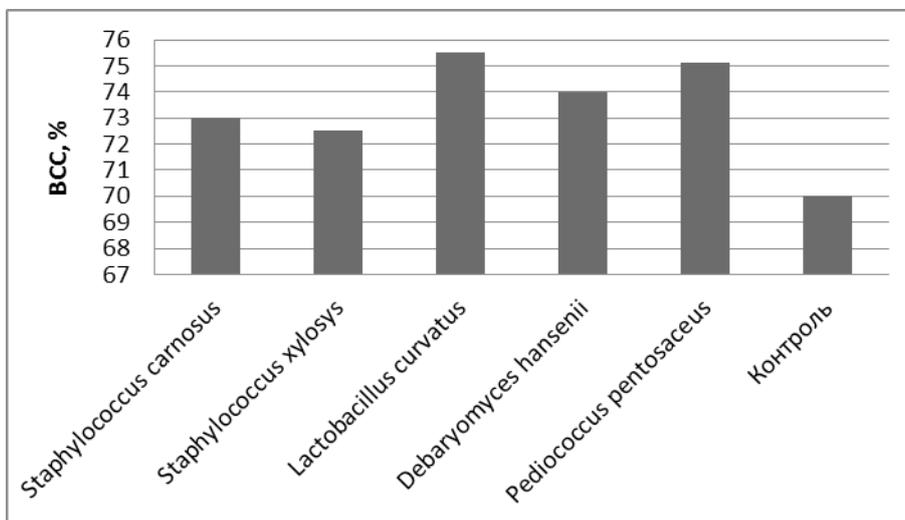


Рис. 2. Изменение ВСС модельного фарша

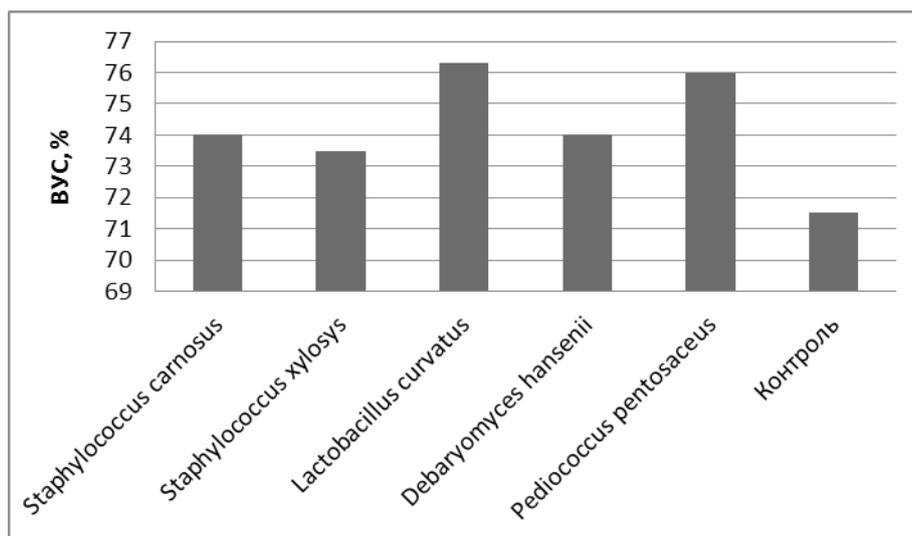


Рис. 3. Изменение ВСС модельного фарша

образцов модельных фаршей. Из полученных данных видно, что при добавлении опытных культур наблюдается тенденция к увеличению ВСС модельного фарша.

Влагодерживающая способность сырья характеризуется способностью сырья удерживать влагу в процессе термической обработки. Данный показатель обеспечивает выход готового продукта и является наиболее важным технологическим показателем.

Результаты изменения влагодерживающей способности модельных фаршей представлены на рисунке 3.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что при внесении в модельный фарш исследуемых культур наблюдается тенденция к увеличению ВУС, которая наиболее выражена у кислотообразующих микроорганизмов *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus*.

### Выводы

Проведены исследования стартовых культур на модельном фарше из малоценного мясного сырья. Введение культур *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus* приводит к смещению рН модельного фарша в кислую сторону, увеличивает влагосвязывающую и влагоудерживающую способность модельного фарша. Введение культур *Debaryomyces hansenii*, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosys* не дает значительного изменения рН, ВСС и ВУС модельного фарша. Мы считаем, что введение в рецептуру ветчин данных культур будет способствовать значительным изменениям функционально-технических свойств коллаген содержащего мясного сырья.

### Литература:

1. Трубина, И. А. Функциональные продукты на мясной основе // Вестник АПК Ставрополя. 2012. — № 4 (8). — с. 46–49.
2. Патиева, А. М. Обоснование использования мясного сырья свиней датской селекции для повышения пищевой и биологической ценности мясных изделий // А. М. Патиева, С. В. Патиева, В. А. Величко, А. А. Нестеренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар: КубГАУ, 2012. — Т. 1. — № 35 — с. 392–405.
3. Нестеренко, А. А. Технология ферментированных колбас с использованием электромагнитного воздействия на мясное сырье и стартовые культуры // А. А. Нестеренко // Научный журнал «Новые технологии». — Майкоп: МГТУ, 2013. — № 1 — с. 36–39.
4. Нестеренко, А. А., Решетняк, А. И., Панов, Д. К. Микрофлора сырокопченых колбас // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2012. — Т. 3. № 1–1. — с. 127–130.
5. Нестеренко, А. А. Влияние электромагнитного поля на развитие стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас // А. А. Нестеренко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — Мичуринск, 2013. — № 2 — с. 75–80.
6. Nesterenko, A. A. Activation of starter cultures induced by electromagnetic treatment // А. А. Nesterenko, А. И. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences. — 2012. — Vol. 1, № 3. — P. 45–48.

7. Нестеренко, А. А., Пономаренко, А. В. Использование электромагнитной обработки в технологии производства сырокопченых колбас/А. А. Нестеренко, А. В. Пономаренко // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. 2013. №6 (25). с. 74–83.
8. Нестеренко, А. А. Электромагнитная обработка мясного сырья в технологии производства сырокопченой колбасы // Наука Кубани. 2013. №1. с. 41–44.
9. Нестеренко, А. А., Сергиенко Т. И., Решетняк А. И. Электромагнитная обработка мясного сырья как новый способ интенсификации технологических процессов/А. А. Нестеренко, Т. И. Сергиенко, А. И. Решетняк // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института, 2011. — №2. — 143–151.
10. Timoshenko, N.V. Significance of electromagnetic treatment in production technology of cold smoked sausage/N.V. Timoshenko, A.A. Nesterenko, A.I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences 2013. — vo2, No. 2, С 248–252.
11. Нестеренко, А. А. Инновационные методы обработки мясной продукции электромагнитно-импульсным воздействием/А. А. Нестеренко, А. И. Решетняк // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — Мичуринск, 2011. — №1. — с. 148–151.
12. Нестеренко, А. А. Посол мяса и мясопродуктов/А. А. Нестеренко, А. С. Каяцкая // Вестник НГИЭИ. 2012. №8. с. 46–54
13. Бебко, Д. А. Применение инновационных энергосберегающих технологий/Д. А. Бебко, А. И. Решетняк, А. А. Нестеренко. — Германия: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 237 с.

## Математическая модель одежды, предназначенной для эксплуатации в жарких климатических условиях

Закиряева Н. Г.;

Жалолова М.;

Пулатова Сабохат Усмановна, доцент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*Разработанная математическая модель системы «человек-одежда-среда» позволяет разработать рациональную конструкцию и подобрать материалы пакета одежды, предназначенной для эксплуатации в жарких климатических условиях по значениям физиологических характеристик тела человека, параметров пододежного пространства, пакета одежды и окружающей среды, исходя из допустимого значения температуры кожи человека.*

*Designed mathematical system model «person-overalls-ambience» allows to develop the rational design and select the material of the package of the special cloth, intended for usage in hot climatic condition on importance s of the physiological features of the person, parameter on clothes space, package of the overalls and surrounding ambiances, coming from possible importance of the temperature of the skin of the person.*

При проектировании одежды, предназначенной для эксплуатации в условиях сухого жаркого климата при значительном изменении условий внешней среды с одной стороны, и при широком варьировании тепло — и влагофизических свойств материалов одежды с другой, возникают значительные трудности, связанные с учетом реакций человеческого организма на изменение условий внешней среды и необходимостью проведения длительного направленного эксперимента по подбору материалов одежды. Кроме того, возможны экстремальные сочетания условий внешней среды и одежды, при которых эксперименты вообще невозможны, т. к. они связаны с опасностью для здоровья человека (ухудшение самочувствия, возможность получения теплового удара и т. д.).

При решении подобных вопросов в мировой и отечественной практике в последнее время широко и с успехом применяется метод математического моделирования на ЭВМ. Математическое моделирование — это метод исследования физических явлений с помощью построения их математических моделей.

Однако, не всегда можно создать математическую модель в узком смысле этого слова. Так, при изучении очень сложных динамических систем и объектов с большим количеством параметров; связанных между собой нелинейно, затруднительно получить зависимость выходных показателей от входных воздействий и, тем более, от изменения параметров самой системы.

Выход из создавшегося положения был найден с переходом от математических моделей к имитационным. Имитационное моделирование на ЭВМ обладает значительно большими возможностями по исследованию сложных объектов и систем с нелинейными связями. Имитировать — это означает вообразить, постичь суть явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте.

Определения понятия «модель» даны многими авторами [1–5]. В соответствии с [1], математической моделью называется приближенное описание какого-либо класса явлений, выраженное с помощью математической символики.

Имитационное моделирование есть процесс конструирования модели реальной системы с помощью математического и концептуального описания и постановки экспериментов на этой модели при помощи ЭВМ с целью понять поведение, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторыми критериями или совокупностью критериев) различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы [3]. Имитационные модели, в отличие от математических, не способны формировать свое собственное аналитическое решение, а могут лишь служить в качестве средств для анализа проведения системы в заданных условиях. Поэтому для получения необходимых результатов нужно осуществлять многократный «прогон» имитационных моделей, а не решать их.

Таким образом, имитационное моделирование — это есть экспериментальная и прикладная методология, основанная на применении ЭВМ и специального программного обеспечения, целью которой является:

- 1) описать поведение системы;
- 2) построить концепцию, объясняющую наблюдаемое поведение;
- 3) разработать математические зависимости, описывающие отдельные части системы;
- 4) разработать специальное программное обеспечение;
- 5) использовать эти разработки для анализа поведения системы при широком изменении факторов.

Среди методов прикладного системного анализа имитационное моделирование является наиболее мощным методом исследования сложных динамических систем, дающим возможность последовательно экспериментировать с системами в случаях, когда делать это на реальных объектах практически возможно или не целесообразно из-за больших материальных или временных затрат.

В настоящей работе было необходимо рассмотреть систему моделей, имитирующих процесс тепло — и массообмена между человеческим телом, пододежным пространством, одеждой, внешней средой. Целью подобного подхода явилось научное обоснование выбора теплофизических и гигиенических параметров спецодежды.

Впервые тепловая система человека была представлена как система с сосредоточенными параметрами М. Дональдсом и Виндхамом в 1950 г. В дальнейшем этот подход был использован при разработке аналоговых моделей терморегуляции человека.

Анализ литературы, посвященной этому вопросу, позволяет разделить существующие математические модели на 3 группы.

К первой группе относятся работы, в которых даны математические модели терморегуляции человека без одежды.

Вторую группу составляют работы, рассматривающие тепловое состояние человека в условиях холода в одежде без обогрева.

К третьей группе следует отнести работы, посвященные описанию математических моделей человека, одетого в теплозащитную одежду с обогревом.

Таким образом, рассматриваемой области предпринимались попытки создания математических моделей тепловых процессов человеческого тела и методик расчета пакетов одежды, основанных на этих моделях. Однако, эти модели относились к области низких температур и очень упрощенно учитывали некоторые компоненты модели. Так, в работе [3] влияние одежды на процесс испарения пота пододежном пространстве учитывается постоянными коэффициентами, в то время, как под одеждой происходят нелинейные процессы тепло — и массопередачи, значительно зависящие от граничных условий. А модель [4], хотя и относится к области повышенных температур, но рассматривает состояние перегрева человека без одежды.

В предлагаемой работе, в отличие от предыдущих, разработаны вопросы процессов тепло и массопередачи в системе «человек-одежда-среда» с учетом явлений, протекающих в пододежном пространстве в жарких климатических условиях и описанных с учетом фундаментальных физических процессов. Такой подход, в противоположность принципу «черного ящика», дает возможность изучать явления при самом широком варьировании внешних воздействий и параметров модели.

Концептуальная модель системы «человек-спецодежда-среда» связана с решением задачи прогнозирования теплового состояния человека и выбора рациональных параметров спецодежды на основе модельных представлений об особенностях теплообмена человека с окружающей средой в жарких климатических условиях.

Решение задачи предполагает поиск параметров спецодежды и ее материалов, удовлетворяющих предъявляемым требованиям, и имеет своей целью определение количественных значений параметров спецодежды с учетом реакций человеческого организма на изменение внешних условий.

Исходная информация включает в себя биологические характеристики человека, параметры пододежного пространства, параметры пакета спецодежды и параметры окружающей среды. Для удобства математического описания система «человек-одежда-среда» представлена многослойным. Основной целью является разработка математической модели одежды, работающих в жарких климатических условиях, исследование прочности материала, пропускной способности тепла и ее действие. С этой целью человеческое тело предполагается как деформированное цилиндрическое тело конечного размера, а одежда — мягкая оболочка. Тогда рассматриваемая задача приводится к моделированию деформаций цилиндра с мягким оболочкам.

Исследуется прочность мягкого слоя при воздействии теплового (или механического) воздействия. Данная постановка задачи позволяет исследовать напряженно — деформировано состояние цилиндра при тепловом (или динамическом) воздействии.

Уравнение движения цилиндра с тонкой скрепленной оболочкой при малых движениях принимает следующий вид [1]:

$$\left(k + \frac{4}{3}G\right) \text{grad div } \vec{w} - G \text{ rot rot } \vec{w} = \gamma \frac{\partial^2 \vec{w}}{\partial t^2} + \gamma \text{grad } \theta, \quad (1)$$

$$\nabla^2 \theta - (1/x)\dot{\theta} - \eta \text{div } u = -Q/x.$$

где  $k$  -объемная модуль;  $G$  -модуль сдвига;  $\theta$  -температура;  $\gamma_1 = (3\lambda + 2\mu)\alpha_t$ ;  $\lambda$  и  $\mu$  -коэффициенты Ламе;  $\alpha_t$  -коэффициент линейного термического расширения;  $\chi = \lambda_0 / c_\varepsilon$ ;  $c_\varepsilon$  -удельная теплоемкость при постоянной деформации;  $\lambda_0$  -постоянная величина;  $Q$  -величина, которой зависит количества тепла;  $\gamma$  -плотность на единицу объема материала цилиндрического тела;  $\vec{w}(w_r, w_\varphi, w_x)$  — вектор перемещений цилиндр. На внешней поверхности цилиндра при ( $r = R$ ) ставятся следующие условия [1]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{E_0 h}{R^2(1-\nu_0^2)} \left( u + \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) - \frac{D}{R^4} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \left( v - \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) + \rho^2 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -p - \left( k + \frac{4}{3}G \right) \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{1}{R} \left( k - \frac{2}{3}G \right) \\ - \frac{E_0 h}{R^2(1-\nu_0^2)} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( u + \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) + \frac{D}{R^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \left( v - \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) - \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -q + G \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{G}{R} \left( \frac{\partial u}{\partial \theta} - v \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Величины  $E_0$  и  $\nu_0$  означают соответственно модуль Юнга и коэффициент Пуассона для материала оболочки.

$D = \frac{E_0 h^3}{12(1-\nu^2)}$  — представляет собой изгибную жесткость оболочки,  $\rho$  — плотность оболочки на единицу площади средней поверхности. Также к этим уравнениям присоединяем уравнение теплопроводности, описывающее распространение тепловых волн в материале одежды.

1) на поверхности (A) одежды задана температура  $\theta$  как функция от пространственных координат и времени  $\theta = h(P, t)$ ,  $P \in A$ ,  $t > 0$ .

2) на поверхности (A) одежды задана нормальная компонента градиента температуры как функция координат и времени

$$\frac{\partial \theta}{\partial n} = k(P, t), \quad P \in A, \quad t > 0.$$

3) на поверхности одежды (A) задана функция

$$\left( \frac{\partial}{\partial n} + \alpha \right) \theta(P, t) = f(P, t), \quad P \in A, \quad t > 0,$$

где  $\alpha$  — некоторая константа.

При заданных параметрах  $E_1$ ,  $\nu_1$ ,  $E_0$ ,  $\nu_0$ ,  $\gamma$ ,  $\rho_0$ ,  $h$  и  $R$ , а также заданных внешних воздействиях  $p$  и  $q$  определяются все необходимое неизвестные величины.

Решение системы уравнений (1) — (2) в некоторых частных случаях выражается через специальные функции Бесселя первого  $J_n(ax)$  и второго  $N_n(ax)$  род [2]. Внешние слои цилиндра могут быть многослойными, в этом случае за счет физико-механических параметров системы оптимизируется диссипативные свойств материала одежды. Возможно вместе о системе (1)-(2) применит принцип возможных перемещений [1]:

$$\int_V \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV + \int_V \rho \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} \delta u_j dV = 0 \quad (3)$$

где  $\sigma_{ij}$  — тензор внутренних напряжений;  $\varepsilon_{ij}$  — тензор деформаций;  $\rho$  — плотность;  $u_j$  — перемещение точки материала.

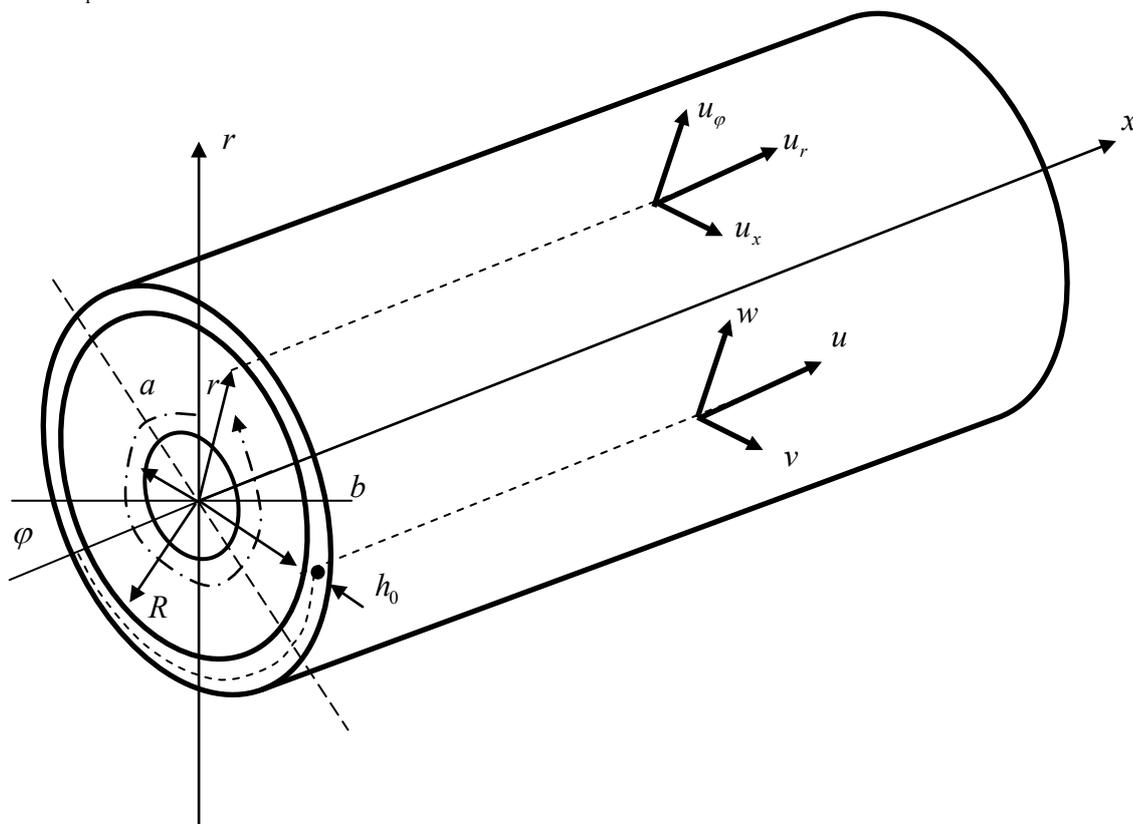


Рис.1. Расчетная схема

Если применить для решения (3) метод конечных элементов, тогда (3) сводится к системе неоднородных алгебраических уравнений высокого порядка:

$$[m]\{\delta\} + [k]\{\delta\} = \{R\}, \quad (4)$$

где  $[m]$  — матрица масс;  $\{\delta\}$  — вектор столбец перемещений;  $\{R\}$  — внешние воздействия. Системы уравнения (4) решается на ЭВМ, с помощью стандартной программы комплекса МАТЛАБ.

Параметры и коэффициенты системы «человек-одежда-среда» соответствуют показателю среднего условного человека с весом 71 кг, площадью поверхности тела 1,65 м<sup>2</sup> теплопродукцией 85 Вт, энергозатратами 234 Вт; показатели окружающей среды: температура воздуха 25–45<sup>0</sup>С, относительная влажность 40% [2,3].

Изложенная концептуальная модель системы «человек-одежда-среда» дает возможность на основе применения математических методов исследования определить условия физических экспериментов с дальнейшим уточнением и оптимизацией основных параметров, а также количественно оценить эффективность выбора материалов и конструкции одежды на этапе проектирования.

Литература:

1. В. Новацкий. Динамические задачи термоупругости. Издательство «Мир» Москва 1970, 256 с.
2. Жаворонков, А. И. Математическая модель системы «человек — теплозащитная одежда — среда» с АСР температуры В сб.: Автоматизация технологических процессов легкой промышленности, М., 1982.
3. Gagge, A. P. A model of temperature regulation in man. Ted. Proc., 1973, v. 32.

## Разновидности погрешностей измерительных комплексов радиоэлектронных средств

Зорькин Андрей Владимирович, аспирант;  
Ильин Сергей Валерьевич, аспирант;  
Виньчаков Александр Николаевич, аспирант;  
Рыбаков Илья Михайлович, аспирант  
Пензенский государственный университет

При создании радиоэлектронных средств (РЭС), которые предназначены для измерения, контроля, управления и диагностики физических параметров одной из проблем является учет всех возможных погрешностей вносимых как первичными преобразователями (датчиками), так и самими РЭС [1].

Известно, что качество средств и результатов измерений принято характеризовать указанием их погрешностей [2]. Однако из-за того, что характер проявления и причины возникновения погрешности, как у средств, так и у результатов измерений весьма разнообразны, то в практике установилось деление погрешностей на разновидности, за каждой из которых закреплено определенное наименование. Этим наименованиям около 30, и тот, кто, так или иначе, связан с измерениями, должен безошибочно разбираться в этой терминологии [2].

Погрешность результата измерения — это число, указывающее возможные границы неопределенности полученного значения измеряемой величины. Погрешность же прибора — это его определенное свойство, для описания которого приходится использовать соответствующие правила. Поэтому предположение, что воспользовавшись, например, вольтметром класса точности 1,0, т.е. имеющим предел приведенной погрешности, равный 1%, мы получаем и результат измерения с погрешностью равной 1%, является грубейшей ошибкой. Отсюда следует, что погрешности измерительных средств и погрешности результатов измерений — понятия не идентичные. [2]

Инструментальными (приборными или аппаратурными) погрешностями измерительных комплексов называются такие, которые принадлежат данному средству измерений, могут быть определены при его испытаниях и заносятся в его паспорт.

Следует отметить, что, кроме инструментальных погрешностей, при измерениях возникают еще и такие погрешности, которые не могут быть приписаны данному прибору [3–11], не указываются в его паспорте и называются методическими т.е. связанными не с самим прибором, а с методикой проведения измерений.

Очень часто причиной возникновения методической погрешности является то, что, организуя измерения, нередко измеряют или вынуждены измерять не ту величину, которая в принципе должна быть измерена, а некоторую другую, близкую, но не равную ей.

Наглядный пример этого — выбор метода построения прибора для измерения запаса горючего в баке автомо-

биля. Ясно, что суммарная энергия, запасенная в топливе, определяется его массой (а не объемом) и для ее измерения нужны весы. Но совмещение топливного бака с весовым механизмом резко усложняет конструкцию [11–17]. Поэтому разработчик заменяет весы простейшим поплавковым уровнем, хотя уровень топлива зависит и от наклона бака, и от температуры и лишь весьма приблизительно отражает массу топлива.

Если же погрешности вызваны тем, что пользователь сам измеряет не ту величину, которая в действительности его интересует, и вследствие этого возникают погрешности, которые не могли быть изучены разработчиком и внесены в паспорт прибора, то ответственность за установление размера этих уже чисто методических погрешностей целиком лежит на пользователе средств измерений [18].

Примером такой методической погрешности может служить погрешность, возникающая при измерении напряжения вольтметром. Вследствие шунтирования входным сопротивлением вольтметра того участка цепи, на котором измеряется напряжение, оно оказывается меньшим, чем было до присоединения вольтметра. Поэтому для одного и того же вольтметра, присоединяемого поочередно к разным участкам исследуемой цепи, эта погрешность различна; на низкоомных участках — ничтожна, а на высокоомных — может быть очень большой [19]. Естественно, размер этой переменной погрешности не может быть указан в паспорте прибора и она является методической.

Любой датчик, измерительный прибор или регистратор работают в сложных, изменяющихся во времени условиях. Прежде всего, это обусловлено тем, что процесс измерения является сложным многогранным явлением, которое характеризуется множеством воздействующих на измерительный комплекс (как со стороны объекта так и внешней среды, источников питания и т.д.) отдельных, зачастую, не связанных друг с другом факторов. Каждый из этих факторов может быть измерен в отдельности, но в реальных условиях прямых измерений действует на измерительный комплекс или датчик совместно со всеми остальными факторами. Единственный фактор из всего множества воздействующих мы называем измеряемой величиной. Мы требуем от прибора или датчика, чтобы он выделил из всего множества действующих на него величин только ту, которую мы назвали измеряемой, и отстроился от действия на него всех остальных

величин, которые мы именуем влияющими, мешающими или помехами.

Естественно, что в этих условиях прибор наряду с чувствительностью к измеряемой величине неминуемо имеет некоторую чувствительность и к не измеряемым, величинам. Прежде всего, это температурные колебания, вибрации разной частоты, нестабильность напряжения источников электропитания прибора и измеряемого объекта, коэффициент содержания гармоник питающих напряжений и т. п. [20, 21].

Погрешность прибора в реальных условиях его эксплуатации называется эксплуатационной и складывается из его основной погрешности и всех дополнительных и может быть, естественно, много больше его основной погрешности. Таким образом, деление погрешностей

на основную и дополнительные является чисто условным и оговаривается в технической документации на каждое средство измерений.

Статические и динамические погрешности, присущие как средствам, так и методам измерений, различают по их зависимости от скорости изменения измеряемой величины во времени. Погрешности, не зависящие от этой скорости, называются статическими. Погрешности же, отсутствующие, когда эта скорость близка к нулю, и возрастающие при ее отклонении от нуля, называются динамическими. Таким образом, динамические погрешности являются одной из разновидностей дополнительных погрешностей, вызываемой влияющей величиной в виде скорости изменения во времени самой измеряемой величины.

#### Литература:

1. Гориш, А. В. Проблемы создания датчиковой аппаратуры для измерения, контроля, управления и диагностики физических параметров/А. В. Гориш, А. Г. Дмитриенко, А. Г. Пивкин // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. с. 48–53.
2. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений. 1991.
3. Гришко, А. К. Анализ временных рядов и методов обработки измерительной информации на основе регрессионных и авторегрессионных моделей/А. К. Гришко, В. А. Корж, В. А. Канайкин, А. С. Подсякин//Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 246–246.
4. Таньков, Г. В. К вопросу оценки погрешности цифрового моделирования упругих деформаций тел вращения/Г. В. Таньков//Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 248–249.
5. Бержинская, М. В. Оценивание максимальной погрешности при сличениях магазинов сопротивлений/М. В. Бержинская, Ю. С. Мусатова, Ю. А. Пшеничкова // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. с. 57–58.
6. Сивагина, Ю. А. Обзор современных симплексных ретрансляторов радиосигналов/Ю. А. Сивагина, И. Д. Граб, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков //Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 74–76.
7. Агеева, Л. М. Экспериментальные исследования возможности компенсации температурной погрешности, вносимой термодатчиком при контактном методе контроля тепловых режимов электронных средств/Л. М. Агеева, О. М. Калоев, С. У. Увайсов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. с. 452–453.
8. Бублей, Д. В. О назначении интервалов между калибровками средств измерений/Д. В. Бублей // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. с. 70–71.
9. Бростилова, Т. Ю. Волоконно-оптический датчик деформации/Т. Ю. Бростилова, С. А. Бростилов, Т. И. Мурашкина // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 1. с. 93–99.
10. Горячев, Н. В. Индикатор обрыва предохранителя как элемент первичной диагностики отказов РЭА/Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2010. Т. 2. с. 78–79.
11. Бростилов, С. А. Математическое моделирование процессов отражения и распространения электромагнитных волн в тонкой градиентной диэлектрической пластине/Бростилов С. А., Кучумов Е. В. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 1. с. 281–283.
12. Горячев, Н. В. Автоматизированный выбор системы охлаждения теплонагруженных элементов радиоэлектронных средств/Н. В. Горячев, И. Д. Граб, К. С. Петелин, В. А. Трусов, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2013. № 4. с. 136–143.
13. Бростилов, С. А. Волоконно-оптический датчик давления на основе туннельного эффекта/С. А. Бростилов, Т. И. Мурашкина, Т. Ю. Бростилова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2010. — № 4. — с. 106–117.
14. Андреев, П. Г. Основы проектирования электронных средств: учеб. пособие/П. Г. Андреев, И. Ю. Наумова// Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. — 124 с.
15. Андреев, П. Г. Оценка влияния местных предметов на распространение электромагнитных волн в помещении/П. Г. Андреев, А. Н. Якимов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. с. 6–9.

16. Трифоненко, И.М. Обзор систем сквозного проектирования печатных плат радиоэлектронных средств/И.М. Трифоненко, Н.В. Горячев, И.И. Кочегаров, Н.К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 396–399.
17. Горячев, Н.В. Типовой маршрут проектирования печатной платы и структура проекта в САПР электроники Altium Design/Н.В. Горячев, Н.К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 2. с. 120–122.
18. Меркульев, А.Ю. Системы охлаждения полупроводниковых электрорадиоизделий/А.Ю. Меркульев, Н.В. Горячев, Н.К. Юрков // Молодой учёный. — 2013. — № 11. — с. 143–145.
19. Горячев, Н.В. К вопросу выбора вычислительного ядра лабораторного стенда автоматизированного лабораторного практикума/Н.В. Горячев, Н.К. Юрков // Современные информационные технологии. 2009. № 10. с. 128–130.
20. Горячев, Н.В. Тепловая модель сменного блока исследуемого объекта/Н.В. Горячев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 263–263.
21. Урнев, И.В. Отличительные качественные особенности разрабатываемых для Минобрнауки РФ цифровых сетей связи с персонализированным доступом/Урнев И.В., Сериков И.В., Иванушак Н.Н., Кручинин А.А. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 343–345.

## Гидравлический расчет теплообменных аппаратов с локальными турбулизаторами

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, старший преподаватель;  
 Мамедова Дилора Нусуровна, старший преподаватель;  
 Саматова Шоира Йулдошевна, старший преподаватель  
 Каршинский инженерно-экономический институт (Республика Узбекистан)

При расчетах теплообменных аппаратов применяют один из следующих способов учета местных сопротивлений [1]:  
 1. Местные сопротивления условно считают сосредоточенными в одном сечении и не включающими потерь на трение. Исчисление потерь энергии производят по принципу наложения потерь или суперпозиции, при котором берется арифметическая сумма потерь на трение и местных потерь

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{TP} + \Delta P_M \quad (1)$$

2. Местные сопротивления, равномерно распределенные по длине канала (например, гофры), учитывают совместно с сопротивлением трения условным коэффициентом сопротивления единицы относительной длины канала

$$\xi = \xi_{TP} + \xi_M \quad (2)$$

Тогда расчет гидравлического сопротивления подобных каналов производится по формуле Дарси — Вейсбаха

$$\Delta E_{\Sigma} = \xi \frac{l}{d_r} \frac{\rho w^2}{2} \quad (3)$$

Для осуществления гидравлического расчета выбраны следующие исходные данные:

А. Горячей теплоноситель:

а) состав — вода; б) начальная температура —  $t_1' = 95^{\circ}C$ ; в) конечная температура —  $t_1'' = 15^{\circ}C$ ; г) расход греющего теплоносителя —  $G_1 = 2,0 \text{ кг/с}$ .

Б. Холодный теплоноситель:

а) состав — вода; б) начальная температура —  $t_2' = 10^{\circ}C$ ; в) конечная температура —  $t_2'' = 30^{\circ}C$ .

2. Дополнительные данные:

а) внутренний диаметр теплообменных трубок,  $d_1=0,016 \text{ м}$ ; б) толщина стенки трубок,  $\delta=0,001 \text{ м}$ ; в) материал трубок — латунь. г) теплопроводность материала трубок,  $\lambda_m=112,3 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$ ; д) горячей теплоноситель движется по внутренней трубе; е) холодный теплоноситель движется по межтрубном пространстве.

После выполнения теплового конструктивного расчета имеем:

- площадь поверхности теплообмена,  $F=37 \text{ м}^2$ ;
- диаметр кожуха,  $D=400 \text{ мм}$ ;
- диаметр трубки,  $d=20 \times 2 \text{ мм}$ ;
- число ходов,  $z=1$ ;

- длина трубки,  $l=3$  м;
- общее количество трубок,  $n=181$ ;
- число сегментов в ТОА,  $k=10$ ;
- масса ТОА,  $m=1130$  кг.

1. Определяем потери давления в трубном пространстве за счёт гидравлического сопротивления.

а) Коэффициент гидравлического сопротивления при изотермическом течении теплоносителя при применении овального турбулизатора [2, 3]

$$\xi_T = \frac{108,6}{\text{Re}^{0,98}} = \frac{108,6}{61895^{0,98}} = 0,002$$

Влияние не изотермичности потока в данном случае несущественно.

б) Вычисляем потери давления по следующей формуле

$$\Delta P_{T1} = \xi_T \left( \frac{l}{d_1} \right) \left( \frac{\rho_1 w_1^2}{2} \right) = 0,002 \left( \frac{543}{0,016} \right) \left( \frac{985,6 \cdot 2^2}{2} \right) = 133795,2 \text{ Па}$$

Здесь  $\rho_1=985,6$  кг/м<sup>3</sup> — при средней температуре теплоносителя;  $L=l \cdot z=3 \cdot 181=543$  м — общая длина трубы.

в) Местные сопротивления находим, используя принципиальную схему течения теплоносителей в рассчитываемом ТОА:

$\xi_{\text{вх}}=1,5 \cdot 2=3$  — входная и выходная камера (удар и поворот);

$\xi_{\text{вых}}=1,0 \cdot 2=2$  — вход в трубное пространство и выход из него.

б) Суммарные местные сопротивления

$$\sum \xi_1 = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вых}} + \xi_T = 3 + 2 + 0,002 = 5,002$$

в) Вычисляем потери давления по следующей формуле

$$\Delta P_m = \sum \xi_1 \cdot \left( \frac{\rho_1 w_1^2}{2} \right) = 5,002 \cdot \left( \frac{985,6 \cdot 2^2}{2} \right) = 9860 \text{ Па}$$

3. Потери давления для трубного пространства определяется по формуле

$$\Delta P_1 = \Delta P_T + \Delta P_m = 133795,2 + 9860 = 143832,2 \text{ Па}$$

4) Определяем требуемую мощность насоса для прокачки греющего теплоносителя

$$N_1 = \frac{G_1 \Delta P_1}{\rho_1 \eta} = \frac{2,0 \cdot 143832,2}{985,6 \cdot 0,7} = 417 \text{ Вт}$$

Результаты гидравлического расчета теплообменных аппаратов с турбулизаторами показывают, что требуемая мощность насоса для прокачки греющего теплоносителя повышается и составляет 417 Вт.

Применение локальных турбулизаторов в трубках теплообменного аппарата повышает гидравлическое сопротивление (из-за повышения внутренних местных сопротивлений) почти на 8,0–10%. В результате повышения гидравлического сопротивления повышается теплоотдача греющего теплоносителя внутренней поверхности стенки трубы на 48%.

Литература:

1. Лебедев, П. Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М.: Энергия 1972. 320 с.
2. Ибрагимов, У. Х., Бабаходжаев Р. П., Узаков Г. Н., Хамраев Т. Я., Боймуродова Х. У. «Экспериментальное исследование процессов гидродинамики в трубках теплообменника при применении локальных турбулизаторов». Журнал Молодой учёный, №3 (50), 2013 г. стр. 56–58.
3. Ибрагимов, У. Х., Бабаходжаев Р. П., Узаков Г. Н., Шомуратова С. М. «Экспериментальная установка для исследования процессов гидродинамики и теплообмена в трубках теплообменника». Журнал Молодой учёный, №3 (50), 2013 г. стр. 58–60.

## Экспериментальное исследование коэффициента теплоотдачи в трубках теплообменника при применении локальных турбулизаторов

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, старший преподаватель;  
Шомуратова Сохиба Мустафакуловна, магистрант  
Каршинский инженерно-экономический институт (Республика Узбекистан)

В настоящее время на производство теплообменного оборудования расходуется огромное количество легированных и цветных металлов. Поэтому, при проектировании и изготовлении современных теплообменников необходимо стремиться к тому, чтобы они, выполняя свои основные функции, обладали высокой надежностью и при этом были компактными, а, следовательно, имели бы малую массу.

Таким образом, уменьшение массы и габаритов теплообменных аппаратов является актуальной проблемой. Интенсификация теплообмена является эффективным путем решения проблемы уменьшения массы и габаритных размеров теплообменных аппаратов и устройств. В настоящее время предложены и исследованы разнообразные методы интенсификации конвективного теплообмена в аппаратах энергетических установок [1].

Применительно к течению однофазных теплоносителей используются турбулизаторы потока на поверхности, шероховатые поверхности и поверхности, развитые за счет оребрения, закрутка потока спиральными ребрами, шнековыми устройствами, завихрителями, установленными на входе в канал, подмешивание к потоку жидкости газовых пузырей, а к потоку газа — твердых частиц или капель жидкости, вращение или вибрация поверхности теплообмена, пульсации теплоносителя, воздействие на поток электростатических полей, отсос потока из пограничного слоя, струйные системы. Эффективность этих способов различна, в лучшем случае удается увеличить теплоотдачу в 2–3 раза, но для разных способов при существенно различных затратах энергии.

Одним из таких способов является применение турбулизаторов потока. Влияние турбулизаторов локального типа на гидродинамику однофазных теплоносителей достаточно хорошо изучено, а результаты этих исследований представлены в работе [2].

В связи с вышесказанным, актуальными задачами становятся разработка и исследования современных конструкций локальных турбулизаторов (ЛТ), которые с интенсификацией теплообмена могут существенно снизить темп образования солеотложений на теплообменивающих поверхностях кожухотрубчатых аппаратов.

Для проведения научно-исследовательских работ, в лабораторных условиях был разработан экспериментальный стенд для исследования процессов гидродинамики и теплообмена [3], где исследовалась гидродинамика потока воды и теплоотдача при различных режимах течения. Повышение турбулизации потока воды в трубке достигалась путем использования вновь разработанных авторами конструкций ЛТ [4].

Результаты исследований гидродинамики потока воды в трубке с использованием разработанных ЛТ показали, что главным фактором, влияющим на процесс является геометрическая форма, род материала пустотела, шаг крепления, а также упругость проволоки. Визуальное наблюдение показало, что энергия набегающего потока воды придает колебательное движение всем элементам ЛТ, при  $2800 \leq Re$ . Результаты исследований представлены на Рис. 1. Эмпирические зависимости получены на основе формулы М.А. Михеева, справедливы в пределах  $1000 \leq Re \leq 10000$ . Результаты исследований представлены на рис. 1.

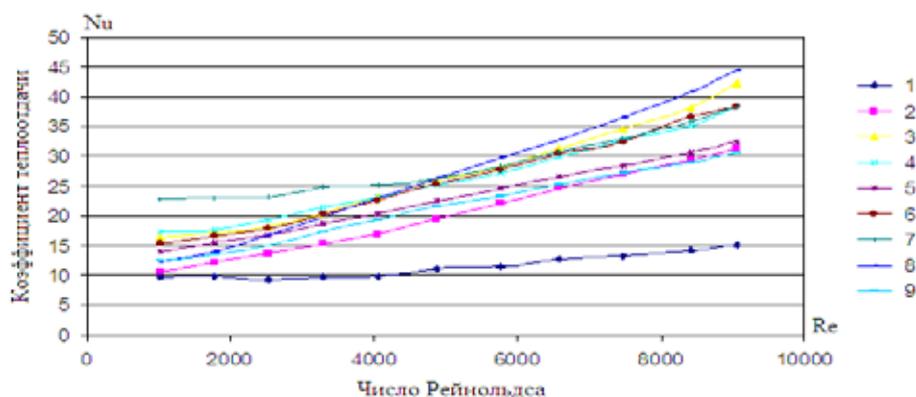


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплоотдачи от числа Рейнольдса. 1 — гладкая металлическая трубка без ЛТ, 2–9 — локальные турбулизаторы с различными конфигурациями

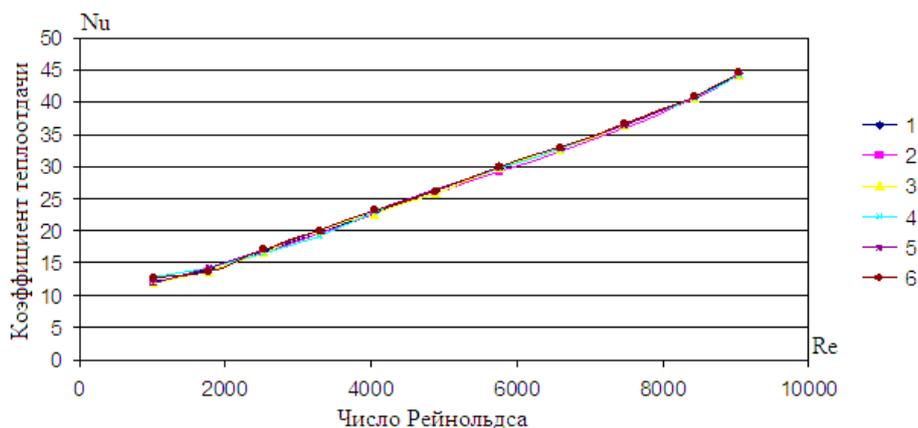


Рис. 2. Изменение коэффициента теплоотдачи при различных шагах локальных турбулизаторов: 1 —  $s=100$  мм; 2 —  $s=110$  мм; 3 —  $s=120$  мм; 4 —  $s=130$  мм; 5 —  $s=140$  мм; 6 —  $s=150$  мм

На основе проведенных экспериментов выбрана наивыгоднейшая конфигурация локального турбулизатора. Исследования проводились при различных шагах турбулизатора. Полученные результаты по гидродинамике представлены в виде графиков и представлены на рис. 2.

Таким образом, используя разработанную конструкцию ЛТ в определенных условиях, можно достичь повышения турбулизации потока жидкости в трубках теплообмен-

ников с относительно небольшим увеличением гидравлического сопротивления канала.

На наш взгляд появляется перспектива использования данной конструкции ЛТ с целью интенсификации процесса теплообмена и снижения темпа образования отложений, т. к. колебательное движение ЛТ создает в объеме трубки подвижные вихревые течения. Кроме того, данная конструкция ЛТ проста в изготовлении, малозатратна и не требует замены действующего оборудования.

Литература:

1. Калинин, Э. К., Дрейцер Г. А. Интенсификация теплообмена в каналах. М.: Машиностроение, 1990.
2. Ибрагимов, У. Х., Бабаходжаев Р. П., Узаков Г. Н., Хамраев Т. Я., Боймуродова Х. У. «Экспериментальное исследование процессов гидродинамики в трубках теплообменника при применении локальных турбулизаторов». Журнал Молодой учёный, №3 (50), 2013 г. стр. 56–58.
3. Ибрагимов, У. Х., Бабаходжаев Р. П., Узаков Г. Н., Шомуратова С. М. «Экспериментальная установка для исследования процессов гидродинамики и теплообмена в трубках теплообменника». Журнал Молодой учёный, №3 (50), 2013 г. стр. 58–60.
4. Патент на изобретение по теме «Турбулизирующее устройство теплообменной трубы». Бабаходжаев Р. П., Мухиддинов Д. Н., Тохтохунов К. А., Ходжаев Б. А., Ибрагимов У. Х., Юсупов Б. В., Хужанов Р. А. Зарегистрирован в государственном реестре изобретений Республики Узбекистан, г. Ташкент 28.05.2012 г.

### Вероятностный синтез сложной механической системы

Извеков Юрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент  
 Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова (Челябинская обл.)

Статья посвящена вероятностному синтезу такой сложной механической системы как несущая конструкция главной балки металлургического мостового крана. В качестве входных параметров системы исследуются максимальные напряжения, возникающие в сечении несущей конструкции моста, а в качестве выходных — остаточная деформация и прогибы, возникающие при эксплуатации в мосте крана. Используется известный математический аппарат теории выбросов и  $\chi^2$  — распределения Пирсона с выведенными формулами вероятностной взаимосвязи между входными и выходными параметрами. Материал статьи позволит принимать верные управленческие решения при обеспечении техногенной безопасности металлургических

мостовых кранов, а также является существенным дополнением в теории вероятностного риск-анализа конструкций механических систем, оценки их надежности, долговечности и эффективности.

**Ключевые слова:** вероятностный синтез, механическая система, надежность, долговечность, упруго-пластическая деформация, несущая конструкция, металлургический кран, выходные и входные параметры системы, действующие нагрузки, напряжения, число выбросов, амплитуды нагрузок.

**Введение.** Большой интерес при вероятностном синтезе механических систем представляют задачи определения вероятности превышения случайной функцией, характеризующей процесс качественного изменения состояния материала конструкций, допустимых значений [1–13]. Это обусловлено, как представляется, недостаточной оценкой сложных механических систем различных производств, например таких, как несущие конструкции мостовых металлургических кранов. В механических системах среднее число выбросов амплитуд нагрузок за определенный промежуток времени мало и последовательность их появления все же можно считать независимыми редкими событиями.

**Методика.** Теоретическое обоснование и расчет надежности и долговечности сложной механической системы — несущей конструкции главной балки металлургического мостового крана грузоподъемностью 50 тонн осуществлены на основе вероятностного синтеза и теории выбросов.

**Основная часть.** Выбор этой механической системы обусловлен недостатками существующих методических указаний по обследованию металлургических кранов и так называемого принципа разумной надежности, проводимой в жизнь некоторыми руководителями предприятий, а именно, не проводить никаких мероприятий, пока не произойдет выход из строя конструкции. Такой подход имеет право на существование с учетом решения многих задач, в том числе прогнозирования долговечности на основе теории выбросов [2, 11].

Примем появление выбросов амплитуд нагрузки за допускаяемый уровень приближенно подчиняющимся закону  $\chi^2$ -распределения Пирсона, тогда вероятность того, что для нормального стационарного процесса нагружения системы [2, 11] за время  $T$  случайная функция превысит уровень  $\sigma^*$ , определится

$$P\left(\sigma > \frac{\sigma^*}{T}\right) = \frac{T}{2\pi\psi(m_0)} \int_{v_0^*}^{\infty} v^{m_0-1} e^{-\frac{v^2}{2}} dv, \quad (1)$$

где  $\sigma^*$  — случайная функция действующих нагрузок,  $v$  — параметр распределения Пирсона:

$$v = \frac{s_{\sigma}}{s_{\sigma}} \exp\left[-\frac{(\sigma^* - \bar{\sigma})^2}{2s_{\sigma}^2}\right]; \quad (2)$$

$\psi(m_0)$  — нормировочная постоянная распределения:

$$\psi(m_0) = 2^{\frac{m_0-2}{2}} \Gamma\left(\frac{m_0}{2}\right); \quad (3)$$

$v_0^*$  — нижний предел интегрирования, представляющий минимальное значение распределения (2);

$m_0$  — параметр распределения, представляющий собой показатель степени кривой усталости механической системы.

Исследуя процесс нагружения механической системы, будем рассматривать интеграл (1) в пределах  $v_0^* - v_{max}^*$ . Тогда (1) примет вид

$$P\left(\sigma > \frac{\sigma^*}{T}\right) = \frac{T}{2\pi} \{P[(v_{max}^*)^2, m_0] - P[(v_0^*)^2, m_0]\}. \quad (4)$$

Таким образом, можно сформулировать последовательность оценки надежности и долговечности механической системы:

— интервал работы системы  $T$  разбивается на несколько значений и по выражению (4) производится построение кривой надежности  $R = 1 - P$ . При этом необходимо иметь значения нагрузок на систему;

— устанавливается и анализируется зависимость между сроком службы и надежностью механической системы случайного процесса нагружения.

Рассматриваемой механической системой является кран грузоподъемностью 50 тонн, работающий в кислородно-конвертерном цехе металлургического предприятия 260 дней в году. Среднее число циклов совершаемых краном в две смены 600. Нормативный срок службы крана 15 лет. Общее количество циклов работы крана за весь его службы составит 2340000 циклов [1, 5, 6, 8, 9, 10, 11]. Такому распределению нагрузок соответствует режим нагружения Q3 — тяжелый, Q4 — весьма тяжелый.

Результаты расчетов представим в виде графика изменения надежности выходных параметров механической системы на рисунке 1 по годам.

При полученных данных максимальная деформация  $\varepsilon_{max} = 1,276$  в относительных единицах, а действующая нагрузка  $\sigma = 165$  МПа, рабочая деформация  $\varepsilon = 0,786$ .

**Выводы.** Исследуя полученные расчетные и графические результаты случайного процесса на выходе сложной механической системы, можно определить все статистические характеристики распределения и решить задачу о сроке службы несущей конструкции моста металлургического крана. Видно, что при нормативном сроке службы крана 15 лет, работающего в тяжелых и сверхтяжелых условиях, расчеты позволяют принимать положительные решения о продлении его сроков службы или проведении дополнительного обслуживания или обслуживания, что существенно может повлиять на эффективность и безопасность производства.

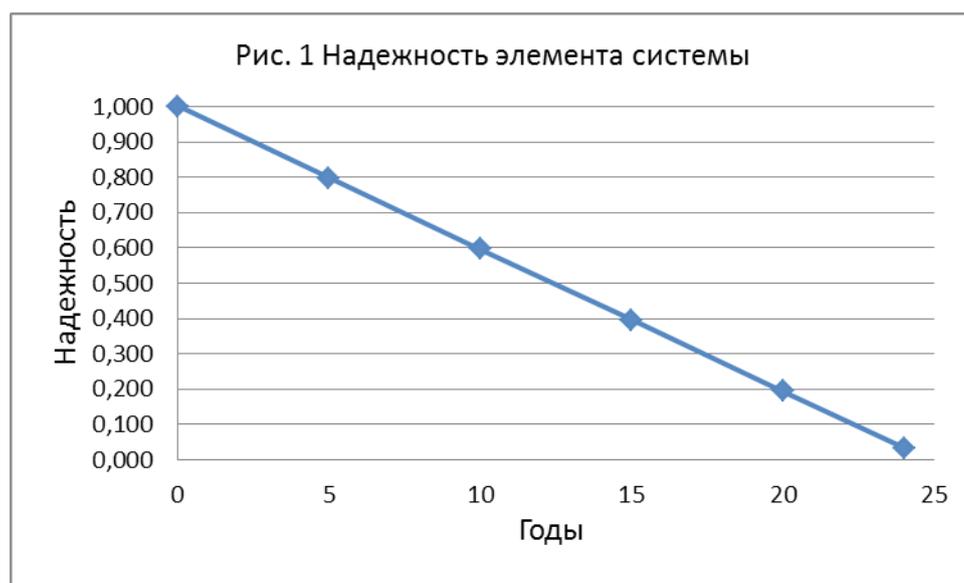


Рис. 1

**Заключение.** Таким образом, принимая допускаемый уровень действующих нагрузок рассматриваемой механической системы приближенно подчиняющимся закону  $\chi^2$ -распределения Пирсона, можно определить вероятность нормального стационарного процесса нагружения. По результатам расчетов можно построить кривую надежности

элементов сложной механической системы, по которой возможно будет судить о долговечности конструкции и сроках службы до следующего технического обслуживания или выхода из строя, что существенным образом может оказать влияние на ее характеристики как на стадии проектирования и построения, так и в процессе эксплуатации.

Литература:

1. Бархоткин, В.В., Извеков Ю.А., Миникаев С.Р. Обзор аварий на крановом оборудовании металлургических производств. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. — Москва, РАЕ, 2013. — №10—1. с. 9—11.
2. Бирюков, М.П. Динамика и прогнозирующий расчет механических систем. «Высшая школа». — Минск, 1980. — 189 с: ил.
3. Извеков, Ю.А. Анализ техногенной безопасности кранового хозяйства России. *Современные наукоемкие технологии*. — Москва, РАЕ, 2012. — №12. с. 18—19.
4. Извеков, Ю.А., Кобелькова Е.В., Лосева Н.А. Анализ динамики и вопросы оптимизации металлургических мостовых кранов. *Фундаментальные исследования*. — Москва, РАЕ, 2013. — №6—2. с. 263—266.
5. Извеков, Ю.А. Риск-анализ оборудования металлургических производств. *Подход, концепция, анализ*. Монография. — Saarbrücken, Deutschland. LAP Lambert, 2013. — 56 с.
6. Извеков, Ю.А. Моделирование прогнозирования риска несущих конструкций кранов металлургического производства. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования*. — Магнитогорск, МГТУ, 2012. №70, Т. 1. с. 6—8.
7. Извеков, Ю.А., Кобелькова Е.В., Лосева Н.А. Аналитическая оценка пластической деформации несущих конструкций металлургических мостовых кранов. — Магнитогорск, МГТУ, 2013. №71, Т. 1. с. 48—51.
8. Извеков, Ю.А. Математическое моделирование оценки упругопластической деформации несущих конструкций механических систем. *Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 октября 2013: в 26 частях. Часть 15; М-во обр. и науки*. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. с. 57—58.
9. Извеков, Ю.А. Прогнозирование надежности несущих конструкций кранов металлургических производств. *Вопросы. Гипотезы. Ответы: Наука XXI века: Коллективная монография*. — Краснодар, 2013. Книга 6, часть 3, глава 9. с. 189—211.
10. Извеков, Ю.А., Кузина Т.Г. Оценка упругопластической деформации на основе метода преобразования вероятностей. *Современные проблемы науки и образования*. — 2013. — №6; URL: [www.science-education.ru/113-10810](http://www.science-education.ru/113-10810) (дата обращения 14.02.2014).

11. Izvekov, Y. A., Dubrovsky V. V., Hamutskikh E. Y. Mathematical Modeling and Calculation of Accuracy and Durability of Mechanical Systems' Elements. World Applied Sciences Journal 30 (1): pp. 32–34, 2014
12. Крылова, Е. А., Извеков Ю. А. О подходе к оценке техногенной безопасности металлургического производства. Успехи современного естествознания. Москва, РАЕ, 2012. — № 6. с. 32–33.
13. Уляков, М. С. Обоснование комбинированного способа подготовки к выемке блочного высокопрочного камня: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2013. 152 с.

## Повышение тепловой эффективности систем солнечного отопления на основе плоских рефлекторов, устанавливаемых с северной стороны здания

Имомов Шухрат Боймаматович, старший преподаватель;  
Мадарова Сурайё Ураловна, студент;  
Файзуллаев Ихтиёр Маликович, ассистент  
Каршинский инженерно-экономический институт (Республика Узбекистан)

Традиционно системы солнечного теплоснабжения имеют южную ориентацию, т. е. сторона здания имеющая теплоприёмник или собственно теплоприёмник (солнечный коллектор или воздухонагреватель) строго ориентируются на юг. В некоторых случаях, с целью повышения плотности поступления солнечной радиации в теплоприёмник, применяются плоские зеркальные рефлекторы, которые также устанавливаются с южной стороны. При последовательности расположения теплоприёмник-рефлектор-солнце в плоскости рефлектора существуют большие углы падения и отражения солнечного излучения, что приводит к значительному снижению плотности поступления солнечного излучения.

С другой стороны, во многих случаях по градостроительным, архитектурным, рельефным и др. причинам южная ориентация здания или собственно теплоприёмника не всегда возможна.

Одним из основных вариантов повышения эффективности систем солнечного теплоснабжения является повышение единичной мощности поступления солнечного излучения в теплоприёмник.

С целью устранения перечисленных ограничений, расширения возможности применения систем солнечного теплоснабжения, увеличения плотности поступления солнечной радиации в теплоприёмник, предлагается система плоских зеркальных рефлекторов, устанавливаемых с северной стороны.

Приёмник солнечного излучения также устанавливается с северной стороны здания, при этом ориентация здания может отклоняться на  $\pm 30^\circ$  от южной ориентации (широтного расположения).

Рассмотрим систему трех рефлекторов, устанавливаемых с северной стороны здания (рис. 1) [1]. Центры симметрии плоских рефлекторов расположены на уровне и симметрично относительно нормали проходящей через центр симметрии светового проёма здания.

Принимаем следующие определяющие геометрические параметры:  $H=4$  м — высота здания, м;  $H_{cn}=2$  м — высота расположения центра симметрии светопроёма, м;  $B=C=1,5$  м — высота и ширина рефлектора, м;  $B_{cn}=C_{cn}=1,5$  м — высота и ширина светопроёма, м.

Введем обозначения, в соответствии с рис. 1:

$L_o$  — расстояние по нормали от светопроёма до центра симметрии плоскости рефлектора, м;

$L_l$  — расстояние между центрами симметрии плоскости рефлекторов;

$A_o$  — азимут Солнца, град;

$i, j$  — углы падения и отражения лучей на плоскости рефлектора, град;

$I$  — угол падения лучей на поверхность светопроёма, град.

Индексы:  $v, z$  — вертикальная и горизонтальная плоскости;

$l, n$  — левый  $I_l$  и правый  $I_n$  рефлекторы.

При принятых параметрах расстояние от светопроёма до центра симметрии плоскости рефлектора, при котором отсутствует затенение зданием плоскости рефлектора за отопительный сезон, составляет  $L_o=5,2$  м.

Расстояние между центрами симметрии плоскости рефлекторов  $L_l=(aa_l)$  определяется значением азимута Солнца  $A_o$ , при котором отсутствует взаимное затенение рефлекторов.

Как видно из рис. 1, в вертикальной плоскости (рис. 1, А) для всех рефлекторов задача будет идентичной, а в горизонтальной плоскости (рис. 1, В) симметричной относительно нормали  $O-O$ .

Для определения расстояния между центрами симметрии плоскости рефлекторов  $L_l$ , при котором отсутствует взаимное затенение рефлекторов, приведём следующие геометрические определения:

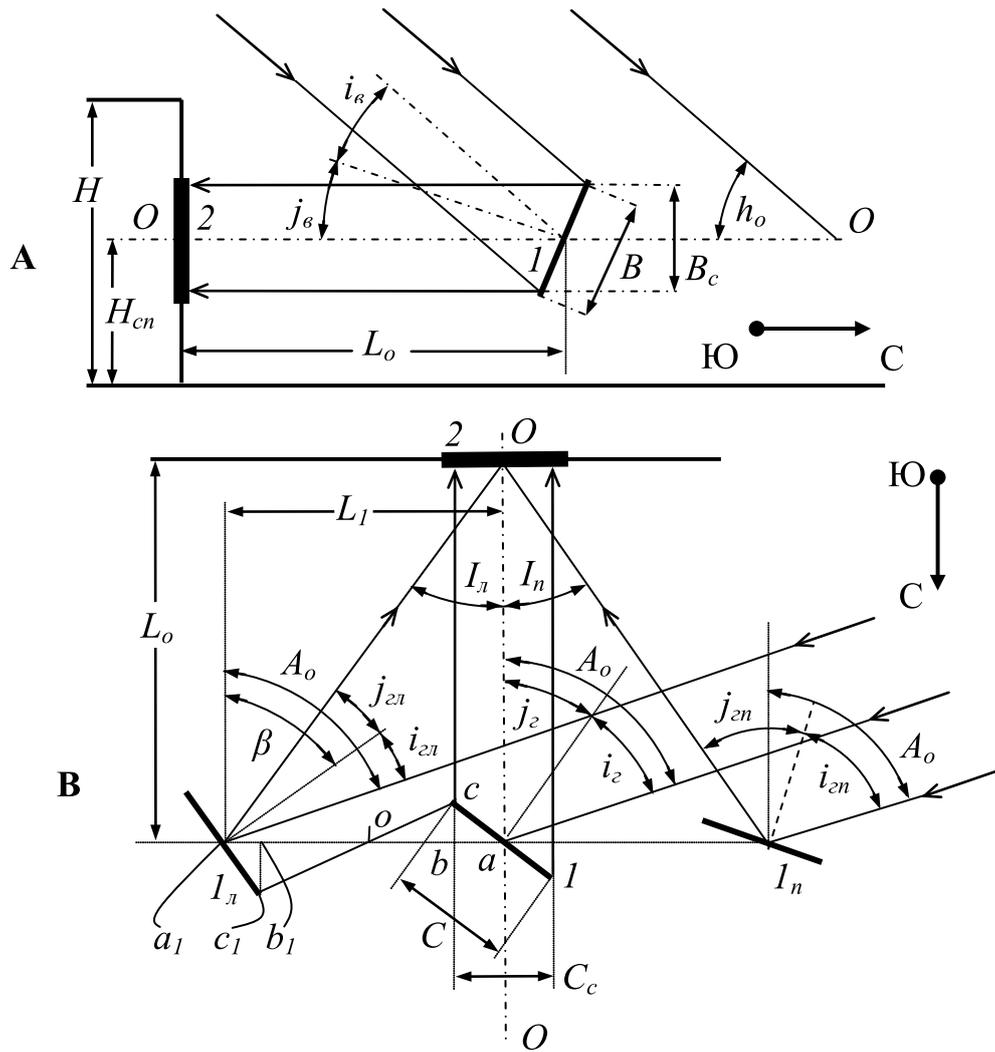


Рис. 1. Схема к расчету взаимного расположения плоских рефлекторов, устанавливаемых с северной стороны здания: А — вертикальная и В — горизонтальная плоскости; 1, 1 л, 1 п — рефлекторы; 2 — световой проем на северной стороне здания

$\beta$  — угол между нормальными к плоскостям рефлектора  $I_l$  и светопроёма, град:

$$\beta = \angle b_1 a_1 c_1 = A_o - i_{2l} = A_o/2 + I_l/2; \tag{1}$$

$\beta_1$  — угол между нормальными к плоскостям рефлектора  $I$  и светопроёма, град:

$$\beta_1 = \angle bac = A_o - i_2 = A_o/2; \tag{1a}$$

$$\angle cob = \angle c_1 o_1 b_1 = 90^\circ - A_o; i_2 = A_o/2; i_{2l} = A_o/2 + I_l/2. \tag{16}$$

Тогда отрезки  $(ba) = C/2 \cos \beta_1 = C/2 \cos(A_o/2)$ ;

$$(ob) = (cb) \operatorname{ctg}(90^\circ - A_o) = (cb) \operatorname{tg} A_o = C/2 \sin(A_o/2) \operatorname{tg} A_o;$$

$$(a_1 b_1) = C/2 \cos \beta = C/2 \cos(A_o/2 + I_l/2);$$

$$(b_1 o) = (c_1 b_1) = \operatorname{ctg}(90^\circ - A_o) = C/2 \sin \beta \operatorname{tg} A_o = C/2 \sin(A_o/2 + I_l/2) \operatorname{tg} A_o. \tag{2}$$

На основании принятых геометрических определений, получим расстояние между центрами симметрии плоскостей рефлекторов:

$$\begin{aligned} L_1 &= (a_1 b_1) + (b_1 o) + (ob) + (ba) = \\ &= C/2 [\cos(A_o/2 + I_l/2) + \sin(A_o/2 + I_l/2) \operatorname{tg} A_o + \sin(A_o/2) \operatorname{tg} A_o + \cos(A_o/2)]. \end{aligned} \tag{3}$$

После преобразований получим:

$$L_1 = C/2 [\cos(I_l/2) Y_1 - \sin(I_l/2) Y_2 + Y_1]; \tag{4}$$

$$\text{где } Y_1 = \cos(A_o/2) + \sin(A_o/2) \operatorname{tg} A_o; Y_2 = \sin(A_o/2) - \cos(A_o/2) \operatorname{tg} A_o. \tag{5}$$

С другой стороны

$$L_1 = L_o \operatorname{tg} I_l. \tag{6}$$

В выражениях (5) принимается значение  $A_o = A_{onm}$  — при котором отсутствует взаимное затенение рефлекторов:  $A_{onm}$  — предельное оптимальное значение азимута Солнца, град.

Высота Солнца

$$\sin h_o = \sin \varphi \sin \delta_o + \cos \varphi \cos \delta_o \cos \tau_o. \quad (7)$$

Азимут Солнца

$$\sin A_o = \frac{\cos \delta_o \sin \tau_o}{\cosh_o}; \cos A_o = \frac{\sinh_o \sin \varphi - \sin \delta_o}{\cosh_o \cos \varphi}. \quad (8)$$

где  $\varphi$  — географическая широта местности, град;  $\delta_o$ ,  $h_o$  — склонение и высота Солнца, град;  $\tau_o$  — часовой угол, град.

Угол падения лучей на поверхность рефлектора [2]

$$\cos i = \sin h_o \cos \alpha + \sin \alpha \cosh_o \cos(A_o - A_p); \quad (9)$$

$\alpha$  — угол наклона плоскости рефлектора относительно горизонтали, град;

$A_p$  — азимут проекции нормали к плоскости рефлектора на горизонтальную плоскость, град.

Значения  $A_o$ ,  $A_p$  — отсчитываются от плоскости меридиана и принимаются положительными при отсчете от точки юга в направлении часовой стрелки.

Время облученности поверхности

$$\tau_1 = 2 \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta_o). \quad (10)$$

Для рефлектора  $I$  (рис. 1,В) углы падения лучей на плоскость рефлектора в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

$$i_b = h_o/2; i_z = h_o/2. \quad (11)$$

Угловая скорость вращения вертикальной  $\omega_b$  и горизонтальной  $\omega_z$  осей симметрии плоскости рефлектора  $I$ :

$$\omega_b = \Delta i_z / \Delta \tau = \Delta A_o / (2 \Delta \tau); \omega_z = \Delta i_b / \Delta \tau = \Delta h_o / (2 \Delta \tau). \quad (12)$$

где  $\tau$  — время, ч, град.

Высота и ширина солнечного пятна на светопроеме

$$B_c = B \cos i_b = B \cos(h_o/2); C_c = C \cos i_z = C \cos(A_o/2). \quad (13)$$

Поток прямой солнечной радиации падающей  $S_{nd}$  на поверхность рефлектора и прошедшей  $S_{np}$  через светопроем:

$$S_{nd} = S_{\perp} F_p \cos i; S_{np} = S_{\perp} F_{cn} K R; \quad (14)$$

$S_{\perp}$  — поток прямой солнечной радиации на перпендикулярную лучам поверхность, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_{cn}$ ,  $F_p$  — площади светопроема и рефлектора, м<sup>2</sup>.

$K$  — коэффициенты светопропускания прямой солнечной радиации светопроемом;

$R$  — коэффициент зеркального отражения поверхности рефлектора.

Значения  $R$  и  $K$  определяются по методике, приведенной в [3]

$$R = \rho_s + \rho_r (1 - \rho_s)^2 (1 - \gamma_g)^2 \frac{1 - \rho_r \rho_s}{1 - \rho_r^2 \rho_s^2 (1 - \gamma_g)^2}; \quad (15)$$

$\rho_s$  — коэффициент отражения прямой солнечной радиации на поверхности стекла;

$\rho_r$  — коэффициент зеркального отражения рефлектора;

$\gamma_g$  — коэффициент поглощения стекла;

Для двухслойного остекления с воздушной прослойкой [3]

$$K = K_{np} + K_{nl} \frac{(1 - \rho_s)^4 (1 - \gamma_g)^2}{[1 - \rho_s^2 (1 - \gamma_g)^2]^2} - 1; \quad (16)$$

$$\rho_s = \frac{1}{2} \left[ \frac{\sin^2(f_i - i_i)}{\sin^2(f_i + i_i)} + \frac{\operatorname{tg}^2(f_i - i_i)}{\operatorname{tg}^2(f_i + i_i)} \right]; \quad (17)$$

$$\gamma_g = 1 - \exp(-k d_i / \cos f_i); f_i = \arcsin(\sin i_i / n). \quad (18)$$

$K_{np}$ ,  $K_{nl}$  — коэффициенты светопропускания прямой солнечной радиации переплетом, загрязнением и пылью;  $f$  — угол преломления в стекле, град;  $k$  — коэффициент ослабления солнечного излучения при прохождении через стекло;  $d$  — толщина слоя стекла, м;  $n$  — коэффициент преломления излучения стеклом относительно воздуха.

Значения  $i_i$  и  $d_i$  принимаются отдельно для рефлектора и светопроема. Для рефлектора  $I_r$  (рис. 1,В) углы падения лучей на плоскость рефлектора в вертикальной и горизонтальной плоскостях

$$i_{br} = i_b = h_o/2; i_{zr} = (A_o - I_r)/2. \quad (19)$$

Угловая скорость вращения вертикальной  $\omega_{br}$  и горизонтальной  $\omega_{zr}$  осей симметрии плоскости рефлектора  $I_r$ :

$$\omega_{br} = \Delta i_{zr} / \Delta \tau = \Delta(A_o - I_r) / (2 \Delta \tau); \omega_{zr} = \Delta i_{br} / \Delta \tau = \Delta h_o / (2 \Delta \tau). \quad (20)$$

Высота  $B_{cl}$  и ширина  $C_{cl}$  солнечного пятна на светопроеме

$$B_{cl} = B \cos i_{br} = B \cos(h_o/2); C_{cl} = C \cos i_{zr} = C \cos[(A_o - I_r)/2]. \quad (21)$$

Для рефлектора  $I_n$  (рис. 1,В) углы падения лучей на плоскость рефлектора в вертикальной и горизонтальной плоскостях

$$i_{bn} = i_b = h_o/2; i_{zn} = (A_o - I_n)/2. \quad (22)$$

Угловая скорость вращения вертикальной  $\omega_{bn}$  и горизонтальной  $\omega_{zn}$  осей симметрии плоскости рефлектора  $I_n$ :

$$\omega_{an} = \Delta i_{zn} / \Delta \tau = \Delta(A_o + I_n) / (2\Delta\tau); \omega_{zn} = \Delta i_{bn} / \Delta \tau = \Delta h_o / (2\Delta\tau). \tag{23}$$

Высота  $B_{cn}$  и ширина  $C_{cn}$  солнечного пятна на светопроеме  
 $B_{cn} = B \cos i_{bn} = B \cos(h_o/2)$ ;  $C_{cn} = C \cos i_{zn} = C \cos[(A_o - I_n)/2]$ . (24)

Поток прямой солнечной радиации падающей на поверхности рефлекторов  $I_a$  и  $I_n$  и прошедшей через светопроем определяется по формулам (14)-(18). Тепловая эффективность рефлекторов определяется соотношением [3]

$$\eta = S_{np} / S_{nd} = R K \mu; \mu = F_c / F_p. \tag{25}$$

$F_c$  — площади солнечного пятна на светопроеме, м<sup>2</sup>.

Рассмотрим тепловую эффективность рефлекторов за 21 декабря — день зимнего солнцестояния. Принимая  $h_o = 10^\circ$ , как предельное значение высоты Солнца, после которого принято считать прямое солнечное излучение не эффективным [4], устанавливается предельное значение азимута Солнца  $A_{onm}$ , при котором отсутствует взаимное затенение рефлекторов. Так как при  $h_o = 10^\circ$  азимут Солнца составляет  $A_o = 59,4^\circ$ , для расчетов за эффективное предельное значение можно принять  $A_{onm} = 60^\circ$ . При  $L_o = 5,2$  м получим  $L_f = 2,7$  м;  $I_a = I_n = 27,8^\circ$ . Относительно  $\tau_o = 0$  задача является симметричной — до полудня и после полудня.

Значения прямой солнечной радиации  $S_{\perp}$  для условий г. Карши ( $\varphi = 39^\circ$ ) приняты по средним многолетним актинометрическим данным [5].

На рис. 2–4 приведены дневное изменение падающей и прошедшей прямой солнечной радиации и тепловой эффективности рефлекторов, при  $d_{cn} = 0,003$  м (два слоя остекления светопроема);  $d_p = 0,004$  м;  $k = 18$  м<sup>-1</sup>;  $\rho_r = 0,92$ ;  $n = 1,526$ ;  $K_{np} = 0,86$ ;  $K_{n,a} = 0,94$  [3,6,7].

Анализ полученных результатов показывает, геометрия установки и тепловая эффективность рефлекторов  $I_a$  и  $I_n$  зависит от выбора предельного значения  $A_o = A_{onm}$ .

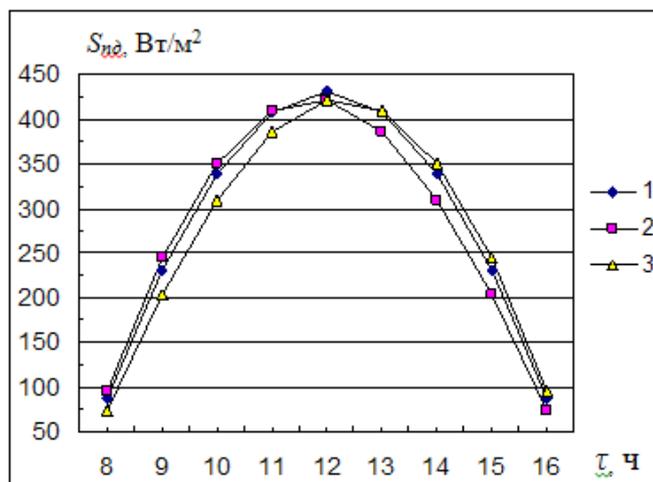


Рис. 2. Изменение прямой солнечной радиации  $S_{нд}$  (Вт/м<sup>2</sup>), падающей на поверхность рефлекторов (21 декабря):  
 1 –  $I_a$ , 2 –  $I_n$ , 3 –  $I_n$  рефлекторы

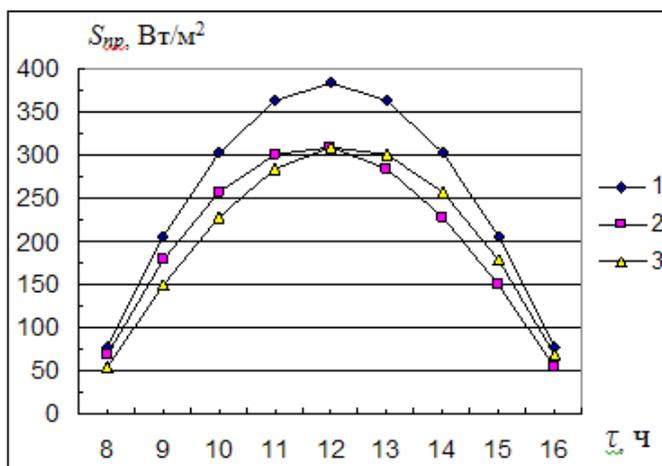


Рис. 3. Изменение прямой солнечной радиации  $S_{пр}$  (Вт/м<sup>2</sup>), прошедшей через светопроем (21 декабря):  
 1 –  $I_a$ , 2 –  $I_n$ , 3 –  $I_n$  рефлекторы

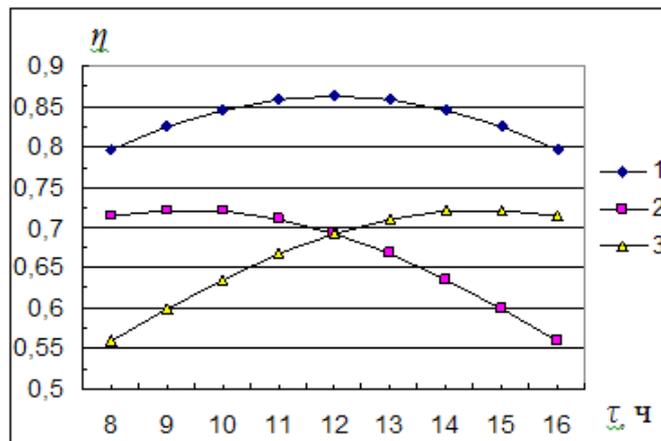


Рис. 4. Изменение тепловой эффективности рефлекторов  $\eta$  (21 декабря): 1 – 1, 2 – 1<sub>н</sub>, 3 – 1<sub>н</sub> рефлекторы

В целом, предлагаемый вариант применения систем плоских рефлекторов, устанавливаемых с северной стороны здания с системой солнечного теплоснабжения, позволяет увеличить плотность поступления солнечной радиации в теплоприемник в 1,5...2 раза; обеспечить экономию топлива на 55...66% затрачиваемых на отопление и 52...75% на горячее водоснабжение, расширяет область применения систем солнечного теплоснабжения для зданий с различной ориентацией, вносит вклад в решении энергетических, экологических и социально-экономических задач.

Повышение плотности поступления солнечной радиации в теплоприемник требует разработки новой системы теплоснабжения на основе аккумуляторов тепла. Необходимо теоретическое обоснование и разработка методики оптимизации конструктивной, технологической схемы комбинированной системы: плоские рефлекторы — теплоприемник — аккумулятор тепла — системы теплоснабжения и горячего водоснабжения. Системы теплоснабжения для отопления могут быть как водяными, так и воздушными; а для горячего водоснабжения — могут быть водо-водяными или воздушно-водяными.

#### Литература:

1. Имомов, Ш. Б., Ким В. Д., Хайридинов Б. Э. Затенение плоских рефлекторов в пассивных системах солнечного отопления. // Гелиотехника 2003. №2. с. 50–53.
2. Кондратьев, К. Я. Радиационный режим наклонных поверхностей. — Л.: Гидрометиздат. 1978. — 212 с.
3. Дусяров, А. С., Авезов Р. Р., Авезова Н. Р. Дневной ход тепловой эффективности пассивных систем солнечного отопления, снабженных плоскими рефлекторами. // Гелиотехника. 2001. №3. с. 60–65.
4. Зоколей, С. Солнечная энергия и строительство. — М.: Стройиздат. 1979. — 208 с.
5. Ким, В. Д., Хайридинов Б. Э., Холлиев Б. Ч. Радиационные и метеорологические режимы Кашкадарьинской области. — Карши.: СамГУ. 2000. — 73 с.
6. Даффи Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. — М.: Мир. 1977. — 420 с.
7. Байрамов, Р. Б., Ушакова А. Д. Солнечные водонагревательные установки. — Ашхабат.: Ёлым. 1987. — 168 с.

## Определение содержания свободной и связанной влаги в тесте с добавлением крипротекторов

Кенийз Надежда Викторовна, ассистент

Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

Важным компонентом пищевой пирамиды, всегда остаются хлебобулочные изделия. Потребители хлебобулочных изделий предпочитают свежеспеченные изделия, в любое время суток, в широком ассортименте, произведенные традиционным способом, обладающие полезными свойствами, гипоаллергенные, а самое главное — вкусные. Но возникают проблемы с удовлетворением данного спроса — квалифицированные кадры и дорогостоящие торговые площади и решением этой проблемы являются «полуфабрикатные технологии». Но при замораживании хлебобулочных полуфабрикатов, возникает проблема, связанная с жизнеспособностью дрожжевых клеток [1, с. 50].

Вода является неотъемлемой частью теста и от состояния влаги, находится она в связанном или свободном состоянии, напрямую зависит состояние дрожжевых клеток. С целью определения состояния влаги в тесте, был проведен ЯМР-тест, который проводился во Всероссийском научно-исследовательском институте масличных культур имени В. С. Пустовойта, в отделе физических методов исследований совместно с доктором технических наук С. М. Прудниковым, на приборе ЯМР-анализатор АМВ-1006М [2, с. 69, 3, с. 37].

В основе метода ЯМР-спектроскопии лежит определение величины времени протонной магнитной релаксации. Релаксация — это переход между энергетическими состояниями, восстанавливающий обычное больцмановское распределение. Такой переход, как правило, не сопровождается радиочастотным излучением. Существуют различные типы и механизмы релаксации [4, с. 20, 5, с. 255].

На исследуемое вещество, находящееся в магнитном поле, через определенные промежутки времени накладывают кратковременные электромагнитные импульсы в области резонансного поглощения, а в приемной катушке появляется сигнал спинового эха, максимальная амплитуда которого связана со временем перехода ядра водорода из возбужденного состояния, в нормальное. Время протонной магнитной релаксации позволяет судить о подвижности молекул воды в исследуемом образце [5, с. 257].

При поглощении ядром кванта электромагнитного излучения оно переходит на более высокий энергетический уровень — т. е. имеет место поглощение излучения, которое регистрируется ЯМР-спектрометром. Поглощение электромагнитного излучения происходит не точно при определенной частоте, а в пределах некоторого интервала частот — т. е. реальные линии поглощения в спектрах ЯМР являются уширенными.

В трубку для измерения ЯМР помещали пробирку с равномерно распределенным образцом и сразу измеряли спин-спиновую релаксацию протонов  $T_2$  в диапазоне 0,1–150 мс. Проводилось исследование водопоглотительной способности теста, в различных вариантах: после замеса, через 15 мин и через 30 мин после замеса. Исследовались по четыре образца: контроль, с добавлением пектина, сорбита и фруктозы в каждом варианте [4, с. 20, 6, с. 32].

Получаемые данные обрабатывали по уравнению с несколькими экспонентами, методом наименьших квадратов с использованием средневзвешенных значений. Экспериментальные огибающие сигналов спиного эха протонов исследуемых образцов описывали многоэкспоненциальными функциями и определяли значения времен спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ) и амплитуд сигналов ЯМР(A).

На основании анализа, характера зависимостей спадов интегральной интенсивности протонов воды, в исследуемых образцах определяли группы протонов воды с различными значениями времени спин-спиновой релаксации:  $T_{21} = 0,1–10$  мс ( $W_1$ ),  $T_{22} = 10–100$  мс ( $W_2$ ),  $T_{23} = 100–500$  мс ( $W_3$ ), которые рассматривали как фракции влаги с различной прочностью связи. Выделенные формы связи влаги в исследуемых образцах были охарактеризованы как  $W_1$  — осмотически удерживаемая, связанная влага,  $W_2$  — влага слабосвязанная полезная (обеспечивает оптимальную консистенцию теста),  $W_3$  — влага слабосвязанная избыточная (которая при понижении температуры образует кристаллы) [7, с. 68].

Характер зависимостей спадов интегральной интенсивности протонов воды, в образцах теста анализируемых после замеса, через 15 и через 30 мин представлены на рисунке 1 (а, б, в).

Было установлено, что поглощение воды, в тесте с добавлением пектина, идет интенсивнее в сравнение с контролем, фруктозой и сорбитом [8, с. 95, 9, с. 93]. Связывание влаги, в случае добавления пектина при замесе теста, начинается впервые минуты после замеса теста. В случае добавления сорбита, связывание влаги начинается через 15 мин после замеса теста и в образце с фруктозой через 30 мин. Полученные результаты доказывают, что пектин, внесенный в тесто, обладает лучшей водопоглотительной способностью, в сравнении с контролем, сорбитом и фруктозой. Такой результат по ВПС показывает преимущество пектина по сравнению с другими крипротекторами, так как влага в связанном состоянии препятствует образованию кристаллов льда, что предотвращает гибель дрожжевых клеток.

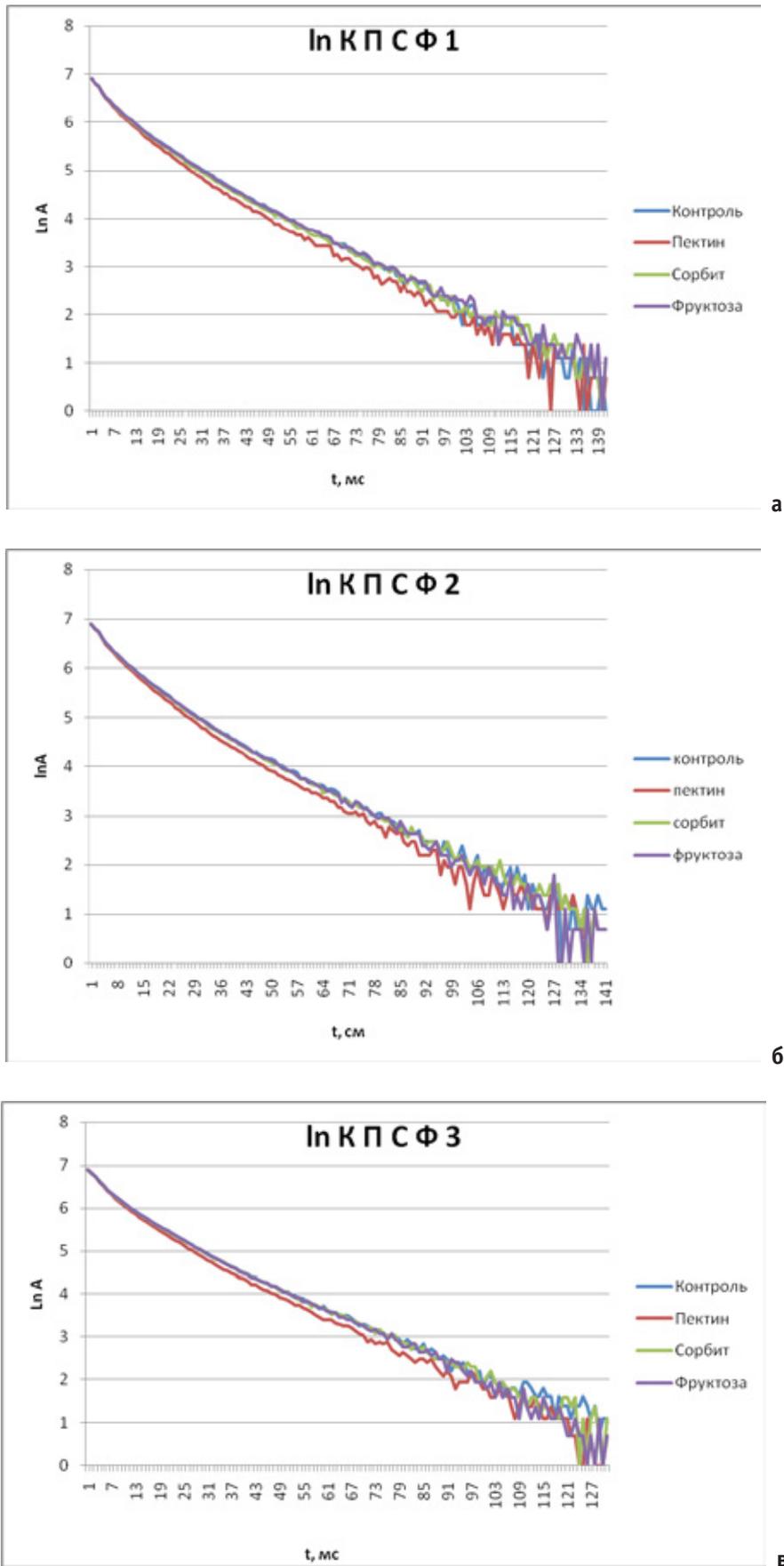


Рис. 1. а) водопоглотительная способность теста после замеса с добавлением пектина, сорбита, фруктозы, б) водопоглотительная способность теста через 15 мин после замеса с добавлением пектина, сорбита, фруктозы, в) водопоглотительная способность теста через 30 мин после замеса с добавлением пектина, сорбита, фруктозы

Из рисунка 1 (в) видно, что в случае добавления в тесто криопротекторов, влага в системах находится преимущественно в  $W_1$  — форме и  $W_2$  — форме в отличие от контрольного образца, где свободной влаги содержится до 15%, через 30 мин после замеса, что является нежелательным фактором при замораживании теста.

Литература:

1. Сокол, Н. В. Биологическая и пищевая ценность хлеба с пектином из муки сорта веда/Н. В. Сокол // Новые технологии. 2009. — №4. — с. 49–52.
2. Антиоксидантная пищевая добавка из ягодной кожуры красного винограда/Садовой, В. В., Щедрина, Т. В., Шлыков, С. Н., Трубина, И. А., Селимов, М. А. // Пищевая промышленность. — 2013. №12. — с. 68–70.
3. Сокол, Н. В. Пектиновые вещества как улучшитель хлебопекарных свойств муки и качества хлеба/Н. В. Сокол // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. — №4. — с. 37–38.
4. Кенийз, Н. В., Сокол, Н. В. Разработка технологии хлебобулочных полуфабрикатов с применением криопротектора/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Новые технологии. — 2013. — №1. — с. 19–24
5. Kenijz, N. V., Sokol, N. V. Pectic substances and their functional role in bread-making from frozen semi-finished products/N. V. Kenijz, N. V. Sokol // European Online Journal of Natural and Social Sciences. — 2013. — Т. 2. №2. — с. 253–261
6. Нестеренко, А. А., Решетняк, А. И., Потокина, Ю. В., Потрясов, Н. В. Использование пектина в производстве мясопродуктов/А. А. Нестеренко, А. И. Решетняк, Ю. В. Потокина, Н. В. Потрясов // Вестник НГИЭИ. — 2012. №8. — с. 30–36.
7. Кенийз, Н. В. Влияние пектина как криопротектора на водопоглотительную способность теста и дрожжевые клетки/Н. В. Кенийз // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2013. — Т. 3. №29. — с. 67–69.
8. Кенийз, Н. В., Сокол, Н. В. Влияние дефростации в технологии хлеба из замороженных полуфабрикатов на качество готового продукта/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Вестник НГИЭИ. — 2011. — Т. 2. №2 (3). — с. 92–101.
9. Кенийз, Н. В., Сокол, Н. В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2011. №2–2. — с. 92–94.

## Дифракция упругих волн на подземном трубопроводе

Киямов Шавкат Фазлиддинович, старший преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*Задачи дифракция упругих волн многониточное трубопроводе решается с помощью метода теории потенциалов. Получено численное решение.*

*Problems diffraction of elastic waves многониточное the pipeline dares by means of a method of the theory of potentials. The numerical decision*

Двухниточные трубопроводы имеют широкие распространения в мелиоративном и гидротехническом строительстве. В работах [1], [2] изучалась стационарная дифракция сейсмических Р- волн сжатия, SV-и SH- волны сдвига на подземном двух ниточном и многониточном трубопроводах. Основываясь на этих решениях, можем теперь решить задачу о нестационарной дифракции сейсмических волн на двух ниточном трубопроводе. Учитывая неустановившееся движение и пренебрегая массовыми силами, получим следующую систему уравнений для потенциалов  $\varphi$  и  $\psi$  [1].

$$\Delta\varphi_n - \frac{1}{c_{pn}^2} \frac{\partial^2 \varphi_n}{\partial t^2} = 0, \quad \Delta\psi_n - \frac{1}{c_{sn}^2} \frac{\partial^2 \psi_n}{\partial t^2} = 0; \quad n = 1, 2, 3 \quad (1)$$

где  $c_{pn}$  и  $c_{sn}$  — скорости распространения волн сжатия и сдвига; значения индекса  $n=1, 2, 3$  соответствуют грунту, трубам, и жидкости внутри труб, при этом  $\psi_3=0$ . Согласно [2] решение задачи нестационарной дифракции (1) может быть представлено в виде суперпозиции решений задачи стационарной дифракции [2]

$$\Delta\varphi_r + \alpha_n^2 \varphi_n = 0; \Delta\psi_n + \beta_n^2 \psi_n = 0, \tag{2}$$

Где  $\alpha_n^2 = \frac{w^2}{Cp_n^2}$  и  $\beta_n^2 = \frac{w^2}{C_{Sn}^2}$  — волновые числа,  $\beta_3=0$ ;

$C_{pn}^2 = [(\lambda_n + 2\mu_n)/\rho_n]^{1/2}$ ;  $C_{Sn}^2 = (\mu_n/\rho_n)^{1/2}$ ,  $\lambda_n$  и  $\mu_n$  — постоянные параметры Ляме,  $\rho_n$  — плотность материала.

В [1] для случая падения  $P_k$ -  $SV$ - и  $SH$ - волн перпендикулярно к оси двух ниточного трубопровода получено асимптотическое решение уравнения (2) в биполярных координатах. На основе этого решения с учетом положений [2] имеем следующие:

$$\varphi^{(nad)} = \sum_{K=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} A_{kj} E_j J_k(\alpha_{1k}^* t^*) \cos j\tau \cdot \exp(-iw_k t),$$

Где  $A_i = a_i / (-iw_k^2)$ ;  $a_k = (1/T) \int_{-T}^T f(t) \sin w_k t$ ,

где  $a_k$  — коэффициент Фурье, определяющий форму волны для произвольного интервала времени  $T$ ;  $w_k$  — частота к той форме  $w_k = k\pi/T$  ( $k=1, 2, \dots$ );  $f(t)$  — акселерограмма сейсмической волны на интервале  $[0, T]$ ;  $\epsilon_0=1$ ;  $\epsilon_k=2$ ;  $Z_n$  — функция Бесселя первого рода;  $\alpha_{1k}^* = \alpha_{1k}$  для  $p$  — волны и  $\alpha_{1k}^* = \beta_{1k}$  для  $SV$ - и  $SH$ -волн. Потенциалы волн, отраженных от труб в грунт с учетом условий Зоммерфельда [1] имеют вид:

$$\varphi^{(S)} = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} A_{kj} H_k^{(1)}(\alpha_{ik} t^*) \cos n\theta \exp(-iw_k t) \tag{3}$$

$$\varphi^{(S)} = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} B_{kj} H_k^{(1)}(\beta_{ik} t^*) \sin k\theta \exp(-iw_k t)$$

где  $H_k^{(1)}$  — функция Ханкеля первого рода  $k$ -го порядка. Суммарные потенциалы волн в грунте в случае падения соответственно  $P$ -,  $SV$ -,  $SH$ - волн:

$$\varphi_l = \varphi^{(nad)} + \varphi^{(S)}; \psi_l = \psi^{(S)} \text{ или } \varphi_l = \varphi^{(5)}; \psi_l = \psi^{(nad)} + \psi^{(S)}.$$

Потенциалы волн в трубах запишутся следующим образом

$$\varphi_2 = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} [C_{kj} H_k^{(1)}(\alpha_{2k} t^*) + D_{kj} H_k^{(2)}(\alpha_{2k} t^*)] \cos k\theta l^{-iw_k t} \tag{4}$$

$$\varphi_2 = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} [M_{kj} H_k^{(1)}(\beta_{2k} t^*) + L_{kj} H_k^{(2)}(\beta_{2k} t^*)] \sin k\theta l^{-iw_k t}$$

Где  $H_k^{(2)}$  — функция Ханкеля второго рода.

В случае падения  $SH$  — волны сдвига в (4) останется только потенциалы  $\psi_2$ . Потенциал скоростей жидкости

$$\varphi_3 = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} F_{kj} J_k(\alpha_{3k} t^*) \cos k\theta e^{-iw_k t}.$$

Краевые условия имеет следующий вид: на внешнем контуре труб условия идеального контакта с грунтом.

$$r = r_1; u_{r1} = u_{r2}; u_{\theta1} = u_{\theta2}; \sigma_{rr1} = \sigma_{rr2}$$

на внутреннем контуре труб при начальных жидкости

$$r = r_2; u_{r2} = u_{r3}; \sigma_{rr2} = \sigma_{rr3}; \sigma_{r\theta2} = 0.$$

Для решения поставленной задачи использовался принцип суперпозиции. Решение (1) определяет реакцию подземных труб на последовательность нестационарных импульсов. Пусть время покоя (промежуток между импульсами) достаточно велико для того, чтобы трубы смогли вернуться в недеформированное состояние. Тогда, производя отсчет времени с момента прохода импульса (т.е., переходя к новой временной переменной  $t^* = t - t_0$ ), определим реакцию первоначально недеформированных труб на действие одного импульса. Для численной реализации полученных формул составлена программа на языке C++.

В этом случае окружное напряжение на поверхности трубопровода сводится к следующему:

$$\sigma_{\theta\theta}(R_i, \theta, t) = \frac{-4}{\pi} \beta^2 \mu \varphi_0 \left(1 - \frac{1}{R^2}\right) *$$

$$* \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \epsilon_n H_n^{(1)}(\alpha r_o) \bar{T}_n \cos n D e^{-i\omega t},$$

$$z\partial e \bar{T}_m = T_m(R_1) = [\alpha_1 R_1 H_{n-1}(\alpha_1 R_1) - H_{n-1}(\alpha_1 R_1) + Q_n(\beta_1 R_1)]^{-1}$$

$$Q_n(\beta_1 R_1) = \frac{(n^3 - n + \frac{1}{2}\beta^2 R_1^2)\beta_1 R_1 H_{n-1}(\beta_1 R_1) - (n^2 + n - \frac{1}{4}\beta_1^2 R_1^2)\beta^2 R_1^2 H_n^{(1)}(\beta_1 R_1)}{(n^2 - 1)\beta_1 R_1 H_n^{(1)}(\beta_1 R_1) - (n^2 - n + \frac{1}{2}\beta^2 R_1^2)H_n^{(1)}(\beta_1 R_1)}$$

$$z\partial e \quad R^2 = C_{p1}^2 / C_{S1}^2$$

Коэффициент концентрации напряжения  $\sigma_{\theta\theta}^*$  здесь определяется как отношение  $\sigma_{\theta\theta}$  к  $\sigma_{\theta\theta}$  возникало бы в той же точке при условии отсутствия полости.

$$\sigma_{\theta\theta}^* \Big|_{r=R_1} = \frac{\sigma_{\theta\theta} \Big|_{r=R_1}}{\sigma_{\bar{r}\bar{r}} \Big|_{r=R_1}},$$

где  $\sigma_{\bar{r}\bar{r}}$  определяется как функции  $\varphi^{(p)}$  в виде

$$\sigma_{\bar{r}\bar{r}} = i \pi \varphi_0 \mu \alpha^2 [H_2^{(1)}(\alpha \bar{r}) + (1-R^2)H_0^{(1)}(\alpha \bar{r})] e^{-i\omega t}$$

Анализ полученных результатов показывает, что динамическое давление грунта на трубы  $\sigma_{rr}^A$  практически сразу после начального момента времени набирает максимального значения, превышающее на 20% значение  $\sigma_0$  импульса падающей волны).

Затем с течением времени это давление снижается до значение  $\sigma_0$  и сохраняется до момента времени  $t = \Delta T / 2$ , после чего идет практически моментальное снижение  $\sigma_{rr}^A$  сначала до нуля, а затем и до небольших отрицательных значений, не превышающих  $13-16\sigma_0$ , далее принимает малые положительные значение и полностью затухает к моменту времени  $t = \Delta T$ .

Полученные численные результаты позволяют делать следующие выводы.

При сейсмическом воздействии взаимное влияние железобетонных труб многониточной укладки имеет место при расстоянии между ними  $d > 4,0D$  и приводит к увеличению максимального динамического давления грунта на них по сравнению с одиночной трубой (явление местного резонанса) на 5–10%.

Появление резонанса в многониточных трубах можно избежать, если выбирать расстояние между ними некратным, длине падающей сейсмической волны. Это явление резонанса является особенностью многониточного трубопровода и не может возникнуть в трубопроводе, уложенном в одну нитку.

Максимальное статическое давление грунта ( $\sigma_{max}$ ) на трубы, уложенные в несколько ниток на расстоянии в свету  $d, 3,0D$  друг от друга, меньше, чем на одиночную трубу в среднем на 10% для крайней трубы и на 20% для средней. При этом величина  $\sigma_{max}$  возрастает с ростом параметра  $d$ , имея минимум при  $d=0$  (трубы, уложенные вплотную) и максимум при  $d=3,0B$ , совпадающий с соответствующим значением для одиночной трубы.

Давление  $\sigma_{max}$  убывает с ростом коэффициента Пуассона  $\nu$  грунта. Наибольшее значение величины  $\sigma_{max}$  соответствует опиранию на фундамент, наименьшее — на спрофилированное основание с большим углом охвата. Давление  $\sigma_{max}$  на крайнюю трубу и на среднюю трубу практически не зависит от числа ниток.

Литература:

1. Базаров, М. Б., Сафаров И. И., Шокин Ю. М. Численное моделирование колебаний диссипативно — неоднородных и однородных механических систем. — Новосибирск, Сибирское отд. РАН, 1996. — 189 с.
2. Каюмов, С. С., Сафаров И. И., Распространение и дифракция волн в диссипативно-неоднородных цилиндрических деформируемых механических системах. — Тошкент: Фан, 2004, — 215 с.

## Исследование сепараторного устройства для утилизации попутного нефтяного газа на месторождении Кенлык

Койшыбаев Адилет Дауренович, магистрант  
Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева (г. Алматы)

*Приведены данные по использованию сепараторного устройства в установках подготовки попутного нефтяного газа непосредственно на месте добычи. Приведен сравнительный анализ рабочих параметров сепаратора.*

В настоящее время, несмотря на все возрастающую потребность в газообразном топливе и ценном углеводородном сырье, получаемого из нефтяного попутного газа, значительная его доля сжигается на газовых факелах.

Комплексным решением этого вопроса, является полная утилизация попутных газов, при этом согласно поправкам, внесенным в Закон РК «О нефти», с 1 января 2005 года запрещено сжигать попутный газ в факелах, в исключительных случаях допускается с разрешения уполномоченного органа по использованию и охране недр и по согласованию с центральным исполнительным органом Республики Казахстан в области охраны окружающей среды сжигание попутного и (или) природного газа при испытании скважин и попутного газа при пробной эксплуатации месторождений с общим сроком, не превышающим трех лет.

Для решения проблемы утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) на месторождении Кенлык был построен установка подготовки газа (УПГ) «Кенлык», в результате чего ПНГ используется в целях получения электроэнергии для нужд нефтепромысла (газотурбинная установка) и то-

варного продукта, виде сжиженного углеводородного газа, оставшуюся часть сухого газа сжигают на факелах.

Цель работы — совершенствование технологии процесса сепарации газа за счет внедрения комплекса технологических и конструктивных решений.

Задача проектной работы — увеличить эффективность работы УПГ: увеличить производительность товарного продукта и уменьшить сброс газа на факел.

Согласно разработанной программе, утилизация газа ведется путем использования газа на технологические нужды, при этом излишки газа будут сжигаться на факеле, уменьшающиеся с каждым годом.

По технологической схеме УПГ попутный нефтяной газ после прохождения компрессоров сырьевого газа поступают в Трехфазный сепаратор.

Трехфазный сепаратор представляет собой емкостной аппарат, расположенный горизонтально. Основное назначение трехфазного сепаратора — это отделение образованного в процессе сжатия газа конденсата. С верха Трехфазного сепаратора выходит газ (2), а конденсат направляется в бензиновую емкость. Третья фаза (водная) направляется в дренажную емкость периодического опорожнения.

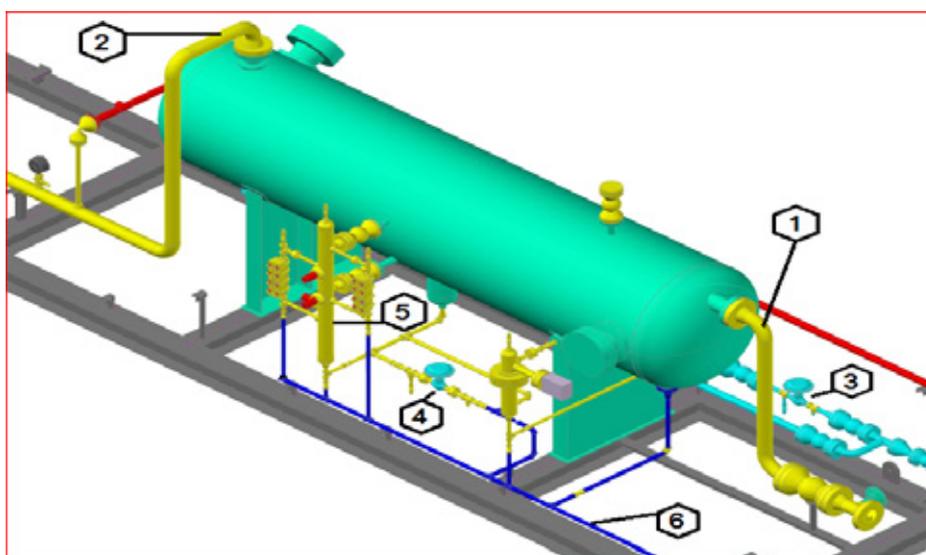


Рис. 1. Трехфазный сепаратор: 1 — вход ПНГ в сепаратор; 2 — выход газа; 3 — клапан регулятор уровня конденсата; 4 — клапан регулятор уровня воды; 5 — указатель уровня жидкости; 6 — дренажная линия

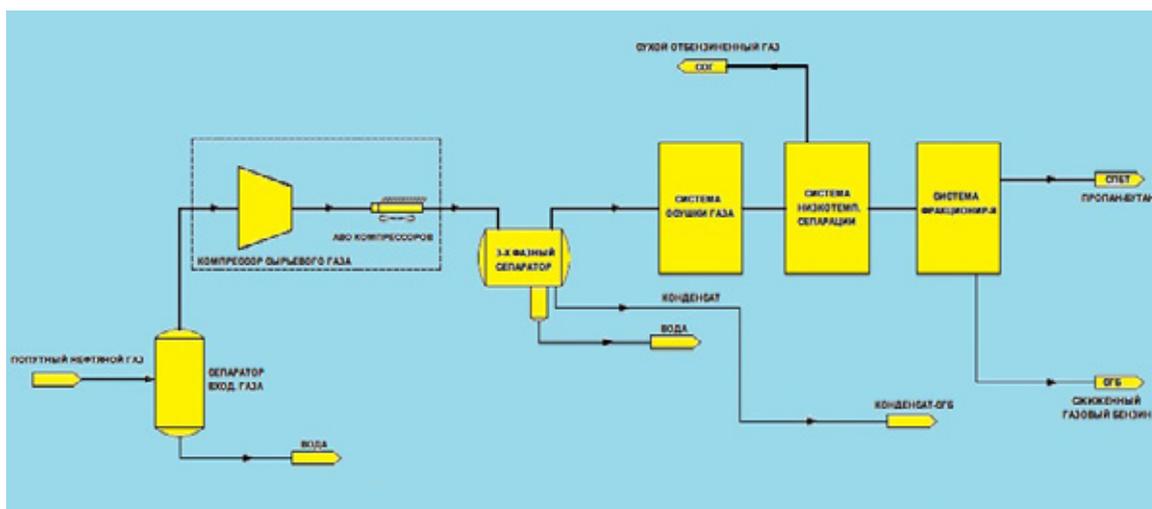


Рис. 2. Технологическая схема в обычном режиме

Уровень в Трехфазном сепараторе регулируется с помощью клапана регулятора уровня (3), расположенного на линии выхода конденсата в бензиновую емкость. Далее поток газа с температурой 50°C, давлением 6 МПа поступает в Молекулярно-ситовой осушитель газа. При повышении давления в бензиновой емкости производится сброс газа на факел через клапан поддержания давления в емкости.

Для увеличения эффективности работы УПГ, автором данной работы, был предложен вариант: установить новое оборудование — скоростной сепаратор. Был произведен расчет работы УПГ, для различных условий работы установки. Для расчета использовалось прикладное программное обеспечение «Hysys 7.1 от Aspen Tech».

Программное обеспечение «Hysys 7.1 от Aspen Tech» являются основой проектирования новых технологических процессов или модернизации существующих технологических процессов с целью улучшения их производ-

ственных показателей. Программные продукты Aspen Tech в совокупности используются для построения моделей и принятия бизнес — решений по результатам моделирования

Газовый конденсат из трехфазного сепаратора поступает в **скоростной сепаратор**. Скоростной сепаратор представляет собой емкостной аппарат, расположенный вертикально, относится к инерционным центробежным аппаратам вихревого типа. Газожидкостный поток поступает в сепаратор, где приобретает вращательное движение вокруг вертикальной оси сепаратора благодаря конструкции дефлектора. Вращаясь вокруг вертикальной оси, жидкость и механические примеси, под действием центробежных сил отделяются от газожидкостного потока и прижимаются к корпусу сепаратора. Здесь происходит отделение при мерно 80% жидкости и мех. примесей от газового потока Давление при этом падает до 10 бар, происходит

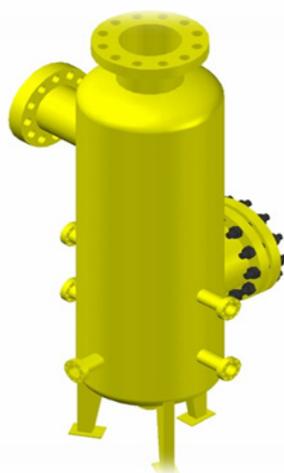


Рис. 3. Скоростной сепаратор

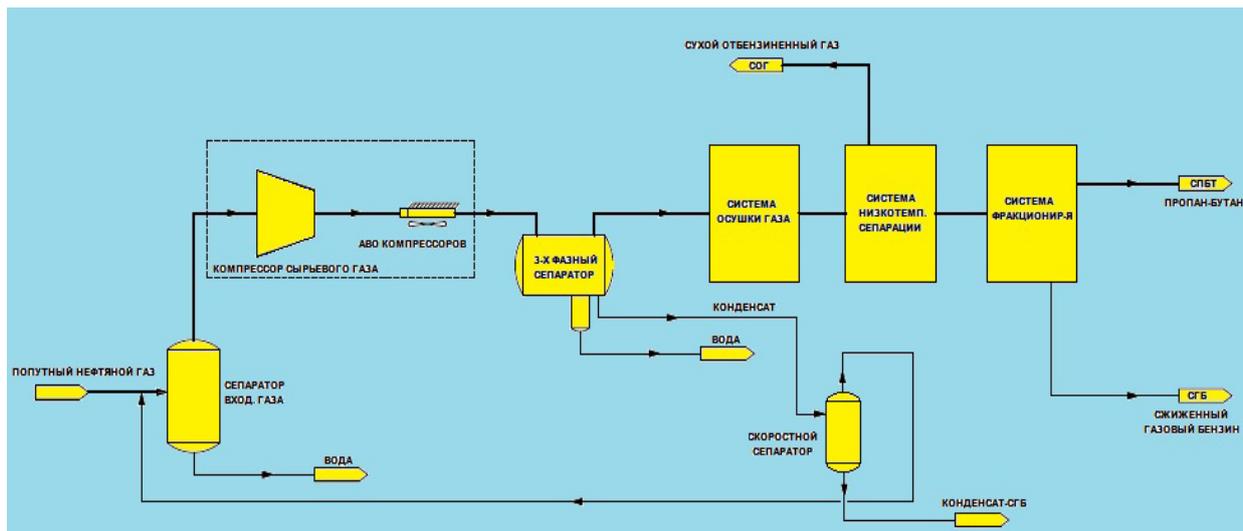


Рис. 4. Технологическая схема со скоростным сепаратором

Таблица 1. Результаты расчетов

Параметры	Обычный режим	Со скоростным сепаратором
Входное давление	8	8
Расход газа на входе в установку, кг/час	17233	17233
Массовый расход газового конденсата из трехфазного сепаратора, кг/час	2585	2743
Производительность конденсата (газовый бензин) в бензиновой емкости, кг/час	1041	1932
Давление насыщенных паров конденсата в бензиновой емкости, бар	3	3
Температура кипения конденсата в бензиновой емкости при атмосферном давлении, С	-29,4	-15,3
Сброс газа из бензиновой емкости через клапан поддержания давления в емкости, кг/час	2396	791
Производительность СПБТ, кг/час	4502	4866
Производительность сухого газа на турбины, кг/час	9204	9498

отделение газовой фазы от углеводородного конденсата. Газовая фаза поступает на вход сепаратор входящего газа, а жидкая фаза под действием гравитации скапливается в нижней части сепаратора, откуда затем сливается в бензиновую емкость. На линии между сепаратором и бензиновой емкостью устанавливается клапан, который поддерживает уровень в скоростном сепараторе. В бензиновой емкости клапаном поддерживается давление 3 бар. Сброс с данного клапана производится в факельный коллектор.

Для обеспечения достаточным количеством газовой фазы, т.е. вторичного пара, расход конденсата высокого давления должен быть постоянен и стабилен.

Анализируя полученные данные, очевидно, что при установке скоростного сепараторе, производительность СПБТ увеличивается на 364 кг/час (8%), увеличивается производительность ШФЛУ (с температурой кипения при атмосферном давлении (минус) — 15,3 С) на 891 кг/час (85%) и уменьшается сброс газа на факел в бензиновой емкости на 1605 кг/час (302%).

Литература:

1. С. А. Ахметов. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа — СПб, Недра 2006;
2. С. Ф. Гудков. Переработка углеводородных попутных и природных газов. — М.: Гостоптехиздат;
3. Технологический регламент УПП месторождений «Кенлык», ТОО «KazFrac»

## Исследование технических и теплофизических характеристик универсального сушильного стенда по обезвоживанию термолабильных материалов

Костик Сергей Игоревич, младший научный сотрудник, ассистент;  
 Национальный технический университет Украины, Институт технической теплофизики НАН Украины (г. Киев)

Ободович Александр Николаевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник  
 Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины (г. Киев)

*Изучена работа универсального стенда по обезвоживанию термолабильных культуральных жидкостей, исследованы основные технические и теплофизические характеристики, проведена оценка энергетических затрат. Показана эффективность использования роторно-дискового пленочного выпарного аппарата, при обезвоживании термолабильных материалов. Подобраны оптимальные режимы работы установки.*

**Ключевые слова:** роторно-дисковый пленочный выпарной аппарат, обезвоживание, термолабильные материалы, теплообмен, метаноген.

На сегодняшний день концентрирование (обезвоживание) термолабильных микробиологических материалов является актуальной проблемой в микробиологической, пищевой, фармацевтической промышленности и ресурсоэнергосберегающих технологиях, таких как биогазовая технология переработки органических отходов. Не менее актуальной задачей является необходимость создания методов и подходов для концентрирования анаэробных микробиологических препаратов, то есть тех препаратов, которые теряют свою жизнеспособность при наличии кислорода. Концентрирование таких микробиологических препаратов является сложной задачей, поскольку в качестве теплоносителя невозможно использовать воздух, а также необходимо вести процесс в термолабильных условиях, то есть тогда, когда температура концентрируемого раствора, не превышает температуру мокрого термометра [1, 2, 3].

В ИТТФ НАН Украины предложена энергоэффективная установка для концентрирования анаэробных микроорганизмов метаногенов (рис. 1), основным аппаратом

которой является роторно-дисковый пленочный выпарной аппарат (РДПВА) 3, который позволяет концентрировать микробиологические материалы в анаэробных, термолабильных условиях [4]. Устройство работает следующим образом: в объем РДПВА 3, через технологический штуцер 13 загружается культуральная жидкость, подлежащая концентрированию до определенного уровня, установленного регламентом. В калорифере 1 происходит подогрев рабочего теплоносителя (углекислый газ  $CO_2$  или  $N_2$ ). Вентилятор 5 приводит в движение рабочий теплоноситель, при этом происходит его циркуляция по контуру в объеме устройства.

Роторно-дисковый пленочный выпарной аппарат (РДПВА) 3 на валу 23 имеет ряд дисков 24, частично погружены в культуральный раствор, который обезвоживается. Электро-привод 21 РДПВА 3 приводит во вращательное движение диски 24, расположенные на валу 23 и позволяет менять скорость их вращения в диапазоне от 0,25 до 5 об/сек. Диски 24 при вращении на своей поверхности выносят культуральную жидкость в зону кон-

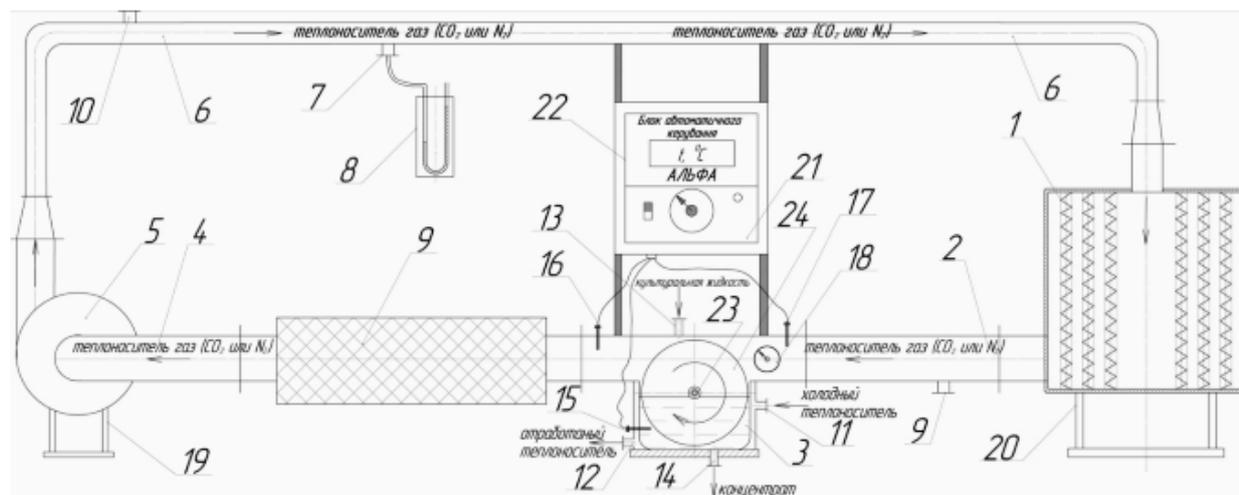


Рис. 1. Схема универсального сушильного стенда по обезвоживанию термолабильных материалов

такта с теплоносителем, который продувается через объем РДПВА 3. Часть влаги испаряется с поверхности дисков 24 и вместе с теплоносителем движется по газопроводу 4 и попадает в патрон с силикагелем 9. В патроне с силикагелем 9 происходит поглощение паров влаги, и на выходе из патрона в газопровод 4 возвращается только рабочий теплоноситель, двигаясь благодаря напору создаваемому вентилятором 5, по системе газопроводов 6 вновь попадает в калорифер 1, в котором происходит его подогрев до заданной регламентом температуры (80 °С). Процесс повторяется циклически. После завершения процесса, готовый концентрат культуральной жидкости через технологический штуцер 14 сливается с РДПВА 3, после чего его корпус моется и подвергается надлежащей обработке для следующей загрузки. Патрон с силикагелем 9 снимается и просушивается, после чего устанавливается назад и устройство для обезвоживания анаэробных культуральных жидкостей снова готово к использованию. Во избежание перегрева концентрируемой жидкости (не более 40°С) корпус РДПВА 3 оснащен теплообменной рубашкой, в которую через технологические штуцера 11 и 12 подается и отводится охлаждающий теплоноситель.

Также в корпусе РДПВА 3 установлены датчики температур (термометры сопротивления ТСМ 50) позиции 15, 16 и 17 с помощью которых блок автоматического управления АЛЬФА 22 контролирует температурные режимы в аппарате. Для изменения скорости потока теплоносителя и его напора (2 кПа), которые контролируется анемометром 18 и манометром 8, используется заслонка вентилятора 5.

В основу исследований была поставлена задача определение оптимальных режимов работы установки. Для этого были проведены исследования разгонных характеристик, его производительности по испаренной влаге и энергетическим затратам.

Анализ результатов разгонных характеристик универсального сушильного стенда по обезвоживанию термоллабильных материалов показал, что выход на рабочий режим установка совершает при 3-х включенных секциях ТЕН за 15 минут (Рис. 2.1).

Исследуя разнообразные режимы работы установки, был определен оптимальный рабочий режим, при котором после выхода на режим блок автоматического управления производит отключение 2-х секций ТЕН (Рис 2.2)

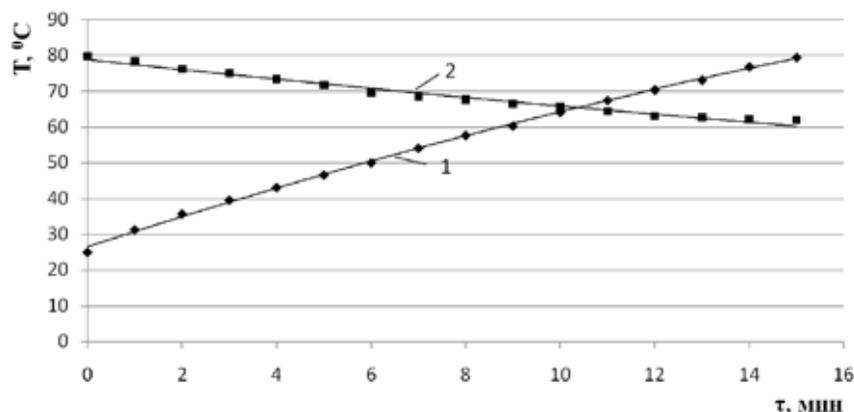


Рис. 2. Разгонные характеристики стенда

1 — при пуске стенда (1, 2, 3 секция ТЕН работает); 2—1 секция ТЕН работает

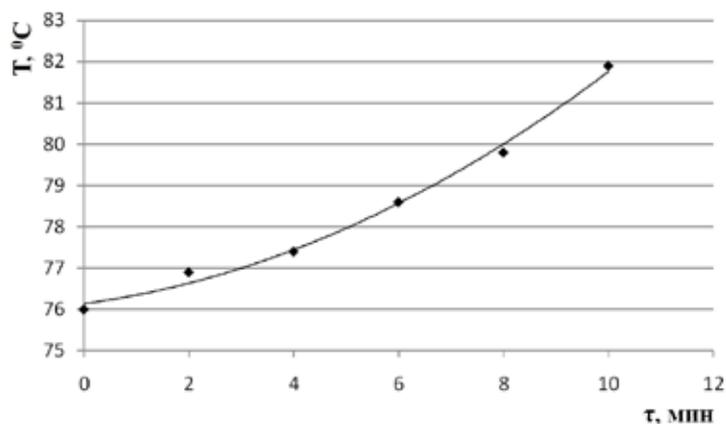


Рис. 3. Разгонные характеристики стенда

1, 2 секция ТЕН работает, 3 секция ТЕН отключена

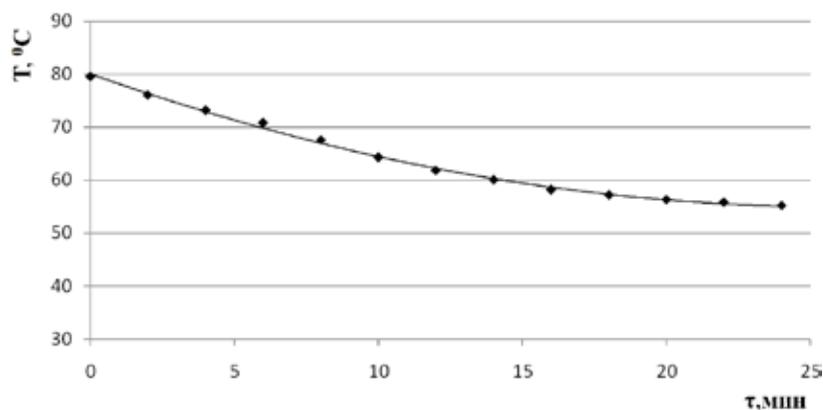


Рис. 4. Разгонные характеристики стенда  
1, 2, 3 секция ТЕН отключена

при этом температура рабочего теплоносителя плавно снижается. Через 10 минут автоматика включает дополнительную секцию ТЕН, которая работает 10 минут и выравнивает температуру теплоносителя до заданной регламентом. Далее процесс повторяется циклично. Исходя из этих данных была построена диаграмма потребляемой электрической мощности ТЕН (Рис 6.).

Скорость потока теплоносителя по полученным данным колеблется в пределах от 9,3 до 12,5 м/с, при этом объемный расход теплоносителя составил от 0,0372 до 0,0484 м<sup>3</sup>/с (Рис. 5).

Мощность универсального сушильного стенда по обезвоживанию термолабильных материалов состоит из мощности потребляемой секциями ТЕН (1,5 кВт каждая секция, причем средняя потребляемая мощность 3-х секций составляет 2,5 кВт, Рис 6.), мощности вентилятора (3 кВт) и мощности привода РДПВА (0,1 кВт). Исследование режимов работы стенда, показало, что максимальная потребляемая мощность составляет 5,5 кВт,

при этом в оптимальном режиме она не превышает 5 кВт.

Проведенные исследования показали, что при температуре теплоносителя 80°C, температуре концентрируемого раствора 30–35 °C раствора и скорости потока теплоносителя 10–12 м/с, при площади поверхности теплообмена 0,44 м<sup>2</sup>, количество испаренной влаги в единицу времени составляет (Рис. 7): 1150 мл/час, а количество затраченной тепловой энергии на испарение равно 16200 кДж (3869 ккал).

**Выводы:**

Показана эффективность использования универсального стенда по обезвоживанию термолабильных культуральных жидкостей, исследованы основные технические и теплофизические характеристики, проведена оценка энергетических затрат.

Подобраны оптимальные режимы работы установки: температура концентрируемого раствора 30–35 °C, тем-

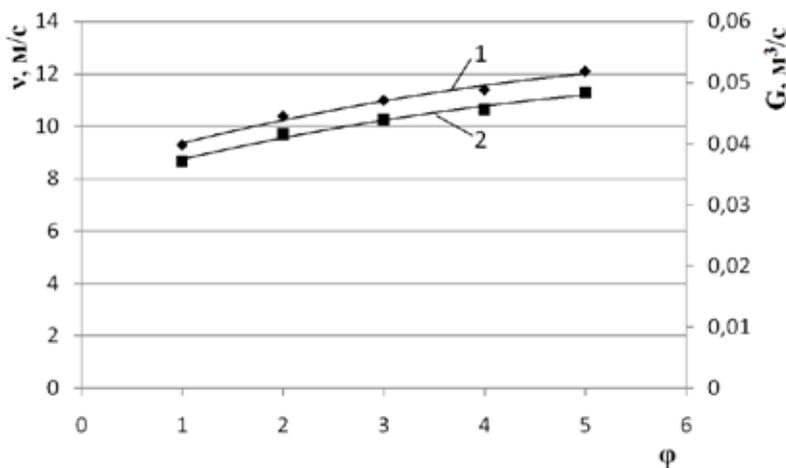


Рис. 5. Характеристики потока теплоносителя  
1 — скорость потока теплоносителя в трубопроводе, м/с;  
2 — расход теплоносителя в трубопроводе

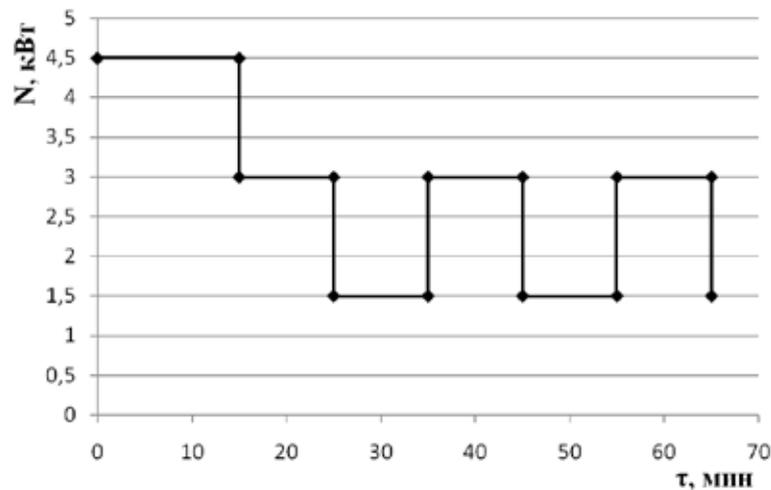


Рис. 6. Мощность затраченная на нагрев теплоносителя

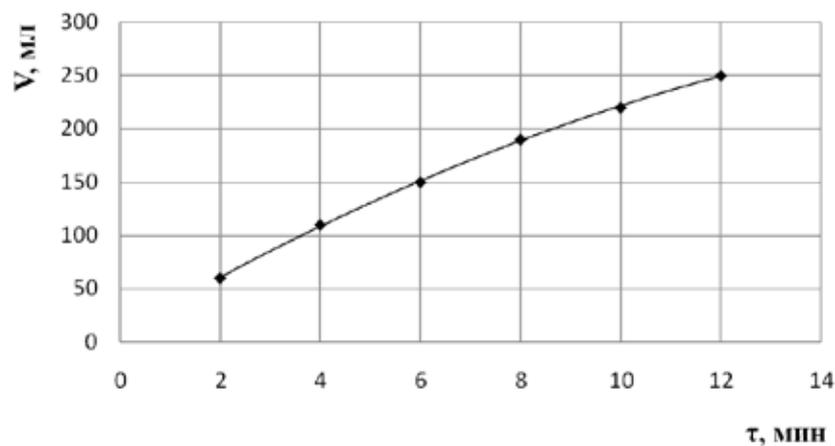


Рис. 7. Производительность установки по количеству испаренной влаги

пература теплоносителя 80°C, скорости потока теплоносителя 10–12 м/с, количество испаренной влаги в единицу времени 1150 мл/час, площадь поверхности теплообмена 0,44 м<sup>2</sup>, Скорость потока теплоноси-

теля от 9,3 до 12,5 м/с, объемный расход теплоносителя составил от 0,0372 до 0,0484 м<sup>3</sup>/с, потребляемая мощность составляет 5 кВт, количество тепловой энергии на 1 кг упаренной влаги 15000 кДж (3580 ккал).

Литература:

1. Барбара Эдер Биогазовые установки. Практическое пособие [Текст]/Барбара Эдер, Хайнц Шульц // Мюнхен, 1996. — 168.
2. Бекер, М. Е. Обезвоживание микробной биомассы. Рига, Зинатне, 1967. — 361 с.
3. Куц, П. С. О некоторых закономерностях теплообмена при сушке бактериальных препаратов [Текст]/П. С. Куц, Э. Г. Тутова // Теплообмен — 1981. №7. — с. 418–425.
4. Ободович, О. М. Дослідження процесу зневоднення мікробіологічних матеріалів в роторно-плівковому випарному апараті [Текст]/О. М. Ободович, С. І. Костик // Восточно-европейский журнал передовых технологий — 2013, т. 66. №6. — с. 36–39.

## Автоматизация расчета срока окупаемости малой ТЭЦ

Костин Дмитрий Александрович, аспирант;

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор;

Кожанова Евгения Романовна, кандидат технических наук, доцент

Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина, Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)

В последние годы все более заметным становится ухудшение систем энерго- и теплоснабжения городов России. Возросли потери тепловой энергии при транспортировке и распределении теплоносителей. Из-за дефицита финансовых ресурсов для замены и реконструкции источников и энергосетей увеличилось количество аварий, что приводит к снижению надежности и качеству энергоснабжения. Одним из решений этой проблемы может стать строительство малых ТЭЦ (мини-ТЭЦ).

*Мини-ТЭЦ* — электростанция с комбинированным производством электроэнергии и тепла, расположенная в непосредственной близости от конечного потребителя. В основе работы мини-ТЭЦ лежит принцип когенерации, а в качестве источника энергии используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС): *дизельные, газовые и газотурбинные*. Энергия, выделившаяся при сгорании топлива, в ДВС производит механическую работу и теплоту. Механическая работа на валу двигателя используется для выработки электроэнергии генератором электрического тока, а тепло отработавших газов и системы охлаждения двигателя служит для получения горячей воды или пара [1]. Создание таких установок имеет ряд преимуществ, основными из которых являются короткие сроки строительства, повышение надежности теплоснабжения потребителей, снижение инерционности теплового регулирования и потерь в тепловых сетях.

Стоит отметить, что в отличие от газотурбинных, мини-ТЭЦ на базе газопоршневых двигателей перспективны в качестве основного источника теплоты и электроэнергии на предприятиях самого широкого диапазона деятельности — как в сфере обслуживания, так и на промышленных предприятиях малой и средней мощности. Практика показывает, что в газопоршневых установках с утилизацией теплоты отходящих газов и охлаждающей воды может быть полезно использовано до 80...90% теплоты, выделенного с топливом [2].

Однако строительство мини-ТЭЦ связано со значительными денежными затратами, поэтому важной составляющей для принятия решения о покупке малой ТЭЦ с дальнейшей эксплуатацией является ее срок окупаемости и прибыль от ее применения.

Срок окупаемости газопоршневых мини-ТЭЦ в значительной степени зависит от загрузки мини-ТЭЦ. Если средняя загрузка по электрической мощности газопоршневой мини-ТЭЦ составит порядка 70%, то ориентировочный срок окупаемости составит 3–5 лет. Если же ис-

пользовать мощность установки менее чем на 35%, есть риск не уложиться по срокам окупаемости и в 10 лет [3].

Следовательно, очень важным вопросом при проектировании газопоршневой мини-ТЭЦ является определение минимальной среднеэксплуатационной электрической мощности установки, при которой срок окупаемости не превысит 5 лет [3].

Для автоматизации расчета срока окупаемости малой ТЭЦ авторами была разработана программа, на основе предложенной авторской методики, описанной в работах Разуваева А. В. и Костина Д. А. [2–6], алгоритм которой представлен на рис. 1. Если срок окупаемости *Ток* больше 5 лет, то необходимо вернуться к исходным данным и снизить среднеэксплуатационную электрическую мощность установки до минимальной, чтобы срок окупаемости *Ток* стал меньше 5 лет.

На основании алгоритма (рис. 1) создана диаграмма переходов фокуса управления программы (рис. 2). Интерфейс программы представляет собой 6 вкладок. В первую вкладку (рис. 3) вводятся исходные данные. Если не введены данные или введены нулевые значения, при нажатии на кнопки *Расчет*, программа выдает сообщение об ошибке и просит пользователя ввести данные. Если данные введены корректно, то появляется сообщение о завершении расчета и информация, что результаты расчета находятся на других вкладках программы.

На вкладках 2–6 показаны результаты расчета, которые разделены на группы показателей (рис. 4–8), характеризующие определенные затраты и их составляющие.

На последней вкладке (рис. 8) — итоговые значения расчета в виде прибыли от эксплуатации мини-ТЭЦ и срок окупаемости теплоэнергетического комплекса, на основе которого принимаются решение об использовании мини-ТЭЦ при заданных исходных данных.

Исходные данные были получены на основании анализа энергопотребления реального объекта — здания Балаковского института техники, технологии и управления (рис. 3). Приведенный расчет, на рис. 4–8, показывает, что применение газопоршневой малой ТЭЦ для обеспечения здания института электро- и тепловой энергией экономически эффективно и может заменить централизованное энергоснабжение. В свою очередь, срок окупаемости данной малой ТЭЦ составляет 2,43 года, что меньше 5 лет, т. е. срока за который оборудование морально устаревает.

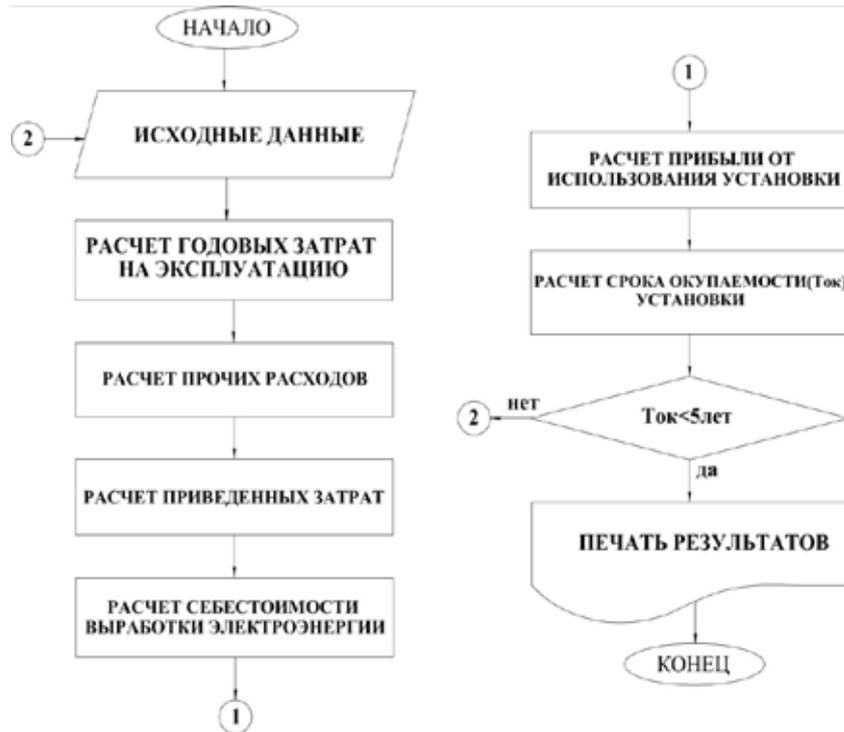


Рис. 1. Алгоритм методики [2–6]

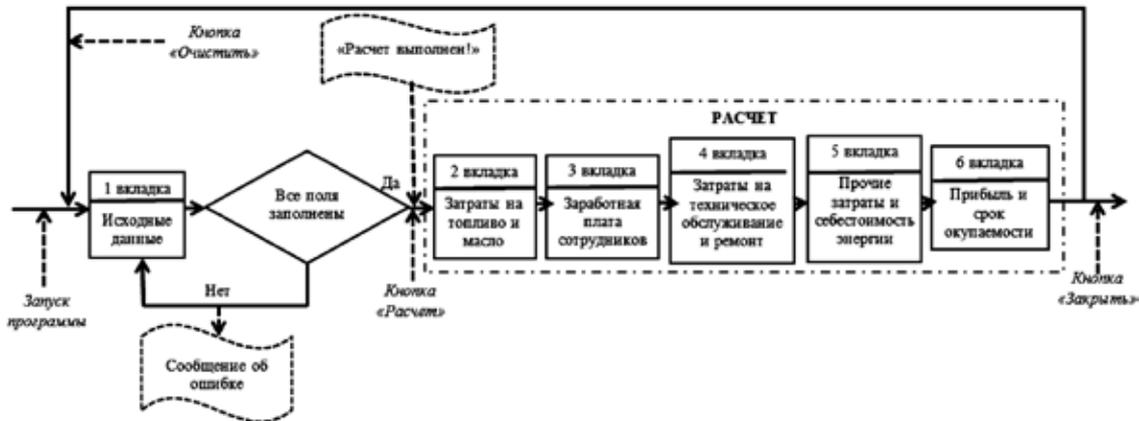


Рис. 2. Диаграмма переходов фокуса управления программы

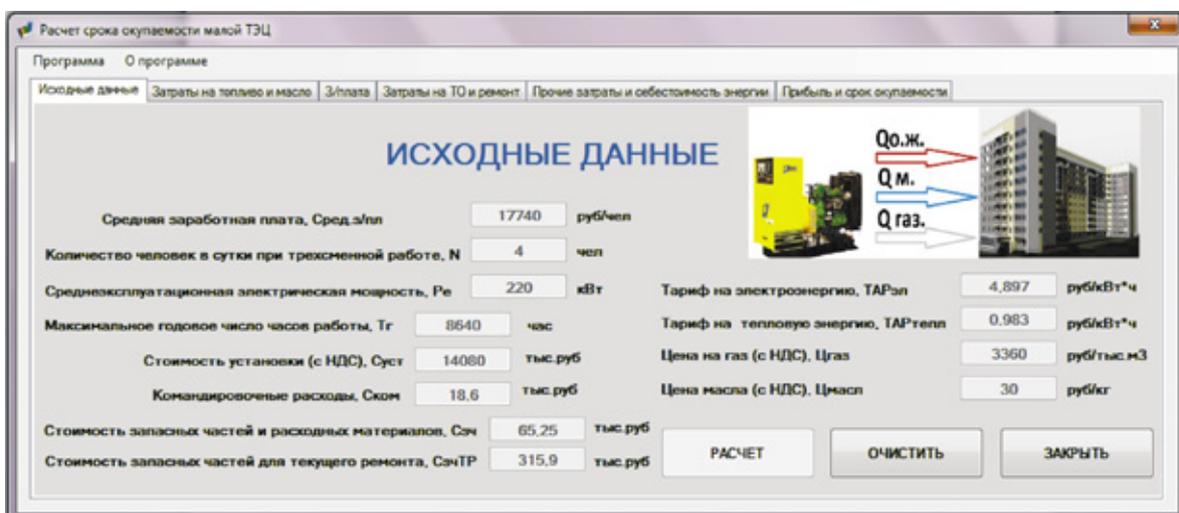


Рис. 3. Вкладка Исходные данные главного окна программы

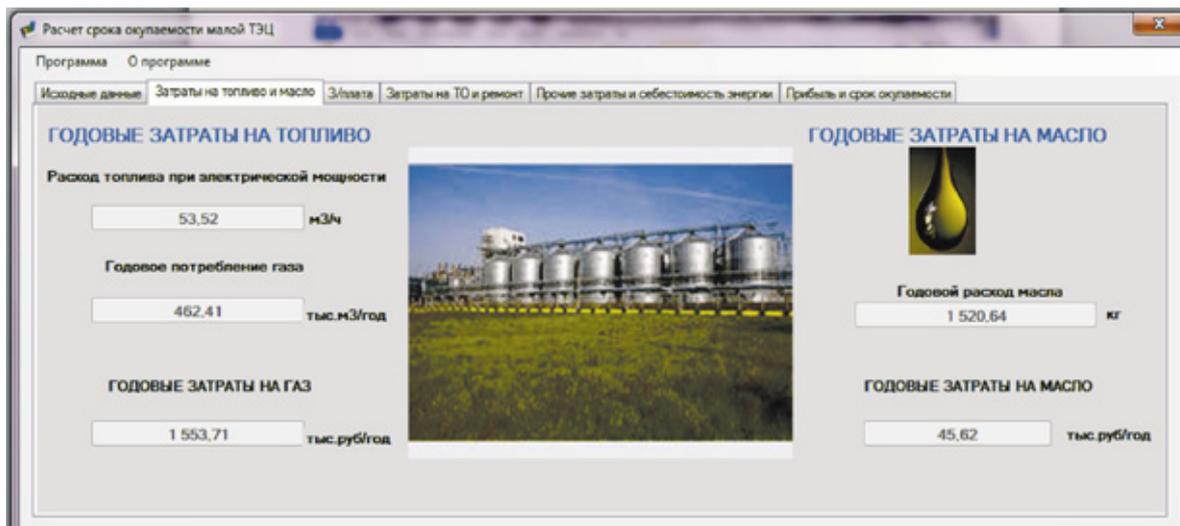


Рис. 4. Вкладка Затраты на топливо и масло

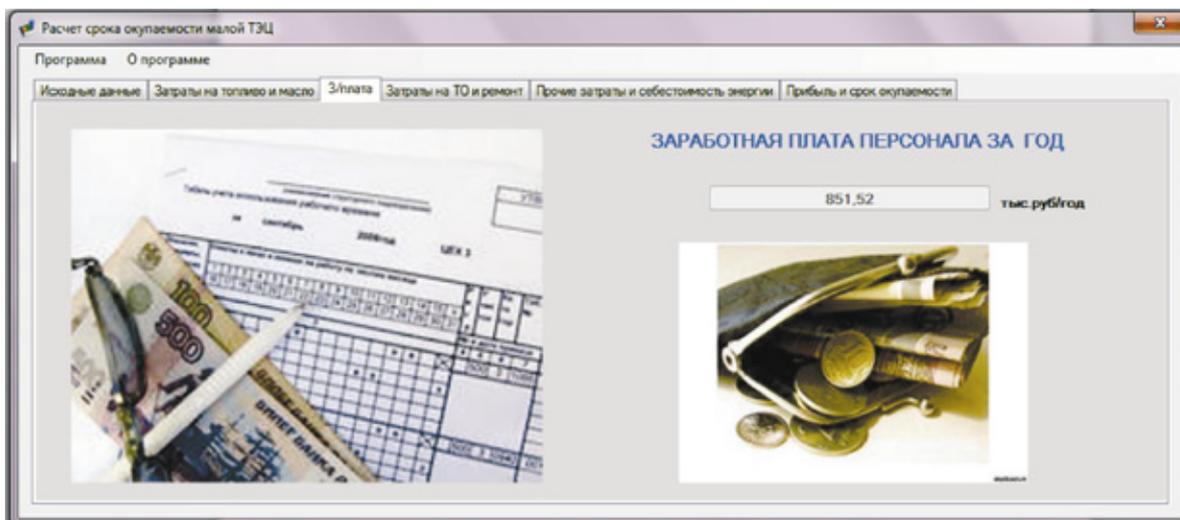


Рис. 5. Вкладка З/плата

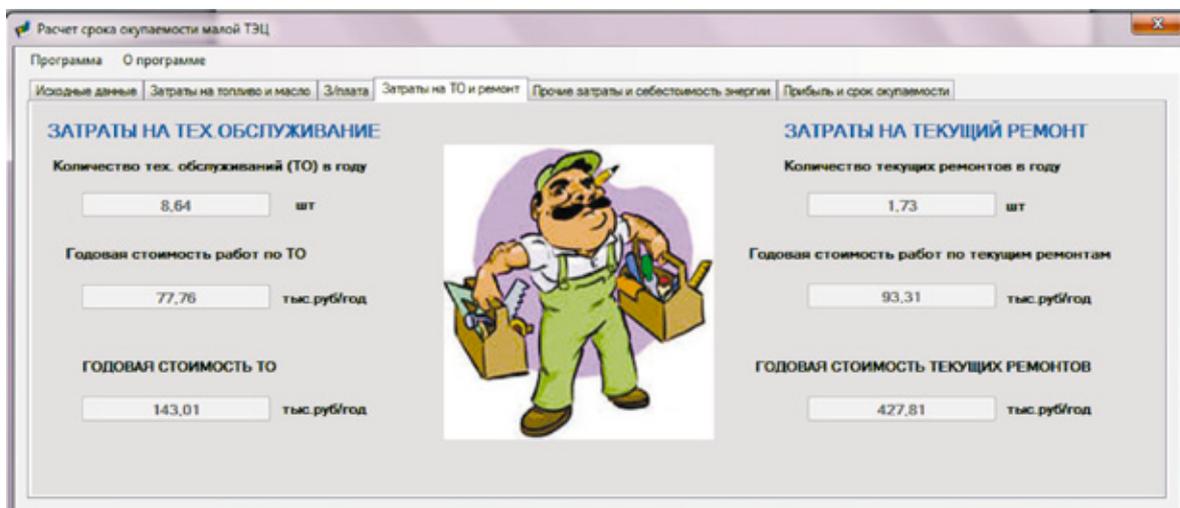


Рис. 6. Вкладка Затраты на ТО и ремонт

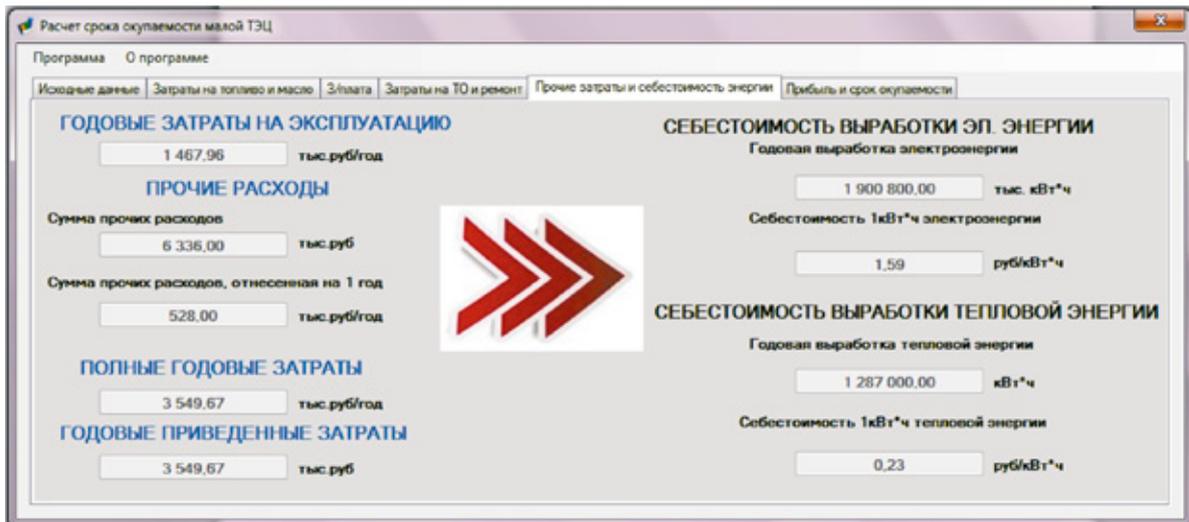


Рис. 7. Вкладка Прочие затраты и себестоимость энергии

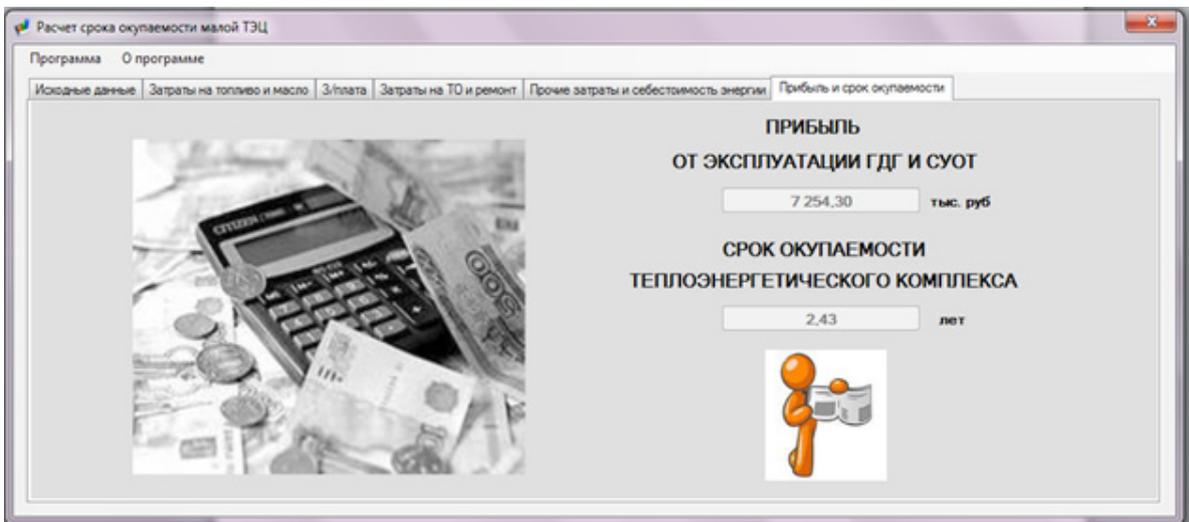


Рис. 8. Вкладка Прибыль и срок окупаемости

Литература:

1. Разуваев, А. В., Костин Д. А., Разуваев В. А. Газопоршневые мини-ТЭЦ. Сборник научных трудов 3 Всероссийской н/т конференции «Информационные технологии, система автоматизированного проектирования и автоматизации» Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. С 102–105.
2. Костин, Д. А., Разуваев А. В. Зависимость срока окупаемости мини-ТЭЦ от ее средней электрической мощности. Материалы международной научной конференции «Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики и пути их решения». — Саратов, 2012
3. Разуваев, А. В., Костин Д. А., Сармаева Е. А. Экономическая эффективность газопоршневых мини — ТЭЦ. Сборник научных трудов 3 Всероссийской н/т конференции «Информационные технологии, система автоматизированного проектирования и автоматизации» Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. С 105–107.
4. Костин, Д. А., Разуваев А. В. Срок окупаемости газопоршневой мини-ТЭЦ. Химическая физика и актуальные проблемы энергетики: сборник тезисов и статей Всероссийской молодежной конференции/под ред. Г. В. Кузнецова, Е. Е. Бульбы, А. В. Захаревича, В. И. Максимова, Т. А. Нагорновой; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. С 150–154.
5. Костин, Д. А., Разуваев А. В. Зависимость срока окупаемости мини-ТЭЦ от ее средней электрической мощности. Материалы международной научной конференции «Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики и пути их решения». — Саратов, 2012. С 329–335.

6. Костин, Д. А., Разуваев А. В. Автоматизация расчета срока окупаемости малой ТЭЦ. Южно-Сибирский научный вестник, №2 (2). — МИП «Политех», 2012. С 54–58
7. Е. Р. Кожанова, Д. А. Костин, А. В. Разуваев, А. О. Меркулова. Расчет срока окупаемости малой ТЭЦ // Свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ №2014610845 от 17.01.2014 г.

## Современные технологии производства кондитерских изделий с применением пищевых волокон

Куличенко Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Мамченко Татьяна Валентиновна, кандидат технических наук, преподаватель специальных дисциплин;

Жукова Светлана Александровна, студент

Брянская государственная сельскохозяйственная академия

Важной задачей, стоящей перед кондитерской промышленностью, является разработка новых изделий с целью совершенствования структуры ассортимента, экономии дефицитного видов сырья, снижения сахароёмкости, создания изделий лечебно-профилактического назначения, детского ассортимента, изделий с более длительным сроком хранения [8].

При разработке рецептур кондитерских изделий функционального, профилактического и лечебного направления в основном используется сырье растительного происхождения как источник белковых и минеральных веществ, витаминов, жиров, а также усвояемых и неусвояемых углеводов. В одних случаях применяют природное сырье, в других — обогащают специальными однокомпонентными и многокомпонентными добавками [6]. Среди функциональных пищевых ингредиентов большая роль принадлежит пищевым волокнам, которые имеют важное физиологическое значение.

Новые продукты экструдирования из неошелушенного зерна ржи, кукурузы, проса, ячменя, гречихи, сои и других богатые пищевыми волокнами находят широкое применение в производстве кондитерских изделий [7,14].

В качестве стабилизатора в кондитерском производстве в сочетании с камедями используют пектин [12].

Пектины как желирующие и сгущающие вещества являются ключевыми пищевыми добавками в кондитерском производстве. Они обладают в 1,5 раза более высокой эмульгирующей способностью, чем яичный белок. На их основе разработаны полезные диетические продукты — низкокалорийный джем и пудинг [8].

Т. Н. Сухих и М. Н. Зыбин использовали низкоэтерифицированные пектины в производстве термостабильных фруктовых начинок для кондитерских изделий. Начинку вводят внутрь изделия или наносят на поверхность до выпекания. Термостабильная начинка, выдерживает высокую температуру (200...250°C), при этом консистенция ее не меняется. При применении низкоэтерифицированных пектинов, образование студня возможно при любом, даже достаточно низком содержании сухих веществ. При этом характерно снижение темпера-

туры желирования с уменьшением содержания сухих веществ в системе. Однако, необходимым условием желирования низкоэтерифицированных пектинов — является наличие в системе ионов кальция или других двухвалентных катионов. Во избежании намокания мучных изделий при хранении начинка должна иметь низкую активность воды, то есть минимальное содержание несвязанной влаги [6].

В качестве источника пищевых волокон используют свекловичный жом. Пищевые волокна, полученные из жома сахарной свеклы, представляют собой порошкообразный продукт с размерами частиц до 150 мкм, с содержанием сухих веществ — 87%, пектин целлюлозного комплекса — 42–45%, клетчатки — 23–25%, лигнина — 7–9%, белка — 8–10%, минеральных веществ (калий натрий, кальций, магний) — 3,5–5,0%. Калорийность ПВ — 55–60 ккал на 100 г продукта [5].

И. Н. Павловым и В. А. Куничан определены направления использования свекловичных пищевых волокон в кондитерских изделиях, одним из которых является производство пралиновых конфет. Установлены пределы введения ПВ от 5–11%, в зависимости от рецептуры конфет, что позволяет снизить сахароёмкость изделий на 5–10%, калорийность на 40–70 ккал на 100 г продукта, повысить пищевую и биологическую ценность [4].

В диетических кондитерских изделиях используют плодово-ягодные пульпы, пюре или порошки, муку из цельного зерна, отруби, пектин и другие студнеобразователи, а также микрокристаллическую целлюлозу и чистые препараты пищевых волокон [10].

С учетом физико-химических свойств микрокристаллическая целлюлоза находит широкое применение в производстве мучных кондитерских изделий, в частности разработана технология бисквитного и заварного полуфабрикатов, сахарного печенья и вафельных листов. При применении микрокристаллической целлюлозы целесообразно увеличивать количество воды, идущей на замес, заваривать часть муки и удлинять продолжительность отдельных стадий технологического процесса. Содержание пищевых волокон в изделиях с микрокри-

сталлической целлюлозой достигает 3–4 г на 100 г изделий, а в заварном полуфабрикате для пирожных — 9 г на 100 г полуфабриката [10].

На ЭКБК «Звездный» использовали МКЦ в производстве продуктов питания. Введение микрокристаллической целлюлозы в тесто приводит к некоторому уменьшению количества сырой клейковины, однако способствует увеличению ее гидратации и улучшает упругие свойства. Введение микрокристаллической целлюлозы в количестве 3–5% к массе муки не снижает качество изделий из дрожжевого и бездрожжевого теста. С использованием микрокристаллической целлюлозы разработаны рецептура и технология приготовления хлеба «Здоровье» (содержание пищевых волокон 4,5 г/100 г) и батон «Тонус» (содержание пищевых волокон 4,8 г/100 г) [6].

Микрокристаллическая целлюлоза широко применяется в пищевой промышленности в США. В частности микрокристаллическая целлюлоза используют для повышения скорости диспергирования мороженого и холодного десерта, что позволяет сохранить их потребительские свойства в течение длительного времени [12].

Fukui Y., Higuchi M., Mizuguchi K. et. Al. разработали рецептуру низкокалорийных мучных кондитерских изделий, в которых содержание микрокристаллической целлюлозы в смеси колебалось от 25 до 85%. Отмечалось, что вафли имели хорошую консистенцию, текстуру, приятный вкус [13].

Dougherty M., Sombke R., Irvine J., Rao C. S. разработана технология производства сухарей, пшеничного хлеба, пирожных с добавками 10–20% целлюлозного порошка. Энергетическая ценность последнего снижена на 25%. При хранении изделий замедлялись процессы черствения [13].

Цыгановой Т. Б. предложен способ внесения микрокристаллической целлюлозы в тесто вместе с молочной сывороткой, позволяющий получать изделия с высокими потребительскими свойствами и пониженной энергетической ценностью. Разработанные новые виды хрустящих хлебцев «Диабетический» и «Снежок» энергетической ценностью 228 и 239 ккал/100 г, соответственно [11].

А. Е. Тумановой, разработаны способы производства мучных кондитерских изделий, содержащих пектин, микрокристаллическую целлюлозу, альгинат кальция, бурые водоросли и продукты их переработки. Разработанные рецептуры печенья «Вита», «Флирт», «Вита Люкс», обладают повышенной пищевой ценностью [4].

В качестве источника пищевых волокон при выработке кондитерских изделий применяются продукты переработки овса. Например, для производства сдобных сухарей. Хлопья вводят в количестве до 25% от общей массы муки, количество воды на замес при этом существенно увеличивают. Содержание пищевых волокон в изделиях с овсяной мукой в среднем достигает 4 г на 100 г продукта.

Широко используется облепиховая мука, в производстве заварных пряников. Её вводят в горячий сироп после добавления маргарина. Пряники из муки пшеничной пер-

вого сорта с добавлением 10% облепиховой муки, остаются свежими на протяжении длительного времени.

Нутовая мука применяется в производстве вафель, диетических пряников, печенья.

Мука белого ячменного солода — в производстве мучных кондитерских изделий из заварного теста [4].

Козубаева Л. А., Шепелева О. Е. патентуют рецептуру песочного печенья «Фимушка», содержащую тестообразную основу, в качестве которой использована пшеничная мука второго сорта 58,0–65,0 мас. %, пшеничные отруби 7,9–10,5 мас. %, сахарный песок 12,4–16,0 мас. %, сливочный маргарин 12,4–16,0 мас. %, сода 0,6–0,7 мас. % и соль 0,2–0,3 мас. %. В результате достигается повышение диетических свойств песочного печенья, а также снижение его себестоимости. Применение пшеничной муки второго сорта в указанных количествах обеспечивает диетические свойства готового изделия. Эта мука содержит повышенное количество периферийных частей зерновки, богатых ПВ, минеральными веществами и белково-витаминными компонентами [3].

Л. Г. Ипатова, М. А. Левачева при создании мучных кондитерских изделий функционального назначения используют обойную пшеничную и ржаную муку, отличающуюся повышенным содержанием пищевых волокон, а также препарат «Фибрулозу F97», представляющий собой растворимое пищевое волокно.

Петибская В. С., Каленов П. А., Гусева Т. Е. и др. патентуют способ производства МКИ предусматривающий смешивание муки из пшеницы, продукта из амаранта и компонентов, предусмотренных рецептурой.

Для придания готовым изделиям орехового вкуса берут амарантовую муку в количестве 50–70% от общей рецептурной нормы муки, а для придания готовым изделиям «вафельного хруста» используют амарантовую муку грубого помола. Получают изделия с повышенной питательной ценностью и высокими вкусовыми качествами. Мука амаранта превосходит муку пшеницы и кукурузы по содержанию белка и незаменимых аминокислот в 1,6 и 1,8 раза соответственно, а также по количеству ПВ. С целью повышения пищевой ценности амарантовая, пшеничная 1-го сорта и чечевичная мука в соотношении 3,75:4,2:1 используется в производстве сахарного печенья.

При производстве кондитерских изделий профилактической направленности используют также шрот амаранта, богатый клетчаткой и другими важными макро- и микроэлементами. Внесение шрота амаранта в помаду, позволяет повысить питательную ценность изделий, при этом содержание в 100 г. конфет балластных веществ составляет 2,8 г [12].

Зубченко А. Д., Магомедова П. О., Олейникова А. Я. запатентовали способ приготовления смеси для получения сдобного печенья. В смесь из сахара, сливочного масла и меланжа, дополнительно вносят мучной порошкообразный полуфабрикат, полученный путем напыления муки на фруктовый или овощной сок или пюре в потоке

горячего воздуха. Фруктовый, овощной сок или пюре содержат много пектина, что позволяет сбалансировать состав печенья по питательным веществам, снизить себестоимость и облегчить усвояемость. Это позволяет повысить качество печенья по органолептическим и физико-химическим показателям [8].

Сафонов Г.Г., Павловская О.Е. разработали состав рецептурной смеси для производства сахарного печенья, отличающийся тем, что она дополнительно содержит соль, орех арахис жареный, отруби пшеничные или микрокристаллическую целлюлозу и фосфолипид или лецитин, в качестве жирового компонента — жир растительный или маргарин, молочного компонента — сухое молоко, химических разрыхлителей — пищевую соду [4].

Магомедовым Г.О., Олейниковой А.Я., Плотниковой И.В. разработана технология производства «жевательной» карамели на основе порошкообразных многокомпонентных полуфабрикатов из ананасового, апельсинового, клюквенного и черносмородинового концентратов богатых минеральными, белковыми, пектиновыми веществами, органическими кислотами, клетчаткой, витаминами [8].

Разработана рецептура и технология приготовления высоковязкой термостабильной фруктовой начинки с добавлением растительной клетчатки и комплексной смеси гидроколлоидов [12].

Духу Т.А. разработана технология сахарного печенья обогащенного пищевыми волокнами и пребиотиками, а также термостабильная начинка, содержащая дополнительный препарат нерастворимых пищевых волокон в количестве 1,5% к массе начинки [10].

Бакуменко О.Е. разработана технология производства крекера, обогащенного пищевыми волокнами, в качестве источника пищевых волокон взяты плодовые оболочки арахиса и фундука в количестве 20% [10].

Г.С. Лешкова, Л.Л. Медведева для снижения калорийности, обогащения пищевыми волокнами мучных кондитерских изделий использовали растительное сырье и продукты его переработки (кабачки, тыкву, репу, турнепс, гречневую, овсяную, кукурузную муку и пшеничные отруби). Введение овощных пюре способствовало увеличению пенообразующей способности и устойчивости яично-сахарной смеси для бисквитного теста, получению пышной, устойчивой, кремообразной массы для песочного теста [10].

Гильмияровой Ф.Н., Радомской В.М. разработан способ производства мучных кондитерских изделий с применением пищевой добавки, обладающей радиопротек-

торными свойствами за счет наличия в них меланинов. Пищевая добавка получена из отжимок винограда, отходов чайного производства и другого растительного сырья, путем кислотной или водной экстракции [9].

В Санкт-Петербургском государственном университете низкотемпературных и пищевых технологий И.М. Василинец и Е.Н. Моисеева доказали целесообразность применения в производстве мучных кондитерских изделий соевого изолята и микрокристаллической целлюлозы с целью повышения пищевой ценности, увеличения содержания белка и пищевых волокон [2].

Петраш И.П. разработан способ производства бисквита. Дополнительно к рецептурным компонентам вносят — циклодекстрин, который предварительно смешивается с крахмалом и микрокристаллической целлюлозой при соотношении компонентов 0,13:1,3:6,5 соответственно. Это приводит к улучшению качества готовой продукции, повышению диетических свойств, снижению себестоимости продукции [11].

Shukla Triveni, Halpern Григорий Дж (США) патентуют способ производства печенья, включающий диетические гели — волокна, воду и липид [50]. Диетические гели волокна применяются также для уменьшения калорийности в кондитерских изделиях, таких как шоколадный леденец, пирожные с орехами [15,16].

В.А. Васькиной разработан широкий спектр пектино-содержащих добавок в виде пюре, паст, подварок и препаратов пектина из фруктов, ягод и овощей. Запатентованы способы производства кондитерских изделий с яблочно-пектиновой пастой (песочный полуфабрикат, кекс, лукум фруктовый, мармелад, ирис) с повышенной пищевой ценностью. Разработана технология производства кондитерских изделий с использованием карбоксиметилцеллюлозы и фосфата целлюлозы для лечебно-профилактического питания [1].

Разработанные изделия расширяют возможность научно-обоснованного формирования специальных рационов с включением предлагаемых мучных продуктов для предприятий общественного питания, организованных детских и взрослых коллективов, проживающих в экологически неблагоприятных регионах. Постоянное включение этих изделий в рацион человека обеспечит массовую профилактику населения от агрессивных агентов окружающей среды.

Успешное решение этих сложных задач возможно лишь при условии очень тесного сотрудничества технологов пищевой промышленности со специалистами по гигиене питания и химии пищевых продуктов.

#### Литература:

1. Благодатских, В.Е., Савенкова Т.В. Исследовать закономерности механизма структурообразования конфетных масс пралине с использованием свекловичных пищевых волокон // Матер. науч.-практич. конфер. «Продовольственная индустрия Юга России. Экологич. безопасные энергосберегающие технологии хранения и переработки сырья растит. и животн. происхожд». 27–28 июня 2000 г. в Краснодаре. — Краснодар: КНИИХП, 2000. — с. 32–34.

2. Венгеровский, А.И., Головина Е.Л., Буркова В.Н., Саратиков А.С. Энтеросорбенты усиливают гепатопротективное действие эплира при экспериментальном токсическом гепатите. //Экспериментальная и клиническая фармакология, 2001, №1. — с. 9–11.
3. Дудкин, М.С., Казанская Н.С., Базилевский А.С. Пищевые волокна // Химия древесины. 1984. — №2. — с. 3–14.
4. Ильина, О.А., Цыганова Т.Б. Пищевые волокна в производстве хлебобулочных изделий для функционального питания// Материалы 3-й Междунар. конф. «Современное хлебопечение-2003». — М. МПА, 1–4 дек. 2003 г., М.: Пищепромиздат, 2003. с. 78–82.
5. Кушнерук, Л.А. Применение продуктов ферментативного гидролиза ржаной экструдированной муки в производстве мучных кондитерских изделий. Автореферат диссертации на соискание уч. ст.к. т.н. Оренбург.:ОГУ.—2004 г. — 22 с.
6. Левченко, В.Д. Использование полезных свойств пектиновых веществ в медицинской практике. Тез. докл. IV науч.-техн. семинара. — Киев. — 1993. — с. 56–57.
7. Левченко, В.Д., Тимонова Л.М. Пектин. Пектинопрофилактика. — Краснодар.—1992. — с. 21–23.
8. Магомедов, Г.О. Проектирование кондитерских предприятий./Магомедов Г.О., Олейникова А.Я. СПб: Гиорд, 2004 г. — 416 с.
9. Рыженков, В.Е. Поиск новых антиатеросклеротических средств. // 4 Всесоюзный съезд кардиологов. 1986. с. 179–180.
10. Туманова, А.Е. Микрокристаллическая целлюлоза в производстве печенья. — Матер. II-й междунар. науч.-техн. конф. «Техника и технология пищевых производств» (22...24 ноября 2000 г.) — Беларусь, Могилев, 2000. — с. 69.
11. Цыганова, Т.Б. Научные основы применения в хлебопекарной промышленности добавок, содержащих белки и пищевые волокна. Дисс. на соиск. уч. ст.д. т.н. М. 1992. — 541 с.
12. Пищевые волокна в рациональном питании человека. — М: ЦНИИТЭИ, Минхлебопродукт СССР, 1989 г. — 62 с.
13. Fuesse, H. S., Bloom S. R.// Munch, med. Wschr. — 1986. — Bd. 128. — s. 373–376.
14. Russel, R.M. et. al. — *Araer. J. clin. Nutr.*, 1987, V. 29, p. 799
15. Nagase, H., Fudita A. — *J. Vitam. Jap.*, 1986, V. 2, p. 102.
16. Pandolf, T., Clydesdale P.M. Dietary fiber binding of bile acid through mineral supplementation// *Food ScL* — 1992. — 57. — Jfe5. — с. 1242–1245.

## Исследования литолого-физической характеристики пород-коллекторов продуктивных горизонтов месторождения Учкыр

Курбанов Амирзода Хакимзодаевич, магистр;  
Базаров Гайрат Рашидович, кандидат технических наук, доцент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Газоконденсатное месторождение расположено на территории Ромитанского района Бухарской области республики Узбекистан.

Промышленные скопления газа приурочены здесь к терригенным отложениям нижнего мела и карбонатным осадкам верхней юры. Всего в разрезе месторождения было выявлено и подготовлено к разработке 5 залежей природного газа (в отложения XV-2, XV-1, XV-2, XIV-II и XIV-I горизонтов). Глубины залегания этих залежей колеблются от 1540 до 1730 м.

Следует заметить, что в газе выше названных горизонтов содержится сероводород от 0,0003 до 2,38% объемных.

Первоначальное пластовое давление, уточненное по данным опробования эксплуатационных скважин: [1],

составляло 173,5 ата.

XV-1 горизонт литологически представлен преимущественно песчано-алевролитовыми породами и доломитами. Известняки здесь имеют подчиненное значение. Мощность горизонта изменяется от 5 до 21 м, а эффективная газонасыщенная мощность колеблется от 1,8 до 13,8 м.

В разрезе XV-2 горизонта распространены в основном, известняки и доломиты; песчано-алевритовые породы имеют подчиненное значение. Мощность горизонта в пределах месторождения изменяется от 47 до 76 м, а эффективная газонасыщенная мощность — от 1,5 до 12,4 м.

Породы-коллекторы, слагающие XV-1 и XV-2 горизонты, похожи по своим литологическим и физическим свойствам.

Таблица 1. Средние значения пористости, проницаемости и коэффициента газонасыщенности по XV-1 и XV-2 горизонтам

Параметры	Количество проанализированных образцов	Среднее значение
<b>По газоносной части XV-1 горизонта</b>		
Пористость открытая	51	17,55%
Проницаемость	50	10,3 мдарси
Коэффициент газонасыщения	28	0,586
<b>По газоносной части XV-2 горизонта</b>		
Пористость открытая	17	16,1%
Проницаемость	15	6,27 мдарси
Коэффициент газонасыщения	3	0,487

— Каолиновые известняки обладают открытой пористостью 18–24%; проницаемость их колеблется от 40 до 90 мдарси.

— Комковатые известняки имеют открытую пористость 11–20%, проницаемость их не превышает 10 мдарси.

— Известняки трещиноватые обладают пористостью не выше 10% их проницаемость изменяется от 6 до 50 мдарси.

Доломиты имеют открытую пористость от 1 до 24%, проницаемость их изменяется от 1 до 150 мдарси.

Песчаники мелкозернистые, крепкие и слабо уплотненные, известковистые. Открытая пористость изменяется от 1 до 21%, проницаемость не превышает 120 мдарси.

Алевролиты песчано-глинистые, средне- и крупнозернистые, известковистые. Открытая пористость изменяется от 1 до 22%, проницаемость не превышает 10 мдарси.

По XV-1 и XV-2 горизонтам поднято 805 м керн. Лабораторным исследованиям было подвергнуто 409 образцов, из которых 145 характеризуют породы-коллекторы.

При подсчете запасов в 1965 году [1] в качестве пород-коллектора считались образцы с проницаемостью не менее 1 мдарси. В настоящее время по карбонатам в качестве газопроницаемых, признаются породы с проницаемостью до 0,1 мдарси.

Следует отметить, что на многих площадях Бухара-Хивинской нефтегазоносной области были установлены критерии выделения пород-коллекторов и неколлекторов. Для этой цели обычно использовался коэффициент проницаемости пород, граничная величина которого устанавливалась либо по лабораторным исследованиям керн, либо по данным испытания скважин с привлечением результатов анализа керн. Эту величину для карбонатных

пород верхней юры юго-западного Узбекистана можно считать практически постоянной и в среднем равной 0,1 мдарси.

В результате по газоносной части рассматриваемых горизонтов среднее значение открытой пористости пород несколько снизилось и достигло 17,55% по XV-1 горизонту и 16,1% по XV-2 горизонту (таблица 1).

Учитывая последнее обстоятельством при расчетах среднего значения открытой пористости пород XV-1 и XV-2 горизонтов были также учтены 11 образцов керн из этих горизонтов, которые обладали газопроницаемостью менее 1 мдарси (6 образцов пород по XV-1 горизонту и 5 образцов — по XV-2 горизонту).

Наряду с общепринятыми фильтрационно-емкостными параметрами на месторождении Учкыр изучалось также трещиноватость карбонатных пород. Судя по материалам, приведенным в отчете по подсчету запасов [2], трещиноватость, а точнее микротрещиноватость в карбонатных породах XV-1 и XV-2 горизонтов развита слабо. Здесь отмечается наличие трещин: открытых, открытых с признаками битума, битумных и минеральных (заполненных глинистым веществом, ангидритом или кальцитом). Наряду с этим встречаются стиллолиты, заполненные битумом; по ходу их иногда наблюдается открытые трещины (трещины расширения).

Раскрытость эффективных трещин (открытых и с признаками битума) в известняках и доломитах не превышает 40–60 м, чаще 20 м.

Густота трещиноватости составляет 20–40 тр/м.

Трещинная проницаемость изменяется от 6 до 50 мдарси.

Вместе с анализом образцов керн физические параметры пород-коллекторов продуктивных горизонтов изучались также методами промысловой геофизики [3].

Литература:

1. Пак, С. А., Календарев Б. А. и др. Геология и газонефтеносность Учкырского месторождения. Ташкент, 1965 г.,
2. Ахмедов, П. У., Дусмухамедов Ш. Н. и др. Опытнo-методические работы по совершенствованию методов определения емкостных и фильтрационных свойств верхнеюрских рифов Бухара-Хивинской области, г. Ташкент, 1982 г.

3. Добрынин, В. М., Вендельштейн Б. Ю., Резванов Р. А., Африкян А. И. Промысловая геофизика: учебник. — М.: Изд. «Нефть и газ», 2004 г.

## Контроль за повреждением контурных вод на месторождении Учкыр

Курбанов Амирзода Хакимзодаевич, магистр;  
Базаров Гайрат Рашидович, кандидат технических наук, доцент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

При эксплуатации газовых месторождений возникает необходимость контроля за возможным продвижением контурных вод, т. е. за положением контура газонасыщенности и газоводяного контакта в скважинах.

Здесь, к месту отметить, что проявления водонапорного режима на разрабатываемых месторождениях Западного Узбекистана не наблюдалось. Увеличение водонасыщения в приконтактных зонах следует объяснить не площадным подходом текущего ГВК, а конусообразованием в районе работающей скважины, или даже изменением водонасыщения в цементном кольце скважины.

Временные промыслово-геофизические замеры, в частности НГК-70 позволяют надежно контролировать изменение коэффициента газонасыщенности в обсаженных скважин. Течение процесса вытеснения газа водой в залежи зависит от фильтрационно-емкостных свойств эксплуатационных горизонтов и градиента давления между водоносной и газовой частями залежи, поэтому контроль за продвижением вод должен базироваться на данных детального изучения ФЕС продуктивных горизонтов и определения для слагающих их коллекторов пороговых насыщенныхностей.

Для выделения газонасыщенных отложений используются различия между насыщенностью прискважиной зоны сразу после её промывки фильтратом бурового раствора и её газонасыщенностью после расформирования зоны проникновения. При контроле процесса вытеснения в период эксплуатации газовых залежей необходимо периодически оценивать газонасыщенность пластов и сопоставлять получаемые данные с известными величинами поровой газонасыщенности.

До начала отбора газа из залежи во всех поровых каналах пластов имеет место капиллярное равновесие фаз. При этом давление в газовой фазе несколько выше, чем в водяной, вследствие действия капиллярных сил. В процессе отбора газа из залежи давление в газовой фазе постепенно падает и капиллярное равновесие нарушается. Это создает предпосылки для движения воды под действием капиллярных и напорных сил. Поскольку породы вмещающие газ, как правило, гидрофильные, то капиллярные силы способствуют продвижению воды в газонасыщенную часть пласта, причем чем меньше размеры пор, тем быстрее. Наиболее пригодным и доступным методом для контроля за возможным продвижением воды

в пласте после обсадки ствола колонной является нейтронный каротаж в модификации НГК-70, который необходимо проводить 1–2 раза в год. Основание использовать этот метод дает высокая информативность кривой НГК при определении коэффициента газонасыщенности.

Определение газонасыщенности по данным нейтронного каротажа возможно, если каротаж проводился после расформирования зоны проникновения. Время, необходимое для расформирования зоны проникновения изменяется от нескольких суток со дня обсадки скважины до нескольких сотен и определяется на основании опытных работ.

Для того, чтобы использовать кривую нейтронного каротажа для определения величины газонасыщенности необходимо некоторое время, на которое нужно остановить эксплуатацию скважины, чтобы газонасыщенность прискважиной зоны отражала газонасыщенность пласта в целом. Это время, как показывает опыт, составляет 5–7 суток, что на месторождении Учкыр не соблюдается.

Для определения насыщенности от показателей нейтронных методов существуют палетки. Их необходимо просчитывать для данного месторождения, учитывая все геологические и технологические характеристики разреза и скважин или на натуральных моделях, характеризующих параметры данного месторождения. Таких исследований по месторождению Учкыр не было, т. е. палеток зависимости  $K_g$  от  $I_n$  для месторождения Учкыр не было разработано. Сами же исследования методом НГК-70 на месторождении начали проводить ещё до начала эксплуатации залежи юрских отложений. Методика определения текущей газонасыщенности применялась для коллекторов Учкыра, представленных породами в XV-1 преимущественно песчано-алевритовыми с прослоями известняков и доломитов, в XV-2 горизонте — известняками и доломитами и в меньшей степени песчано-алевритовыми породами.

Основную долю емкости выполняют в них поры и каверны. Трещиноватость выражена в них довольно слабо. Коллекторские свойства по разрезу и по площади не выдержаны. Вот в таких геолого-промысловых условиях перед нами была поставлена задача определения текущей газонасыщенности разрабатываемого разреза. Диапазон исследований составил 3–36% пористости, что соответствует условиям пласта и для месторождения

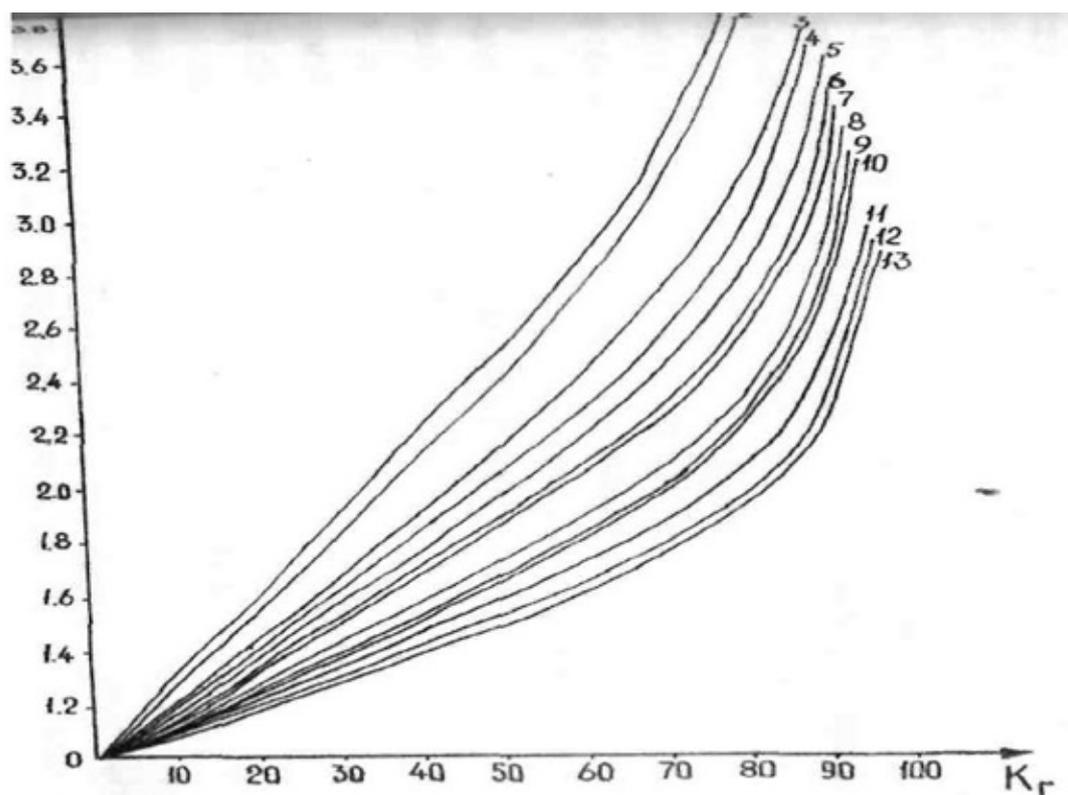


Рис. 1. 1 — э/кол — 6"; НКТ — нет; вода

- |   |   |
|---|---|
| 2 — э/кол — 5"; НКТ — 2,5"; вода        | 8 — э/кол — 6"; НКТ — 2"; газ             |
| 3 — э/кол — 5"; НКТ — нет; вода         | 9 — э/кол — 5"; НКТ — нет; газ            |
| 4 — э/кол — 6"; НКТ — 2,5"; вода        | 10 — э/кол — 6"; НКТ — 3"; газ            |
| 5 — э/кол — 5"; НКТ — 2"; вода; L=60 см | 11 — э/кол — 6"; НКТ — 2,5"; газ          |
| 6 — э/кол — 5"; НКТ — 2"; газ           | 12 — э/кол — 5"; НКТ — 3"; газ            |
| 7 — э/кол — 5"; НКТ — 2,5"; газ         | 13 — э/кол — 6"; НКТ — 2,5"; газ; L=60 см |

Учкыр. Для оценки  $K_g$  по данным нейтронного каротажа показания нейтронного каротажа необходимо представить в виде приведенного к одинаковым условиям измерений параметра. Этот параметр должен быть возможно более тесно связан с газонасыщенностью и мало зависеть от условий измерений и применяемой аппаратуры. Таким параметром в какой-то степени может служить относительный параметр

$$\alpha = I_k / I_v, \text{ где } \alpha \text{ — относительный параметр,}$$

$I_k$  и  $I_v$  — показания НГК против газоносного и против этого же пласта, но полностью насыщенного водой.

В случае использования параметра в моделях все параметры, а именно литология, пористость, конструкция скважины и др. должны строго соответствовать параметрам пластов в исследуемых скважинах. По этому принципу были построены палетки (рис. 1) зависимости от  $K_g$  по которым выполнили обработку всех материалов, полученных по месторождению Учкыр.

Первые временные замеры методом НГК-70 были проведены по скважинам не более чем через год после вскрытия разреза. В скважинных 201, 202, 206, 207, 209, 211, 215, 221, 222, 223 и 253 исследования методом НГК

проведены при заполнении ствола скважины глинистым раствором.

Поскольку месторождение Учкыр разрабатывается в условиях, когда с начала разработки в продукцию скважин поступает остаточная вода, которая располагается в газонасыщенной части продуктивного пласта в застойных областях крупных и мелких пор (капиллярах), необходимо вести контроль за возможным появлением законтурных вод по всей площади залежи в течение всего периода эксплуатации месторождения.

В нашем же случае контроль проводился эпизодически. По всей вероятности на достоверность величины газонасыщенности влияет то, что нет палеток рассчитанных на ствол скважины заполненный глинистым раствором, а в разрезе представлен не чисто песчано-глинистыми отложениями, а с прослоями доломитов и известняков.

На качестве обрабатываемого материала большое влияние оказывают информационные сведения о записываемой кривой, сведения о скважине. Однако, не смотря на все эти недостатки, мы попытались выполнить интерпретацию как первоначальных замеров НГК, так и в последующем.

Таблица 1. Высота подъема ГВК по скважинам

СКВ	Первоначальный ГВК	Текущий ГВК на февраль-апрель 2012г	Высота подъема ГВК	Текущий ГВК на 2013 г.
202	1530	1518	12	
203	1530	1492	38	
206	1525	1492	38	
207	1525	1498	21	обводнена
209	1525	1510	15	
210	1520	1509	11	
212	1530	без изменения		
213	1530	1501	29	
215	1530	1495	35	
216	1530	1501	29	1496 на 11.2013г
222	1520	1511	9	
223	1522	без изменения		
243	1530	1504	26	
251	1524	1511	13	

Проследить подъем ГВК по площади по годам не представляется возможным, т. к. нет ни одного года в течении которого были бы выполнены исследования методом НГК-70 по всем эксплуатационным скважинам. Однако, при анализе полученного материала, было установлено, что произошел подъем ГВК по скважинам 202, 203, 206, 207, 210, 213, 215, 222, 243 и 251 где были выполнены замеры НГК-70 весной 2012 г. В скважинах 209, 212, 223 отметка ГВК не изменилась и осталась первоначальной соответственно на абсолютных отметках минус 1524, 1532 м (таблица 1). Наибольший подъем ГВК на март 2012 г. оказался в скважинах 203, 207, 213, 215, 216 и 243 и находился на абсолютных отметках минус 1492,

1498, 1501, 1495 и 1504 м, что составило соответственно 38, 21, 29, 35, 29 и 26 м.

Для уточнения полной качественной характеристики работы залежи необходимо предусмотреть 1–2 раза в год проведения геофизических работ по контролю за обводнением скважин методом НГК-70. Для таких коллекторов как на месторождении Учкыр нет палеток для расчета Кг, текущие можно было бы порекомендовать выполнить на уровне опытно-методических партий работы, на моделях по расчету зависимости насыщенности от величины относительной интенсивности полученной на диаграммах НГК-70 для контроля за возможным вторжением в залежь подошвенных вод.

#### Литература:

1. Головин, Б. А., Калининкова М. В., Муха А. А. Контроль за разработкой нефтяных и газовых месторождений геофизическими методами: учебное пособие. — Саратов, 2005.
2. Добрынин, В. М., Вендельштейн Б. Ю., Резванов Р. А., Африкян А. И. Промысловая геофизика: учебник. — М.: Изд. «Нефть и газ», 2004.

## Характер трещинообразования коротких железобетонных балок при разрушении по сжатой зоне

Ладин Роман Акбарович, магистрант;  
Снежкина Ольга Викторовна, кандидат технических наук, доцент;  
Кочеткова Майя Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В статье представлены максимально подробные сведения о развитии трещин в коротких железобетонных балках при разрушении опытных образцов по сжатой зоне. При обработке результатов испытаний ставилась задача —

описать и проанализировать характер образования и развития трещин при изменении пролета среза  $0,25 \leq a/h_0 \leq 1,5$ .

Опытные образцы коротких балок проектировались прямоугольного сечения с размерами 25x40 см, длина

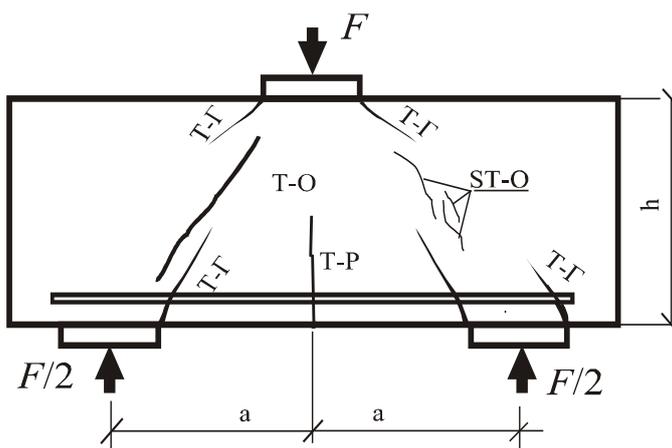


Рис. 1. Классификация трещин коротких балок

образцов изменялась в соответствии с пролетом среза. Бетон принимался класса В 25, арматура класса А III. Все образцы коротких балок имели одинаковое количество растянутой продольной арматуры  $\mu_s=0,85\%$  [1, 2].

При увеличении пролета среза характер образования и развития трещин изменялся следующим образом. Как правило, первыми появляются трещины в растянутой зоне в середине пролета, назовем их трещинами Т–Р (рис. 1). С увеличением уровня нагружения эти трещины развиваются слабо. После образования вертикальных трещин, с дальнейшим увеличением нагрузки, появля-

ются наклонные трещины. Эти трещины имеют примерно одинаковый угол наклона. Характер расположения наклонных трещин Т–Г (рис. 1) меняется. Они могут выделять сжатую зону бетона как с внутренней, так и с внешней стороны, либо только с одной стороны. Момент активного развития наклонных трещин наступает при нагрузке 0,85–0,9 от разрушающей.

Следует отметить некоторые особенности в образовании трещин в балках с пролетом среза  $a/h_0 \leq 0,5$ . Прежде всего это касается балки Б–1 с  $a/h_0=0,25$  (рис. 2). В отличие от других образцов, в данной балке вертикальные

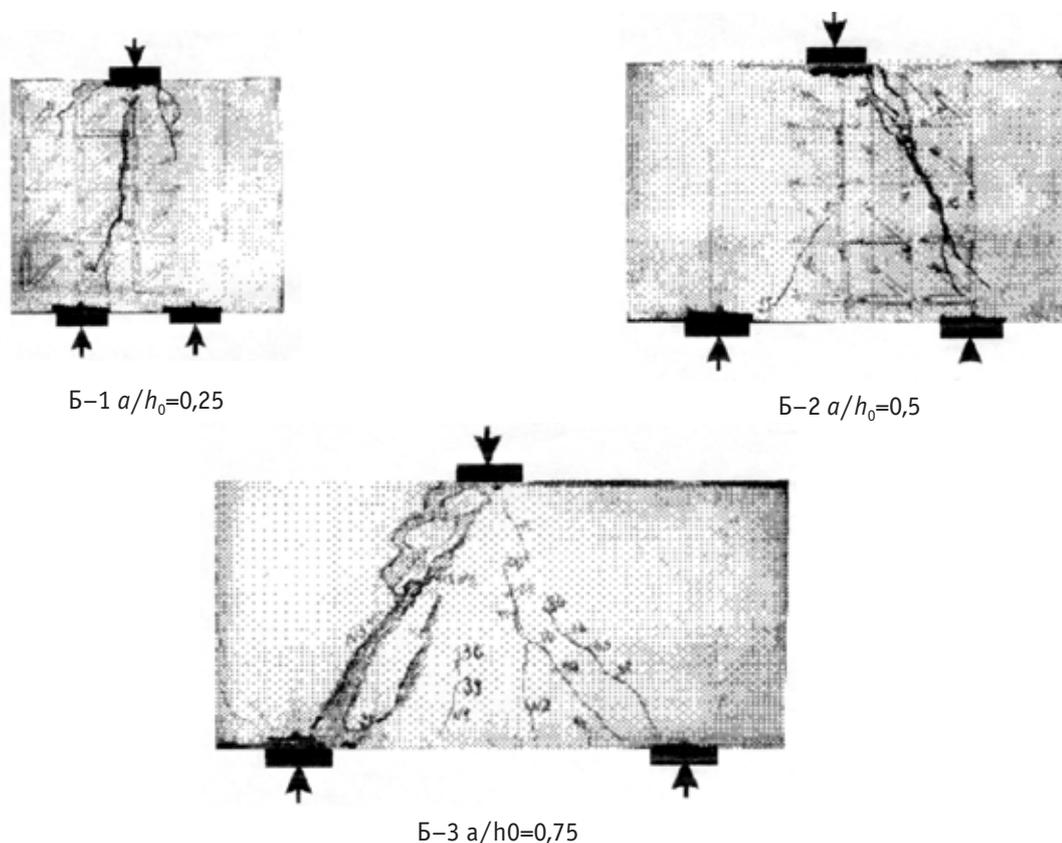


Рис. 2. Фотографии опытных образцов коротких балок Б-1 — Б-3

трещины отсутствовали, при нагрузке 0,87 от разрушающей возникла наклонная трещина, проходящая между центрами приложения сил (Т–О), в средней части балки. В момент образования длина трещины составила 0,6 высоты образца, ширина  $a_{\text{кр}}=1,3$  мм. Перед разрушением образца у грузовой площадки появились симметричные относительно оси приложения нагрузки короткие наклонные трещины, выделяющие сжатую бетонную полосу с внешней стороны у верхней грани балки [2,3].

В балке Б–2 с  $a/h_0=0,5$  (см. рис. 2) одновременно с наклонной возникает вертикальная трещина при нагрузке 0,7 от разрушающей. В дальнейшем трещина Т–Р практически не развивается, и длина ее к моменту разрушения образца составляет 0,25 от высоты. Наклонная трещина образуется в средней части балки, в зоне бетона, находящейся между грузовой и опорными площадками, в момент образования  $a_{\text{кр}}=0,05$  мм. При дальнейшем росте нагрузки трещина интенсивно развивается

к центрам приложения сил, перерастая в серию разветвленных трещин. К моменту разрушения появляются характерные трещины (рис. 2), выделяющие сжатую зону бетона как с внешней, так и с внутренней стороны.

В балке Б–3 с пролетом среза  $a/h_0=0,75$  (рис. 2) первыми возникают две вертикальные трещины, симметрично расположенные относительно центральной оси балки, при нагрузке 0,4 от разрушающей. В момент образования длина трещины типа Т–Р составила 0,3 от высоты балки, ширина раскрытия трещины  $a_{\text{кр}}=0,05$  мм. К моменту разрушения длина трещины составляет 0,4 от высоты балки, а ширина раскрытия трещины  $a_{\text{кр}}=0,1$  мм. При нагрузке, равной 0,6 от разрушающей, образуются наклонные-граничные трещины, выделяющие сжатую зону бетона с внутренней стороны (Т–Г). Трещины начинаются у внутреннего края опорных площадок и направлены к центру приложения внешней силы. На момент образования длина трещины составила 0,8 от высоты, ширина раскрытия

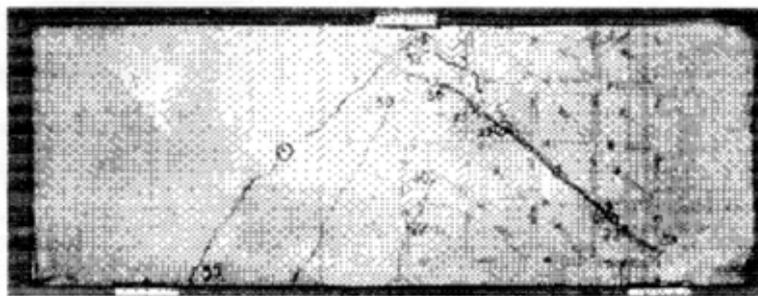
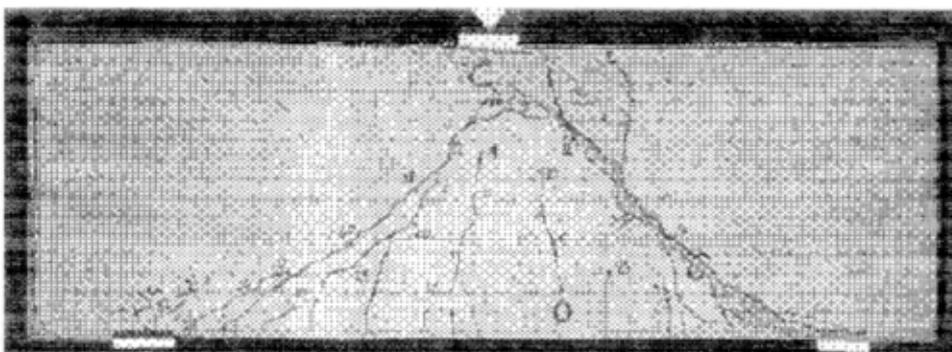
Б–4  $a/h_0=1$ Б–5  $a/h_0=1,25$ Б–6  $a/h_0=1,5$ 

Рис. 3. Фотографии опытных образцов коротких балок Б-4 — Б-6

трещины  $a_{сгс}=0,15$ . С дальнейшим увеличением нагрузки трещины интенсивно развиваются к центрам приложения сил, перерастая в серию разветвленных трещин.

В балке Б–4 с пролетом среза  $a/h_0=1$  (рис. 3) характер образования и развития трещин в бетоне такой же, как и в балке Б–3 [4, 5].

При увеличении пролета среза до 1,5, в растянутой зоне появляется большее количество вертикальных трещин, которые с увеличением вертикальной нагрузки приобретают наклонную траекторию, направленную к центру приложения внешней силы, и переходят в наклонную трещину, выделяющую сжатую зону бетона с внутренней стороны. В образце Б–5 с  $a/h_0=1,25$  вертикальные трещины типа Т–Р появляются при нагрузке 0,4 от разрушающей (рис. 3), длина их составляет 0,3 от высоты,  $a_{сгс}=0,05$  мм. В момент разрушения длина трещины составляет 0,6 от высоты, а ширина раскрытия  $a_{сгс}=0,1$  мм. При нагрузке, равной 0,56 от разрушающей, образуются наклонные граничные трещины длиной 0,8 от высоты балки.

В образце Б–6 с  $a/h_0=1,5$  (рис. 3) вертикальные трещины появляются при нагрузке 0,3 от разрушающей, длина трещины в момент образования составляет 0,3 вы-

соты балки, ширина раскрытия трещины  $a_{сгс}=0,05$  мм. к моменту разрушения длина трещины составляет 0,6 высоты,  $a_{сгс}=0,1$  мм. Наклонная граничная трещина Т–Г образуется при нагрузке 0,45 от разрушающей, длина в момент образования составляет 0,8 высоты балки.

#### Выводы:

— выявлено четыре вида характерных трещин: наклонные трещины, выделяющие сжатую полосу бетона, вертикальные трещины в бетоне растянутой зоны, серия наклонных прерывистых трещин, характерных при раздавливании бетона и наклонные трещины, расположенные внутри сжатой наклонной полосы;

— в балках с пролетом среза  $a/h_0$  от 1 до 1,5, так же как и в балках с  $a/h_0 \leq 1$ , выявлено два вида разрушения — разрушение по наклонной сжатой бетонной полосе и по растянутому арматурному поясу;

— с увеличением пролета среза от 0,25 до 1,5 разрушающее усилие снижается в 1,6 раза, усилие образования трещин — в 2,3 раза, максимальная величина раскрытия трещин составляет 0,8–1,3 мм.

#### Литература:

1. Скачков, Ю. П. Определение схем разрушения и трещинообразования коротких железобетонных балок по экспериментальным данным/Ю. П. Скачков, О. В. Снежкина, М. В. Кочеткова, А. В. Корнюхин// Региональная архитектура и строительство. — 2013. — №3. — с. 74–82.
2. Скачков, Ю. П., Снежкина О. В., Кочеткова М. В., Корнюхин А. В. Особенности напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных элементов/«Молодой ученый». — №12 (59), 2013. — с. 172–178.
3. Ладин, Р. А., Снежкина О. В., Кочеткова М. В., Корнюхин А. В. Характер напряженно-деформированного состояния коротких балок, армированных хомутами/Новый университет. — №10 (20), 2013. — с. 51–56.4
4. Снежкина, О. В., Кочеткова М. В., Корнюхин А. В., Ладин Р. А. Экспериментально-теоретические исследования коротких железобетонных балок/Новый университет. — №8–9 (18), 2013. — с. 53–57.
5. Снежкина, О. В., Кочеткова М. В., Корнюхин А. В., Ладин Р. А. Расчет прочности железобетонных балок со средним пролетом среза // Региональная архитектура и строительство. №1 (18), 2014. — С. 118–123.

## Термодинамика процессов растрескивания покрытий от действия влаги

Логанина Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Приведены сведения о вероятности разрушения защитно-декоративных покрытий от действия влаги. Рассмотрен механизм разрушения покрытий от действия давления воздуха в порах материала при конденсации влаги. Предложено процессы, происходящие в покрытиях в течение календарного года, описывать с помощью термодинамической функции — изменение энтропии.

**Ключевые слова:** защитно-декоративное покрытие, растрескивание, давление воздуха, термодинамика процесса.

## Thermodynamics of cracking coating against moisture

V. I. Loganina  
Penza State University of Architecture and Construction

The information about the probability of failure of protective and decorative coatings against moisture. The mechanism of degradation of coatings from the action of air pressure in the pores of the material in the condensation. Proposed processes occurring in the coatings during the calendar year, described by thermodynamic functions — the change in entropy

**Keywords:** protective and decorative coating, cracking, air pressure, thermodynamics process

В процессе эксплуатации защитно-декоративных покрытий наружных ограждающих конструкций зданий подвергаются увлажнению за счет действия дождей, высокой относительной влажности воздуха, а также за счет диффузии водяного пара через ограждающую конструкцию от внутренней поверхности к наружной в холодный период года, что приводит к растрескиванию или отслаиванию покрытий [1,2].

В работе рассмотрена вероятность растрескивания покрытия от действия влаги в зоне контакта. В зоне контакта «покрытие-подложка» имеются поры, не наполненные красочным составом, причем при увеличении пористости число таких пор возрастает. При конденсации влаги, находящейся в таких порах, воздух сжимается и оказывает давление на слой краски, способствуя его разрушению.

Был проведен расчет давления воздуха в порах материала при условии, что влажность материала стены не превышает предела сорбционного, т. е. когда в ограждающей конструкции наблюдается диффузия только водяного пара и отсутствует движение влаги в жидкой фазе

Давление воздуха в порах рассчитывалось в соответствии с законом Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{mRT}{\mu} \quad (1)$$

Принято, что параметры пор и масса газа остаются постоянными. Пусть влажность материала для 1 состояния составляет  $W_0^1$  (по объему), тогда коэффициент насыщения пор  $\kappa_{нас}^1$  равен:

$$\kappa_{нас}^1 = \frac{W_0^1}{\Pi} \quad (2)$$

где  $\Pi$  — пористость материала.

Для 2 состояния, когда влажность материала  $W_0^2$ , причем  $W_0^2 > W_0^1$ :

$$\kappa_{нас}^2 = \frac{W_0^2}{\Pi} \quad (3)$$

Коэффициент характеризует объем воды в порах, а  $\Pi - \kappa_{нас}$  — объем воздуха в порах. С учетом этого в соответствии с уравнением (1) давление воздуха в порах для 1 состояния будет равно:

$$P_1 = \frac{mRT}{\mu(\Pi - \kappa_{нас}^1)} \quad (4)$$

Для 2 состояния:

$$P_2 = \frac{mRT}{\mu(\Pi - \kappa_{нас}^2)} \quad (5)$$

Изменения давления составляет:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = mRT(\kappa_{нас}^2 - \kappa_{нас}^1) / \mu(\Pi - \kappa_{нас}^2 (\Pi - \kappa_{нас}^1)) \quad (6)$$

Рассмотрим в качестве примера расчет дополнительного давления воздуха в порах при нестационарных условиях диффузии водяного пара в наружной стене, выполненной из керамзитобетона плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  для условий г. Москвы. Относительная влажность воздуха с внутренней стороны составляет 60% при темпе-

Таблица 1. Изменение давления воздуха в порах подложки в зависимости от влажности материала

Месяц	Давление P, МПа	Влажность в зоне контакта $W_0$ , %	Температура, С
Июль	0,112	1,6	18,09
Август	0,111	1,6	16,29
Сентябрь	0,110	2	11,01
Октябрь	0,109	2,6	4,96
Ноябрь	0,109	3,4	-1,09
Декабрь	0,107	3,4	-6,19
Январь Февраль	0,106	3,4	-8,64
Март	0,107	3,4	-8,06
Апрель	0,109	3,4	-3,45
Май	0,109	1,8	4,77
Июнь	0,110	1,4	11,95
	0,111	1,4	15,92

ратуре 18° С. Толщина стены составляет 35 см. Расчет влажностного состояния стены выполнен с учетом паропроницаемости покрытий [3] (табл. 1).

Анализ экспериментальных данных, приведенных в табл. 1, свидетельствует, что величина давления воздуха в порах материала при условии, что влажность материала стены не превышает предела сорбционного, т. е. когда в ограждающей конструкции наблюдается диффузия только водяного пара и отсутствует движение влаги в жидкой фазе, не представляет опасности для целостности большинства покрытий. Величина давления воздуха не превышает 0,12 МПа. Однако диффузия только водяного пара наблюдается у высохших стеновых панелей. Однако влажность бетона стеновых панелей нередко достигает до 20 % и высыхание до нормативной влажности составляет 4–5 лет. Расчеты показывают, что при влажности бетона 8 % давление воздуха в порах в июне месяце достигает до 0,214 МПа, при влажности 12 % — 0,244 МПа, что сопоставимо с длительной когезионной прочностью некоторых защитно-декоративных покрытий (известковых, полимеризвестковых, ХСПЭ и др.).

При отделке наружных стеновых панелей красочным составом на основе органических растворителей (толуол, ксилол и др.) в порах образуется насыщенная парогазовая смесь. Наличие в объеме пор наряду с водяным паром другого газа способствует уменьшению скорости поверхностной конденсации. Из этого следует, что разрушение (отслаивание, растрескивание) покрытий от действия давления воздуха в порах подложки начинается позже по сравнению с покрытиями на основе водных красочных составов.

Предложено описать процессы, происходящие в покрытиях в течение календарного года, с помощью термодинамической функции — изменение энтропии  $S$ . Учитывая сложность структуры и свойств композиционного материала «покрытие — бетон наружных стен зданий», будем считать его как систему, состоящую из макро-

пических объектов (собственно покрытия, материал подложки и поровое пространство). Рассмотрим изменение энтропии системы, состоящей из воздуха, находящегося в порах подложки.

Начальное состояние системы характеризуется температурой  $T_1$  и объемом  $V_1$ , конечное состояние —  $T_2$  и  $V_2$ . Систему можно перевести из начального состояния в конечное в две стадии. Первая стадия состоит в изотермическом расширении от объема  $V_1$  до объема  $V_2$ , за ней следует нагревание от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$  при постоянном объеме. Изменение энтропии на первой стадии можно определить по формуле

$$\Delta S = (mR / \mu) \ln(V_2 / V_1) \tag{7}$$

Изменение энтропии при изохорическом процессе составляет

$$\Delta S = (mRi / 2\mu) \ln(T_2 / T_1) \tag{8}$$

где  $i$  — число степеней свободы, для данной системы,  $i = 5$ .

Полное изменение энтропии будет составлять

$$\Delta S = (mR / \mu) \ln V_2 / V_1 + (mRi / 2\mu) \ln T_2 / T_1 \tag{9}$$

Результаты расчета изменения энтропии приведены в табл. 2. Анализ расчетных данных свидетельствует, что максимальное изменение энтропии характерно для апреля месяца и составляет  $\Delta S = 23,45$  Дж/К. По Больцману энтропия может рассматриваться как мера беспорядка системы, поэтому, чем больше число микросостояний, реализующих данное макросостояние, тем больше энтропия. Увеличение изменения энтропии в ноябре месяце, равное 18,16 Дж/К, очевидно, связано с переходом через  $-4^\circ\text{C}$  и возникновением при этом трещин.

Проведенные дальнейшие расчеты показывают, что в случае образования трещин и появления дополнительного объема воздуха, который могут заполнить молекулы воздуха, находившегося в порах, давление воздуха

Таблица 2. Термодинамические параметры воздуха в порах цементной подложки в процессе увлажнения

Месяц	Температура, К	Объем воздуха, м <sup>3</sup>	Изменение энтропии, $\Delta S$ , Дж/К
Июль	291,0	0,607	4,796
Август	289,0	0,603	-5,14
Сентябрь	283,7	0,597	-13,49
Октябрь	277,4	0,589	-16,999
Ноябрь	271,1	0,587	-18,16
Декабрь	265,8	0,574	-11,895
Январь Февраль	263,2	0,5743	-5,79
Март	263,8	0,5741	1,3
Апрель	268,6	0,5717	9,595
Май	277,2	0,5844	23,45
Июнь	284,7	0,600	21,66
	288,8	0,606	10,64

в порах уменьшается, поэтому уменьшается и изменение энтропии. Таким образом, каждый новый годовой цикл повторяет динамику изменения энтропии, но на уровне системы со все меньшим порядком (т.е. с большим числом трещин) и так до полного разрушения покрытия. Полученные результаты расчетов согласуются с ранее полученными данными о вероятности разрушения покрытий от действия давления воздуха в порах цементной подложки в апреле месяце. По полученным расчетам изменения энтропии в течение календарного года можно сделать следующие выводы. С увеличением температуры

системы, которое наблюдается с февраля месяца, увеличивается давление системы, на что указывает увеличение изменения энтропии. С апреля месяца за счет дополнительного объема пор, образовавшегося в результате появления трещины, давление воздуха в порах уменьшается, а, следовательно, уменьшается изменение энтропии. Таким образом, применение термодинамического метода позволяет более детально рассмотреть процессы, происходящие в покрытиях в процессе старения, и предсказать их разрушение по изменению энтропии в течение календарного года.

## Литература:

1. Логанина, В.И. Изменение физико-механических свойств покрытий на основе полимерцементных связующих в процессе старения/В.И. Логанина, О.В. Карпова, Н.В. Божьев//Пластические массы. — 1999. — №5. — с. 11.
2. Орендлихер, Л.П. Защитно-декоративные покрытия бетонных и каменных стен зданий/Л.П. Орендлихер, В.И. Логанина. — Справочное пособие. — М.:Стройиздат,1993. — 136 с.
3. Скачков, Ю.П. Вертикальные ограждающие конструкции зданий с пеностеклокерамикой/Ю.П. Скачков, В.И. Логанина В.И., О.В. Карпова // Региональная архитектура и строительство. — 2011. — №1. — с. 23–26.

## References:

1. Loganina, V.I. Changes in the physical and mechanical properties of coatings based on polymer-binder aging/V.I. Loganina, O.V. Karpova, N.V. Bozhev//Plastic massy.—1999. — №5. — P. 11.
2. Orentliher, L.P. Protective and decorative coatings of concrete and stone walls/L.P. Orentliher, V.I. Loganina.-Handbook. — M. Stroyizdat, 1993. — 136p.
3. Skachkov, Y.P. Vertikalnye building envelope with penosteklokeramikoy/Yu.P. Skachkov, V.I. Loganina VI, O. V. Karpova//Regional architecture and engineering. — 2011. — №1. — P. 23–26.

## Определение уточненных параметров схемы замещения

Муратаева Галия Амировна, кандидат технических наук, старший преподаватель  
Казанский государственный энергетический университет

Муратаев Амир Аслахович, кандидат технических наук, доцент  
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

*В статье рассмотрен способ определения параметров схемы замещения электрической сети для расчета токов короткого замыкания.*

Наряду с нормальным установившимся режимом работы энергетической системы имеют место аварийные режимы, возникающие при значительных возмущениях (авариях). Аварийные режимы возникают вследствие повреждения элементов электрической сети. Наиболее опасными и частыми повреждениями в системе электроснабжения являются короткие замыкания (КЗ). Большие токи КЗ способны привести к термическому и механическому повреждению электрооборудования, ухудшению условий работы потребителей, что в свою очередь, может вызвать нарушение технологического процесса, приводящее к значительному технико-экономическому ущербу.

Для выбора и проверки выбора электрооборудования необходимо рассчитывать токи короткого замыкания. Электрическая сеть состоит из различных элементов, имеющих свое назначение и конструктивное выполнение. Участок электрической сети характеризуется одинаковым набором параметров. Параметры отражают характерные свойства элементов сети и различаются только количественно. Для количественного определения свойств элементов электрической сети составляется схема замещения. Основными элементами схемы замещения энергетической системы являются силовые трансформаторы, линии электропередач, генераторы и другие элементы.

При расчетах токов короткого замыкания в электроустановках до 1 кВ необходимо учитывать активные и индуктивные сопротивления всех элементов, включая силовые трансформаторы, трансформаторы тока, реакторы, токовые катушки автоматических выключателей и проводники. Необходимо также учитывать:

- изменение активного сопротивления проводников в цепи вследствие их нагрева при коротком замыкании;
- сопротивление электрической дуги в месте короткого замыкания [1].

Параметры элементов схемы замещения в большинстве случаев определяются по справочным и паспортным данным.

Учет такого большого количества элементов схемы замещения предполагает наличие достоверных справочных параметров по каждому элементу схемы замещения и требует взвешенного подхода к определению эквивалентных параметров схемы замещения.

Некорректно подобранные справочные данные по расчетной схеме могут привести к получению конечного ре-

зультата настолько далекого от реальной действительности, что даже, выполненный без учета некоторых элементов схемы замещения, расчет может оказаться более достоверным. В этом случае целесообразна вероятностная оценка ожидаемого тока короткого замыкания, учитывающая возможный разброс параметров схемы замещения, либо экспериментальное определение эквивалентных параметров в каждой реально существующей схеме или группе схем.

В этой связи, актуальной является задача определения достоверных параметров рассматриваемой электрической сети. В работе предложен способ определения параметров схем замещения электрической системы.

Предлагаемый способ основан на измерении активной составляющей схемы замещения методом амперметра и вольтметра на постоянном токе. Реактивная составляющая может быть вычислена по результату измерения полного сопротивления на переменном токе.

Проводимые таким образом измерения предполагают применение источника небольшой мощности при значениях тока в пределах одного ампера.

В режиме короткого замыкания активная составляющая схемы замещения вследствие большой величины протекающего тока может отличаться от измерений, полученных при малых токах. Это связано не только с нагреванием проводников, но и вследствие изменения переходных сопротивлений контактов при больших токах.

Аналогичные измерения при больших токах потребует увеличение мощности источника тока. Рассматриваемая методика заключается в зондировании исследуемой петли короткого замыкания импульсом тока предварительно заряженного конденсатора.

Осциллографирование переходного тока позволяет определить основные параметры схемы замещения. На основании  $n$ -отсчетов переходного тока  $I_t$  для различных моментов времени  $t$ , можно получить значения корней характеристического уравнения  $X_1, X_2$ , а следовательно и эквивалентные параметры схемы замещения  $R, L$ , путем минимизаций функции вида:

$$F(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{x_1 x_2}{x_1 - x_2} (e^{x_1 t_i} - e^{x_2 t_i}) - I_t \right]^2$$

Предложенный способ позволит получить более точные результаты расчетов и снизит риск появления ошибочных результатов.

Литература:

1. ГОСТ 28249–89. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ. — Введ. 1995–01–01. — М.: Стандартинформ, 1995. — 45 с.

## Применение генетического алгоритма для решения задачи распределения ресурсов в процессе выполнения административных регламентов

Науменко Владимир Викторович, ассистент  
Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь)

*В статье рассматривается решение задачи оптимального распределения ресурсов в процессе выполнения административных регламентов с целью повышения их выполнимости при помощи модифицированного генетического алгоритма.*

**Ключевые слова:** административный регламент, генетический алгоритм, распределение ресурсов.

Главное назначение административных регламентов (АР) заключается в интеграции в единое функциональное целое совокупности процессов и операций, реализуемых субъектами действия над существующими объектами в интересах, определенных нормативными регуляторами и инструкциями, для достижения заданной цели [1]. Поэтому если рассматривать АР как алгоритмический процесс, реализующий государственную услугу, то его основу будут составлять процессы и операции, закрепленные в нормативно-правовом акте АР (см. рис. 1). Типовая структура АР предполагает наличие описания административных процедур  $c$ , каждая из которых достигается путем выполнения определенной последовательности задач  $z$ :

$$P(c_m) \rightarrow P((z_n)_{n=1}^k)$$

где  $P$  — предикат наличия элемента системы ( $P(e)$  — принимает значение «истина», если  $e$  существует в системе),  $k > 0$ .

При этом сам АР  $R$  будет характеризоваться последовательностью процедур:

$$P(R) \rightarrow P((c_n)_{n=1}^k), \text{ где } k > 0.$$

Каждая задача предполагает совершение определенных операций субъектов над объектами, то есть:

$$P(z_n) \rightarrow P(s_m), P(z_n) \rightarrow P(q_m).$$

Субъект-пользователь инициирует выполнение первой задачи последовательности, в результате чего запускается процесс выполнения АР. При этом субъекты и объекты выступают в качестве ресурсов, необходимых для перехода от одной задачи к другой [2].

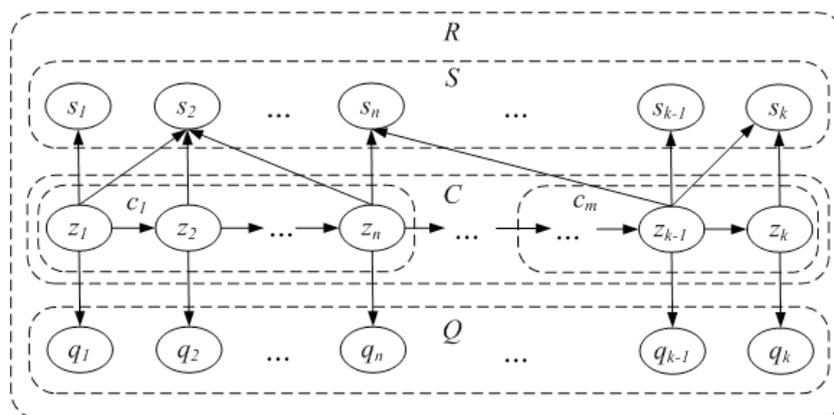


Рис. 1. Типовая структура административного регламента

Основные проблемы, препятствующие выполнению требований АР можно разделить на две группы:

- связанные с логической противоречивостью описания процессов АР;
- возникающие в процессе выполнения АР.

Решение проблем логической противоречивости связано с правильным выбором методов и средств моделирования информационных процессов, подходящих для описания АР. Построение адекватной информационной модели АР позволит выявить противоречия в описании до его реализации виде совокупности информационных процессов, исключая появление в системе ряда угроз функциональной безопасности. Однако проблемы, возникающие в процессе выполнения, являются следствием отсутствия либо неправильного распределения ресурсов системы — субъектов и объектов и требуют решения оптимизационных задач. Решение одной из таких задач предлагается авторами данной статьи.

Как уже было отмечено ранее, выполнение некоторой задачи  $z_n$  связано с наличием в системе соответствующего субъекта  $s_m'$  и объекта  $q_k'$ , которые можно определить как необходимые требования для  $z_n$ . Однако стоит отметить, что система государственного управления является динамической системой и поэтому соблюдение условий  $P(s_m') \rightarrow P(s_m)$  и  $P(q_k') \rightarrow P(q_k)$  зависит от того, заняты ли  $s_m$  и  $q_k$  в момент времени  $t_i$ , где  $t_i$  — время начала выполнения задачи  $z_n$ :

$$\tau(t_i) \rightarrow (P(s_m') \rightarrow P(s_m)) \wedge (P(q_k') \rightarrow P(q_k)),$$

где  $\tau(t_i)$  — предикат, принимающий значение «истина» в момент времени  $t_i$ .

При этом как показывает практика, каждый объект АР уникален и соответствует только одной задаче. Поэтому решение задачи обеспечения выполнимости АР состоит в согласовании множества необходимых объектов  $Q'$  и существующих в системе  $Q$ :

$$Q' \subset Q.$$

Иная ситуация обстоит с субъектами. Каждый субъект в системе государственного управления функционально может выполнять несколько задач АР. Поэтому для обеспечения выполнимости АР необходимо решение оптимизационной задачи, направленной на эффективное распределение задач между субъектами-исполнителями.

Рассмотрим процедуру решения задачи оптимального распределения субъектов-исполнителей, входящих в группу  $S_o$  (с общим количеством субъектов-исполнителей  $a$ ), где каждый из субъектов-исполнителей  $s_n \in S_o$  функционально может быть задействован в выполнении задач из группы  $Z_l$  (с общим количеством задач  $b$ ). Учитывая, что процесс выполнения задач непрерывный, а процесс поступления задач на выполнение случайный, то АР можно рассматривать как сеть узлов массового обслуживания, где каждый узел — это субъект-исполнитель  $s_n$ , который представляет собой систему массового обслуживания, выполняющую поток заявок  $\lambda_k$ , соответствующий задаче  $z_k \in Z_l$ . Учитывая, что интервал между заявками и длительность выполнения задач распределены по законам  $A(\tau)$  и  $B(\tau)$ , которые необходимо определять отдельно для каждого случая (отдельно для каждого исполнителя и АР в целом) и которые также могут изменяться во времени, то следует воспользоваться общим решением для одноканальных систем массового обслуживания  $G/G/1$ , которое характеризует выполнение некоторого потока задачи  $z_k$  (или задач  $z_k, \dots, z_{k+p}$ ) исполнителем  $s_n$ . На основании решений для системы  $G/G/1$  можно определить, сколько будет выполняться задача при заданных параметрах системы, которыми являются:

- среднее фактическое время выполнения задачи  $t_{zk}$ ;
- средняя интенсивность поступающих заявок  $\lambda_k$ ;
- среднеквадратическое отклонение значения интервала между поступающими заявками  $\sigma_A$ ;
- среднеквадратическое отклонение значения длительности выполнения задач  $\sigma_B$ .

Рассмотрим математическую модель контроля основных параметров, влияющих на выполнимость на основе ТМО. Анализ многочисленных результатов (например результатов работ [3–5]) показывает, что наиболее удачное приближение для расчета среднего времени пребывания заявки для системы  $G/G/1$  дает формула

$$T_s \approx \frac{\rho t_s (v_{As}^2 + v_{Bs}^2)}{2(1 - \rho)} f(v_{As}) + t_s, \tag{1}$$

$$\text{где } \rho = \lambda_s t_s, f(v_{As}) = \begin{cases} \exp\left[-\frac{2(1-\rho)(1-v_{As}^2)^2}{3\rho(v_{As}^2 + v_{Bs}^2)}\right], v_{As} < 1 \\ \exp\left[-(1-\rho)\frac{v_{As}^2 - 1}{v_{As}^2 + 4v_{Bs}^2}\right], v_{As} \geq 1 \end{cases},$$

Величины  $\lambda_s$  и  $t_s$  определяются следующим образом:

$\lambda_s$  — суммарный поток заявок для исполнителя  $s$ , который равен

$\lambda_s = \lambda_k + \dots + \lambda_{k+p}$ , где  $\lambda_k, \dots, \lambda_{k+p}$  — интенсивности поступления заявок на выполнение всех задач, выполняемых субъектом  $s$ ;

$t_s$  — среднее время выполнения задач субъектом  $s$ , которое определяется как

$$t_s = p_k t_k + \dots + p_{k+p} t_{k+p}, \tag{2}$$

где 
$$p_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=k}^{k+p} \lambda_i}$$

Для определения коэффициента вариации интервала между поступающими заявками  $v_{As}$  воспользуемся уравнением средней дисперсии для мультиплексированного входящего потока системы  $G/G/1$ , приведенным в работе [6]:

$$\sigma_{As}^2 = \left( \frac{\lambda_k}{\sum_{i=k}^{k+p} \lambda_i} \right)^3 \sigma_{Az_k}^2 + \dots + \left( \frac{\lambda_{k+p}}{\sum_{i=k}^{k+p} \lambda_i} \right)^3 \sigma_{Az_{k+p}}^2. \tag{3}$$

Коэффициент вариации интервала между поступающими заявками в свою очередь будет равен

$$v_{As} = \sigma_{As} (\lambda_k + \dots + \lambda_{k+p}), \tag{4}$$

Для определения коэффициента вариации длительности выполнения задач  $v_{Bs}$  необходимо учитывать, что субъект  $s_n$  выполняет задачи последовательно, поэтому нужно рассматривать множество значений длительности выполнения задач как совокупность с математическим ожиданием  $t_s$ , состоящей из групп с параметрами  $t_k, \dots, t_{k+p}$  и  $\sigma_{Bk}, \dots, \sigma_{Bk+p}$ . Воспользоваться правилом сложения дисперсий получим общую дисперсию длительности выполнения для  $s_n$

$$\sigma_{Bs}^2 = \left( \frac{\lambda_k}{\sum_{i=k}^{k+p} \lambda_i} \sigma_{Bz_k}^2 + \dots + \frac{\lambda_{k+p}}{\sum_{i=k}^{k+p} \lambda_i} \sigma_{Bz_{k+p}}^2 \right) + \left( \frac{\lambda_k}{\sum_{i=k}^{k+p} \lambda_i} (t_k - t_s)^2 + \dots + \frac{\lambda_{k+p}}{\sum_{i=k}^{k+p} \lambda_i} (t_{k+p} - t_s)^2 \right). \tag{5}$$

Отсюда коэффициент вариации по определению равен

$$v_{Bs} = \frac{\sigma_{Bs}}{t_s}.$$

В случае если одну задачу (один поток) выполняет несколько субъектов, то необходимо воспользоваться решением для параллельных каналов с различным временем обслуживания [7], то есть поступающее требование направляется на один из каналов (к одному из исполнителей) с вероятностью:

$$p_{ki} = 1 / (t_{iZk} \sum_{i=n}^{n+p} \frac{1}{t_{iZk}}). \tag{6}$$

Поэтому поток заявок для каждого из исполнителей задачи  $z_k$  будет равен:

$$\lambda_{ki} = p_{ki} \lambda_k. \tag{7}$$

Таким образом, выражение 2 позволяет оценить среднее время пребывания заявки у исполнителя  $s_n$ . Однако использовать данное значение для оценки выполнимости АР не возможно, так оно является общим для всех задач, выполняемых исполнителем  $s$ . Поэтому необходимо определить среднее время обслуживания для каждой задачи  $z_k, \dots, z_{k+p}$ , выполняемой  $s_n$  —  $T_k, \dots, T_{k+p}$ . Для этого рассмотрим следующую модель.

Рассмотрим узел СМО (отдельного исполнителя) как многоканальную систему (см. рисунок 2), где каждая заявка перед обслуживанием попадает в бесконечный накопитель  $H$ , а каждый канал  $K_N$  связан с выполнением определенной задачи из множества  $z_b, \dots, z_{b+n}$ .

Учитывая, что накопитель  $H$  является общим для всех потоков  $\lambda_k, \dots, \lambda_{k+p}$ , то среднее время ожидания в очереди будет одинаковым для всех заявок  $z_k, \dots, z_{k+p}$ . Поэтому с учетом 2 время пребывания заявки в системе для каждой из задач, выполняемых исполнителем  $s_n$  будет определяться по формуле

$$T_i \approx \frac{\rho t_s (v_{As}^2 + v_{Bs}^2)}{2(1 - \rho)} f(v_{As}) + t_{Zi}. \tag{8}$$

Просчитав для каждой задачи среднее время выполнения  $T_i$  и сравнив их с максимальным временем  $T_{i \max}$ , определенным нормативными регуляторами АР, можно сказать, что если  $T_i > T_{i \max}$ , то задача не выполняется с заданными условиями. Результат представим в виде коэффициента:

$$\alpha_k = T_k / T_{k \max}. \tag{9}$$

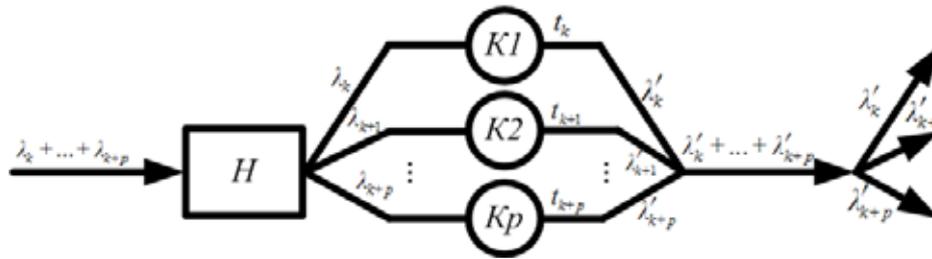


Рис. 2. Модель системы обслуживания потока различных задач AP

В том случае, если задачу  $z_i$  выполняет несколько исполнителей  $s_n, \dots, s_{n+l}$ , то для сравнения выбирается максимальное значение времени пребывания заявки в системе:

$$T_i = \max(T_{i_n}, \dots, T_{i_{n+l}}). \tag{10}$$

Показатель  $\alpha_k$  характеризует загруженность субъекта-исполнителя при выполнении задачи  $z_k$  и позволяет оценить запас времени, который доступен для решения других задач из группы  $Z_i$ .

Решение любых задач распределения ресурсов требуют выбора определенного критерия в качестве целевой функции, на получение оптимальных значений которого и будет направлена задача.

Как уже было отмечено в первой главе, в качестве целевой функции необходимо использовать показатель, который характеризует насколько сбалансировано распределение исполнителей между задачами AP. В качестве такого показателя целесообразно использовать дисперсию величины  $\alpha_k$  каждой из задач AP:

$$D(\alpha) = \frac{1}{b} \sum_{k=1}^b (\alpha_k - M[\alpha_k])^2. \tag{11}$$

Теперь рассмотрим процедуру распределения задач между субъектами-исполнителями. Приведем технологическую матрицу, характеризующую распределение ресурсов в системе. В левом столбце приведены все задачи группы  $Z_i$ , в верхней строке все субъекты группы  $S_o$ .

Таблица 1. Матрица распределения ресурсов в системе

Z	S					
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	...	S <sub>n</sub>	...	S <sub>a</sub>
Z <sub>1</sub> λ <sub>1r</sub> σ <sub>A1r</sub> T <sub>1max</sub>	x <sub>11</sub>	x <sub>21</sub>	...	x <sub>n1</sub>	...	x <sub>a1</sub>
Z <sub>2</sub> λ <sub>2r</sub> σ <sub>A2r</sub> T <sub>2max</sub>	x <sub>12</sub>	x <sub>22</sub>	...	x <sub>n2</sub>	...	x <sub>a2</sub>
...	...	...	...	...	...	...
Z <sub>k</sub> λ <sub>kr</sub> σ <sub>Akr</sub> T <sub>kmax</sub>	x <sub>1k</sub>	x <sub>2k</sub>	...	x <sub>nk</sub>	...	x <sub>ak</sub>
...	...	...	...	...	...	...
Z <sub>b</sub> λ <sub>br</sub> σ <sub>Abr</sub> T <sub>bmax</sub>	x <sub>1b</sub>	x <sub>2b</sub>	...	x <sub>nb</sub>	...	x <sub>ab</sub>

Для каждой задачи также указывается поток заявок  $\lambda_k$  и среднее время выполнения  $t_{znk}$ . При этом сумма каждой строки должна быть больше 0, так как для любой из задач должен быть определен исполнитель:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + \dots + x_{n1} + \dots + x_{a1} > 0; \\ x_2 + x_2 + \dots + x_{n2} + \dots + x_{a2} > 0; \\ \dots \\ x_{1k} + x_{2k} + \dots + x_k + \dots + x_k > 0; \\ \dots \\ x_{1b} + x_{2b} + \dots + x_b + \dots + x_b > 0. \end{cases} \tag{12}$$

Таким образом, задача распределения ресурсов схожа с классической задачей распределения ресурсов в транспортной сети (между поставщиками и потребителями, мощностей между каналами передачи данных и т.п.) и состоит в определении величин  $x_{nk}$  — поставка  $n$ -субъекта  $k$ -задаче, которая может принимать значение 1 либо 0. При этом для каждой из задач выполняется условие  $\alpha_k \leq 1$ , а величина  $D(\alpha)$  минимальна.

В работе [8] проведен подробный анализ методов оптимизации для решения задачи подбора технических средств охраны. Рассматриваемая в работе задача, также как и решаемая авторами данной статьи, имеет множество дискретных решений и сложную целевую функцию и также относится к  $NP$ -полным, в связи с чем был выбран генетический алгоритм. Поэтому целесообразно применить этот метод для решения поставленной задачи.

Теперь рассмотрим каждый из этапов решения задачи с помощью классического генетического алгоритма (разработанным Холландом [9]). Вначале случайным образом выбираются  $N$  ( $N \geq b$ ) значений вектора  $x$  (начальная популяция из  $N$  особей), каждое из которых соответствует системе неравенств 12 и условию  $\alpha_k \leq 1$ . Далее генерируется промежуточная популяция — это набор особей, получивших право размножаться. Для генерации промежуточной популяции используется принцип пропорционального отбора, заключающийся в том, что каждая особь попадает в популяцию с вероятностью, пропорциональной ее приспособленности. Для данной задачи: чем меньше значение  $D(\alpha)$ , тем больше вероятность попадания в промежуточную популяцию:

$$P_p = 1 - \frac{D_p(\alpha)}{D_1(\alpha) + \dots + D_N(\alpha)} \tag{13}$$

Далее особи в случайном порядке разбиваются на пары, и производится скрещивание (обмен случайными отсеченными частями):

$$x_p[01011.01\dots101] \leftrightarrow x_{p+1}[11001.11\dots001] = x_p'[11001.01\dots101]$$

К полученному в результате отбора и скрещивания новому поколению применяется оператор мутации, который инвертирует каждый бит популяции с вероятностью  $1/N$ . Далее из полученных особей выбираются только те, что соответствуют системе неравенств 12 и условию  $\alpha_k < 1$ , после чего цикл повторяется снова. Процесс эволюции (цикл отбор-скрещивание-мутация) может продолжаться бесконечное число шагов, поэтому критерием останова является получение сходимости целевой функции за  $n$  число шагов, либо достижения максимального количества итераций. При этом оптимальному значению вектора  $x$  будет соответствовать наиболее приспособленная особь из последнего поколения:

$$x = \arg \min((D_1(\alpha), \dots, D_N(\alpha))_n) \tag{14}$$

Блок-схема классического генетического алгоритма приведена на рисунке 3.

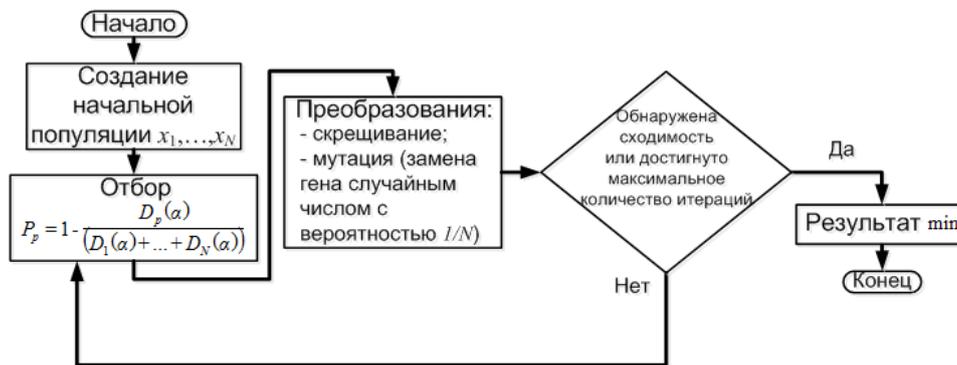


Рис. 3. Классический генетический алгоритм

Исследование полученного генетического алгоритма, выполненного в среде MATLAB, для распределения 26 задач между 8 исполнителями показывают, что он уступает алгоритму General Pattern Search (GPS), представляющий собой разновидность симплексного метода, входящей в пакет MATLAB (см. рисунок 4).

Использование алгоритма GPS дает возможность получить наименьшее значение целевой функции ( $D(\alpha) = 0,00341268$ ) за одно и то же время работы (2 часа), как и классический генетический алгоритм ( $D(\alpha) = 0,003580429$ ). Поэтому автором данной статьи предлагается ряд модификаций, позволяющих улучшить сходимость генетического алгоритма. Блок-схема модифицированного генетического алгоритма приведена на рисунке 5.

В данном генетическом алгоритме улучшение сходимости достигается путем дополнительного преобразования полученной после скрещивания и мутации популяции, которое включает в себя замену неприспособленных особей на лучшую особь с применением к ней мутации и вероятностью 0,05. После этого выполняется дополнительный отбор, который исключает особей, не соответствующих условию  $\alpha_k \leq 1$ .

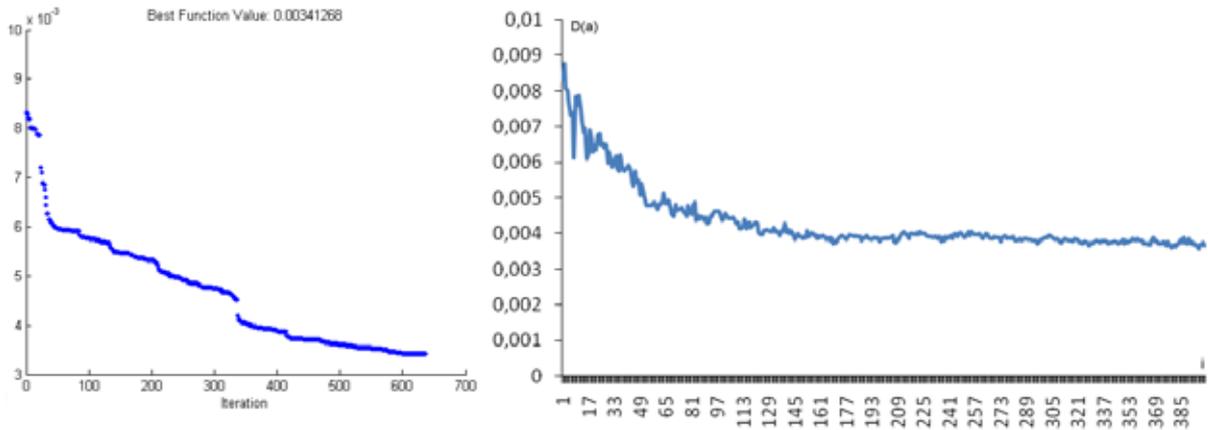


Рис. 4. Процесс оптимизации целевой функции при помощи алгоритма GPS (слева) и классического генетического алгоритма (справа)

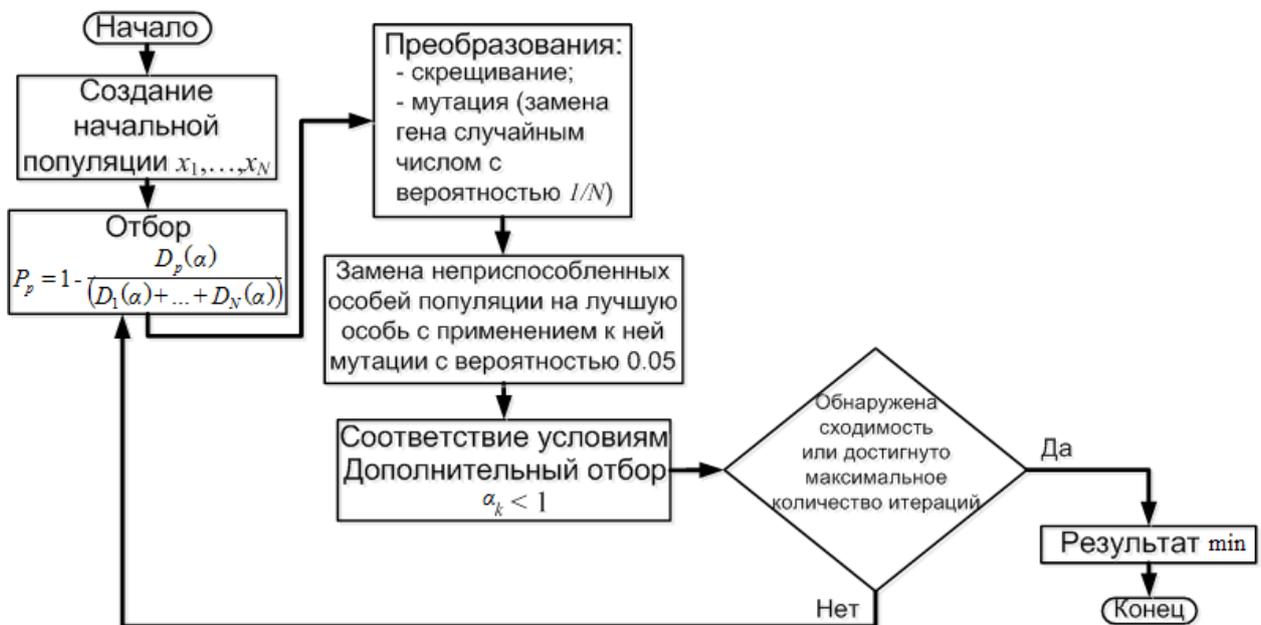


Рис. 5. Модифицированный генетический алгоритм

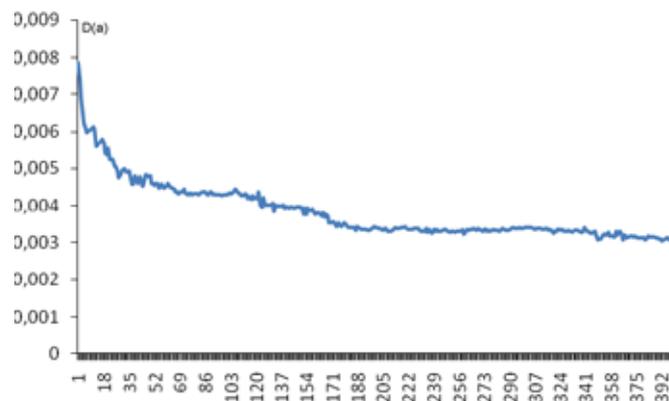


Рис. 6. Процесс оптимизации целевой функции при помощи модифицированного генетического алгоритма

Результаты вычислительного эксперимента показали, что введенные модификации позволили получить лучшее значение целевой функции ( $D(\alpha) = 0,003037381$ ) при одинаковом количестве итераций (400) и времени работы алгоритма. Поэтому полученный модифицированный генетический алгоритм может быть использован в практических целях для решения задачи повышения выполнимости AP.

Литература:

1. Региональное электронное правительство: стратегия создания, архитектура, типовые решения/Под ред. В. И. Дрожжина, А. А. Лучина. — М.: Эко-Трендз, 2004. — 288 с.
2. Копытов, В. В., Науменко В. В., Минин В. А., Зайцев А. А. Анализ проблем обеспечения бесконфликтного выполнения электронных административных регламентов // Сборник научных статей (выпуск XII)/Ставропольский филиал ИГУТИ. — Ставрополь, 2012 — с. 72–78.
3. Шнепс, М. А. Системы распределения информации. Методы расчета. — М.:Связь, 1979.—344 с.
4. Алиев, Т. И. Основы моделирования дискретных систем. — СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. — 363 с.
5. Нгуен Дык Тай Методы и средства исследования распределенных сетей передачи данных с неоднородным трафиком на основе неэкспоненциальных моделей: дис. канд. техн. наук: 05.13.13/Нгуен Дык Тай. — М., 2009. — 145 с.
6. Бахарева, Н. Ф. Аппроксимативные методы и модели массового обслуживания для исследования компьютерных сетей: дис. д-р техн. наук: 05.13.15/Н. Ф. Бахарева. — Пенза, 2011. — 335 с.
7. Саати, Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и её приложения/Т. Л. Саати. — М.: Советское радио, 1971. — 520 с.
8. Давидок, Н. В. Разработка системы поддержки принятия решений для обеспечения физической безопасности объектов [электронный ресурс]: дис. канд. техн. наук: 05.13.01, 05.13.19 — Астрахань: РГБ, 2010.
9. Holland, J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: an Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence/J. H. Holland. — Massachusetts Institute of Technology, 1992. — 328 p.

## Изучение действия электромагнитного поля низких частот на мясное сырье

Нестеренко Антон Алексеевич, ассистент;  
Акопян Кристина Валерьевна, студент  
Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что сегодня одним из перспективных направлений интенсификации технологического процесса производства сырокопченых колбас является применение электромагнитного поля низких частот (ЭМП НЧ). Однако применение ЭМП НЧ связано с необходимостью изучения выбора оптимальных частот, безопасности для человека, применения ЭМП НЧ на производстве, изучению действия ЭМП НЧ на стартовые культуры и мясное сырье [1, с. 42, 2, с. 36, 3, с. 76, 4, с. 45].

Целью данной работы является гистологическое изучение влияния низкочастотной обработки на мышечную ткань свинины и говядины.

Подготовка мясного сырья для обработки ЭМП заключалась в следующем: говядину жилованную высшего сорта и свинину жилованную полужирную в кусках массой до 300 грамм укладывали в тачки, при этом толщина слоя составляла 30 см. Уложенное в тачки сырье обрабатывали электромагнитным воздействием в течение 30 минут частотой 100 и 30 Гц. После обработки сравнивали полученный результат при помощи микроструктурного ана-

лиза [5, с. 3, 6, с. 3, 7, с. 149].

При исследовании длиннейшей мышцы спины свинины были получены следующие данные. При гистологическом исследовании свинины без обработки ЭМП НЧ, были получены следующие данные (рис. 1).

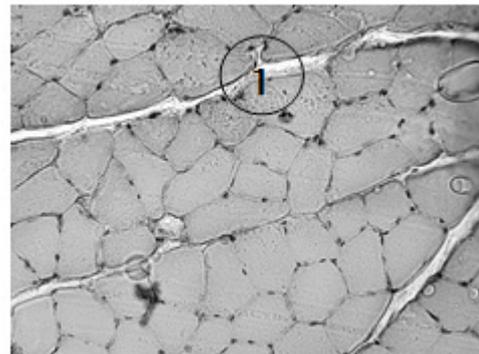


Рис. 1. Поперечный срез мышечной ткани свинины охлажденной. Окр. гематоксилин-эозин. УВ. ×200. (1 — перемизий)

Мышечные волокна длиннейшей мышцы спины находятся в стадии, после посмертного окоченения. Основная часть мышечных волокон вытянута и имеет линейную форму. Меньшее количество волокон имеет извитую, слабо волнистую форму, что согласуется с данными источников [8, с. 47]. Поперечная исчерченность в мышечных волокнах хорошо выражена, в отдельных участках ослаблена в результате проявления зонального посмертного сокращения мышц. Ядра хорошо окрашены с четко выявляемым хроматином, овальной формы, расположены по всему объему саркоплазмы мышечного волокна. Соединительнотканые прослойки волнистые, с отчетливо дифференцируемыми клеточными элементами эндомизия, что согласуется с данными авторов А. М. Патиева, С. В. Патиева, А. А. Нестеренко [9, с. 398].

При исследовании говядины без обработки ЭМП НЧ были получены следующие данные (рис. 2).

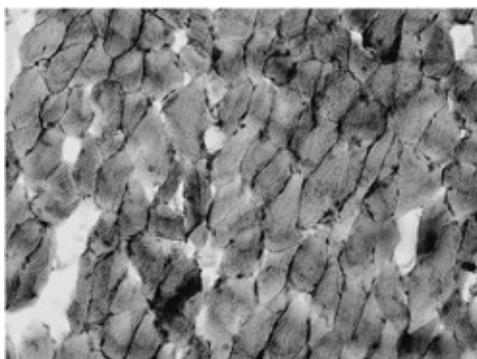


Рис. 2. Поперечный срез мяса говядины. Окр. гематоксилин-эозин. УВ. ×200

Мышечные волокна находятся в различном функционально-морфологическом состоянии. Основная их часть характеризуется широко амплитудной волнистостью, остальные имеют спрямленную форму. В большинстве мышечных волокон поперечная исчерченность умеренно выражена. Местами выявляются волокна с сильной извилистостью. Ядра хорошо прокрашиваются и характеризуются отчетливым хроматином. Располагаются ядра в значительно большем количестве массе вблизи сарколеммы. Соединительнотканые прослойки волнистые, плотно прилегают к пучкам мышечных волокон, более развитые по сравнению с грудными мышцами, что соответствует описанию авторов А. А. Нестеренко, А. И. Решетняк [10, с. 85, 11, с. 145].

Основная часть мышечных волокон вытянута и имеет линейную форму. Меньшее количество волокон имеет извитую, слабо волнистую форму. Поперечная исчерченность в мышечных волокнах хорошо выражена, в отдельных зонах менее выражена в результате проявления зонального посмертного сокращения мышц. На поперечном срезе форма мышечных волокон полигональная.

При действии ЭМП НЧ с частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут мышечная ткань свинины ха-

рактеризуется содержанием многочисленных, несколько больших в области межпучковых пространств и перимизия, светлыми пространствами, и ассоциированием с соединительноткаными структурами мышечного каркаса. Между мышечными волокнами располагается незначительно развитый соединительнотканый каркас мышц. Отмечается существенно более развитые процессы деструктивных изменений, сопровождающиеся повреждениями сарколеммы и фрагментацией мышечных волокон. Небольшая часть мышечных волокон характеризуется значительными поперечно-щелевидными нарушениями целостности и разрывами. Наряду с первичными пучками с рыхлым расположением волокон встречаются уплотненные пучки мышечных волокон. Степень деформации самих мышечных волокон ограниченная (рис. 3).

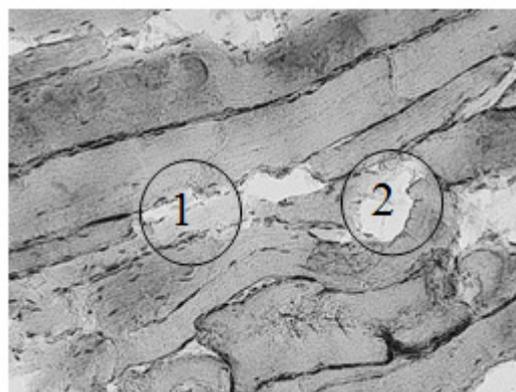


Рис. 3. Продольный срез мышечных волокон свинины охлажденной. Поперечные трещины и фрагментация. Окр. гематоксилин-эозин. УВ. ×200. (1 — разрывы эпимизия; 2 — фрагментация мышечных волокон)

Мышечные волокна достаточно часто разобщаются за счет появления вокруг них светлого не окрашиваемого гематоксилином и эозином пространства или же тесно сближены между собой [12, с. 249]. Между мышечными волокнами, преимущественно в областях перимизия, встречаются небольшие группы жировых клеток, имеющие различные размеры. Мышечные волокна характеризуются умеренной извитостью с выраженными проявлениями процессов созревания и автолиза, выражающихся в многочисленных поперечно-щелевидных нарушениях целостности и разрывах. При этом ядра хорошо окрашиваются, в некоторых случаях локализованы в не типичных для мышечной ткани местах.

При анализе на уровне световой микроскопии говядины охлажденной после электромагнитной обработки с частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут установлено следующее: на продольных срезах в мышечных волокнах выявляется неотчетливая поперечная исчерченность, а в некоторых участках она сменяется на продольную. На фоне преобладающей линейной формы мышечных волокон можно обнаружить умеренно волнистые

волокна или же их фрагменты. Сарколемма не сохраняет свою непрерывность на большом протяжении мышечных волокон, разрывы и деструкция мышечных волокон обнаруживаются достаточно часто. На поперечных срезах форма мышечных волокон полигональная, с ограниченной округленностью или же округлая (рис. 4).

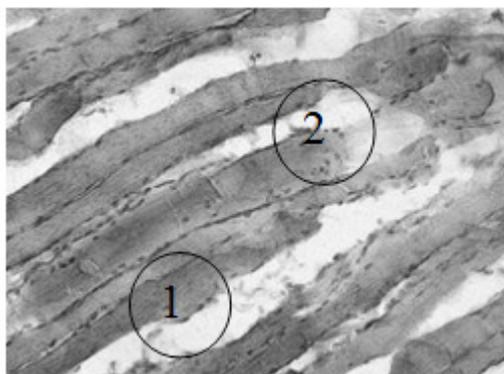


Рис. 4. Продольный срез мышечных волокон говядины. Окр. гематоксилин-эозин. УВ.  $\times 200$ .  
(1 — разрыхленные миофибриллярные пучки; 2 — фрагментация мышечных волокон)

Компоновка отдельных волокон в первичном пучке довольно рыхлая, с заметным светлым пространством в области эндомизия. Не всегда хорошо различима граница между отдельными мышечными волокнами. Ядра клеток соединительной ткани и мышечных волокон в большинстве случаев овальные, с нечетко выделяющимся хроматином, располагаются непосредственно под сарколеммой. Деструктивные изменения в мышечной ткани в результате электромагнитного воздействия выражены достаточно значительно (рис. 5).

Литература:

1. Нестеренко, А. А. Электромагнитная обработка мясного сырья в технологии производства сырокопченой колбасы // Наука Кубани. 2013. № 1. с. 41–44.
2. Нестеренко, А. А. Технология ферментированных колбас с использованием электромагнитного воздействия на мясное сырье и стартовые культуры [Текст]/А. А. Нестеренко // Научный журнал «Новые технологии». — Майкоп: МГТУ, 2013. — № 1 — с. 36–39.
3. Нестеренко, А. А. Влияние электромагнитного поля на развитие стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас [Текст]/А. А. Нестеренко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — Мичуринск, 2013. — № 2 — с. 75–80.
4. Nesterenko, A. A Activation of starter cultures induced by electromagnetic treatment/A. A. Nesterenko, A. I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences. — 2012. — Vol. 1, № 3. — P. 45–48.
5. Пат. 2489025 РФ МПК А23В 4/01. Способ обработки мясного сырья/Решетняк, А. И., Бебко, Д. А., Нестеренко, А. А., Бессалая, И. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». — № 2011151958/13; заявл. 19.12.2011., опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22. — 6 с.
6. Пат. 2489886 РФ МПК А23В 4/01. Устройство для обработки мясного сырья/Решетняк, А. И., Бебко, Д. А., Нестеренко, А. А., Бессалая, И. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». — № 2011151957/13; заявл. 19.12.2011., опубл. 20.08.2013, Бюл. № 23. — 6 с.



Рис. 5. Продольный срез фрагментированных мышечных волокон. Мышечные волокна говядины. Окр. гематоксилин-эозин. УВ.  $\times 200$

Установлено, что при обработке ЭМП НЧ говядины и свинины с частотой 100 Гц и продолжительностью 30 минут мышечная ткань характеризуется существенными структурными изменениями, выраженными частичным или полным разрушением мышечных волокон. При этом значение pH обоих образцов мышечной ткани смещается в кислую сторону, уменьшается влагосвязывающая способность, изменяется масса испытуемых образцов и снижается микробиологическая обсемененность сырья [13, с. 99].

#### Выводы

При обработке ЭМП с частотой 100 Гц приводит к более значительным изменениям мышечной структуры. По нашему предположению данные изменения происходят за счет достижения резонанса внутренней частоты клетки и внешнего воздействия на нее. Нарушения целостности клеточной структуры могут привести к изменению pH ткани и изменению белкового состава ткани.

7. Нестеренко, А. А. Инновационные методы обработки мясной продукции электромагнитно-импульсным воздействием [Текст]/А. А. Нестеренко, А. И. Решетняк // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — Мичуринск, 2011. — №1. — с. 148–151.
8. Нестеренко, А. А. Посол мяса и мясопродуктов/А. А. Нестеренко, А. С. Каяцкая // Вестник НГИЭИ. 2012. — №8. — с. 46–54
9. Патиева, А. М. Обоснование использования мясного сырья свиней датской селекции для повышения пищевой и биологической ценности мясных изделий/А. М. Патиева, С. В. Патиева, В. А. Величко, А. А. Нестеренко// Труды Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар: КубГАУ, 2012. — Т. 1. — №35 — с. 392–405.
10. Нестеренко, А. А., Решетняк А. И. Действие низкочастотной обработки на мышечную ткань животных // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. 2013. №6 (25). с. 84–90.
11. Нестеренко, А. А., Сергиенко Т. И., Решетняк А. А. Электромагнитная обработка мясного сырья как новый способ интенсификации технологических процессов/Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института, 2011. — №2. — 143–151.
12. Timoshenko, N.V. Significance of electromagnetic treatment in production technology of cold smoked sausage/N.V. Timoshenko, A. A. Nesterenko, A. I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences 2013. — vo2, No. 2, С 248–252.
13. Бебко, Д. А. Применение инновационных энергосберегающих технологий/Д. А. Бебко, А. И. Решетняк, А. А. Нестеренко. — Германия: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 237 с.

## Экспериментальные исследования процесса дренирования в плоских дренажах из волокнистых полимерных материалов

Нижегородцев Евгений Иванович, аспирант  
Забайкальский государственный университет (г. Чита)

*В рамках статьи представлены исследования процесса дренирования в плоских дренажах на основе волокнистых полимерных материалов. Для проведения экспериментов была создана специальная установка, позволяющая проводить исследования свойств дренажа непосредственно в грунтовом массиве. По результатам полученных испытаний была выявлена нелинейность зависимости «скорость фильтрации-угол наклона дренажа».*

**Ключевые слова:** дренаж, фильтрация, волокнистый полимерный материал, геотекстиль.

Управление водными ресурсами и их использованием в тех или иных целях осуществляется посредством гидротехнических сооружений.

Гидротехнические сооружения, особенно крупные, являются весьма ответственными и серьезная авария крупного водоподпорного сооружения может привести к весьма тяжелым последствиям с человеческими жертвами и большим материальным ущербом вследствие не только выхода из строя самих сооружений, но и разрушений волной прорыва населенных пунктов, промышленных предприятий транспортных коммуникаций.

Основными причинами известных аварий и повреждений гидротехнических сооружений различных типов были: перелив воды через гребень грунтовых плотин; сосредоточенная фильтрация через тело плотины или основание; химическая суффозия; деформации и оползание откосов грунтовых плотин; сейсмические и волновые воздействия [3].

Для снижения фильтрационных деформаций грунта гидротехнических сооружений (плотин, дамб, хвостохранилищ и др.) применяют различные дренажи, поверхностные покрытия, противофильтрационные экраны, ядра и диафрагмы.

Дренажи являются неотъемлемой частью гидротехнических сооружений из грунтов и имеют следующее назначение [5]:

- снижение положения поверхности депрессии для повышения устойчивости низового откоса;
- отвод фильтрационного потока в нижний бьеф;
- предотвращение фильтрационных деформаций.

Различные типы дренажных систем искусственных сооружений включают фильтрационные материалы, в качестве которых применяются зернистые и волокнистые среды [1].

Для изучения процессов водоотведения и дренирования была сконструирована экспериментальная установка [2].

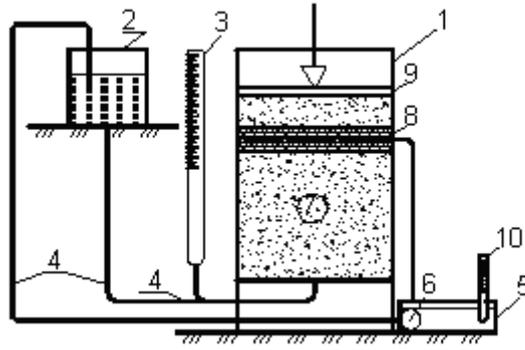


Рис. 1. Схема установки

1 — Корпус призматической формы; 2 — бак с водой; 3 — пьезометр; 4 — гибкая подводка; 5 — сливной бак; 6 — насос; 7 — грунт; 8 — конструкция дренажа; 9 — штамп для передачи нагрузки; 10 — термометр

Были проведены эксперименты с использованием трех, различных по своим характеристикам, волокнистых материалов. Свойства, которых представлены в таблице 1.

Структура дренажа представлена на рис. 3, представляет из себя конструкцию, состоящую из следующих слоев: волокнистый полимерный материал (ядро дренажа), водонепроницаемая полимерная мембрана.

В ходе экспериментов проводились замеры продолжительности фильтрации определенного количества воды при неизменном напоре (150 мм) и изменении угла наклона дренажа к горизонтальной поверхности.

Результаты представлены на следующем графике.

Как видно из графика, с задачей дренирования справляются все материалы. Форма зависимости скорости

фильтрации  $V_f$  от угла наклона  $\alpha$  дренажа имеет не линейный характер и определяется как:

$$V_f = b \cdot \ln(\alpha) + c,$$

где  $b, c$  — коэффициенты, определяемые на основе лабораторных экспериментов в зависимости от вида используемого волокнистого материала.

Таким образом при проектировании пластовых дренажных конструкций на основе волокнистых полимерных материалов в составе гидротехнических сооружений из горных пород необходимо учитывать нелинейный характер зависимости «скорость фильтрация-угол наклона».

Таблица 1. Свойства материалов, используемых при исследовании процессов дренирования

Свойство	Материал №1	Материал №2	Материал №3
Поверхностная плотность материала, г/м <sup>2</sup>	450	210	260
Толщина, при нагрузке 2кН/м <sup>2</sup> , мм	4	1,5	1,25
Водопроницаемость при напоре 150 мм, м/сут	160	75	62

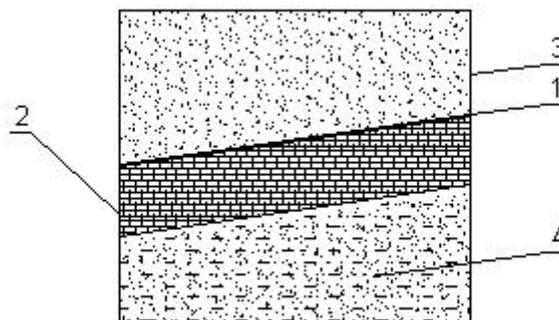


Рис. 2. Схема дренажа

1 — Водонепроницаемая геомембрана; 2 — волокнистый полимерный материал; 3 — сухой грунт; 4 — обводненный грунт

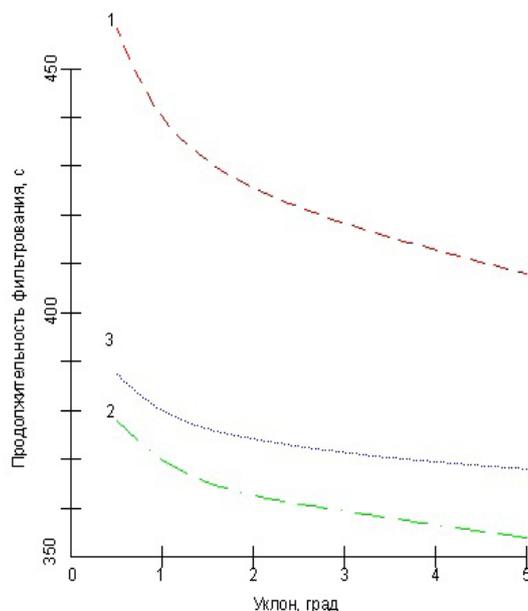


Рис. 3. Результат проведения экспериментов по исследованию процессов дренирования с применением различных геотекстильных материалов

Литература:

1. Герасимов, В. М. Волокнистые полимерные материалы в геотехнологии: монография/Герасимов В. М. Читинский Государственный Университет (ЧитГУ), Чита, 2010—207 с.
2. Герасимов, В. М., Нижегородцев Е. И. «Исследование фильтрационных свойств волокнистых полимерных материалов при изменении давления» Системы. Методы. Технологии. Братск, 2013 №4 (20), с. 153—156.
3. Нестеров, М. В. «Гидротехнические сооружения: учебное пособие», ООО Новое издание, Москва, 2006—616 с.
4. Розанов, Н. П., Бочкарев Я. В., Лапшенков В. С. «Гидротехнические сооружения» Агропромиздат, Москва, 1985—432 с.
5. Ялтанец, И. М. «Проектирование гидромеханизации открытых горных пород: учебное пособие для вузов», Москва, МГГУ, 1994. — 481 с.

### Анализ сжатия изображений

Петрянин Дмитрий Львович, аспирант;  
 Абузяров Ильдар Ринатович, аспирант;  
 Гуденко Михаил Леонидович, аспирант;  
 Ольховой Алексей Александрович, аспирант  
 Пензенский государственный университет

На сегодняшний день существует множество архиваторов: некоторые из них устарели и практически не используются. Каждый архиватор обладает своими достоинствами и недостатками, такими как скорость сжатия и степень сжатия. Эти характеристики — обратно зависимые величины. То есть, чем больше скорость сжатия, тем меньше степень сжатия, и наоборот.

Архивация все чаще используется при передаче данных через локальные сети или/и сети Интернет, для экономичности трафика и времени передачи.

В настоящее время сжатие данных является трудоемкой задачей. Дело в том, что большинство пользователей или владельцев (авторов) информации хранят различную информацию в сжатом виде (в архивах), что уменьшает размер и в некоторой степени защищает ее, например, от вирусов. Анализ подобных проблем был рассмотрен в [1—9].

Само сжатие данных обычно происходит значительно медленнее, чем обратная операция (разархивирование), т. к. при сжатии происходит поиск одинаковых цепочек

данных, с последующей их заменой, в меньшем количестве [10–13].

Пропускная способность каналов связи более дорогостоящий ресурс, чем дисковое пространство, по этой причине сжатие данных до или во время их передачи еще более актуально. Здесь целью сжатия информации является экономия пропускной способности и в конечном итоге ее увеличение. Все известные алгоритмы сжатия сводятся к шифрованию входной информации, а принимающая сторона выполняет дешифровку принятых данных.

Для сжатия того или иного файла или группы файлов, необходимо выбрать архиватор с наивысшим коэффициентом сжатия, т.е. получить в результате архив с наименьшим размером или с наивысшей скоростью сжатия — архив с наибольшим размером.

Проведем эксперимент: произведем сжатие 5 самых распространенных типов изображений BMP, JPG, TIFF,

PNG и GIF. В каждый из данных файлов будет находиться одно и то же изображение (фото с размерами 2560x1920). Количество используемых архиваторов: 11 (RAR, 7z, ZIP, ARJ, UC2, GZ, LHA (LZH), TGZ, DST, RK и CAB). Результаты сжатия по размерам приведены в таблице 1, а по времени сжатия — в таблице 2.

Из приведенных выше результатов (таблицы 1 и 2) видно, что архиваторы, имеющие максимальный размер сжатия не имеют минимального времени сжатия и наоборот. Несмотря на то, что во всех файлах, участвовавших в эксперименте, находилось одно и то же изображение, результаты сжатия оказались разными, т.к. бинарное содержание каждого файла различается [14–22].

Таким образом, выбор требуемого архиватора должен осуществляться с учетом данных характеристик, а именно в основном: количество цветов в изображении, разрешение (размер) изображения и тип файла.

Таблица 1. Результаты сжатия по размерам (в байтах)

Файл	BMP	GIF	JPG	PNG	TIFF
Размер файла	14745654	1267267	1497950	10573126	14437174
RAR	6283177	1267343	1491016	10573202	13644264
7z	8648632	1277825	1497666	10671405	13358539
zip	10807241	1267516	1491013	10574990	13815868
ARJ	10724972	1267389	1492337	10573248	13836443
UC2	10443435	1285497	1509087	10665997	13879525
GZ	10237401	1266968	1487966	10574167	13751470
LZH	10558953	1267309	1491441	10573168	13809272
TGZ	10812412	1267516	1491016	10574990	13816010
DST	6832893	1267505	1489721	10574677	13580393
RK	7006512	1295596	1500552	10680544	14237756
CAB	9223303	1267877	1490237	10578395	13483004
Min размер	6283177	1266968	1487966	10573126	13358539
Выбранный архиватор	RAR	GZ	GZ	LZH	7z

Таблица 2. Результаты сжатия по времени сжатия (в мс)

Файл	BMP. BMP	GIF. GIF	JPG. jpg	PNG. PNG	TIFF. TIF
Размер файла	14745654	1267267	1497950	10573126	14437174
RAR	4032	452	452	5437	5985
7z	7155	531	437	3468	6015
zip	2530	141	141	702	1312
ARJ	3937	219	358	234	3516
UC2	9655	1219	1093	4437	6250
GZ	15702	1328	1515	9719	14186
LZH	2077	312	344	1233	2124
TGZ	1203	171	141	687	1530
DST	26453	717	797	6030	11063
RK	4546	1515	1390	5359	6812
CAB	17375	968	1062	14921	20453
Min время	1203	141	141	234	1312
Выбранный архиватор	TGZ	ZIP	ZIP/TGZ	ARJ	ZIP

## Литература:

1. Батьков, В. О. Анализ проблем современных хранилищ данных/Батьков В. О. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 1. с. 259–260.
2. Петрянин, Д. Л. Анализ систем защиты информации в базах данных/Петрянин Д. Л., Горячев Н. В., Юрков Н. К. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 1. с. 115–121.
3. Жизняков, А. Л. Анализ возможностей применения фрактальных методов в промышленных системах обработки изображений/А. Л. Жизняков, Д. Г. Привезенцев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. с. 385–386.
4. Царев, А. Г. К вопросу о выборе инвариантов объектов растровых изображений/А. Г. Царёв, К. И. Магин // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. с. 72.
5. Григорьев, А. В. Уточнение характеристических признаков и логического функционала структурно-разностной сегментации полутонового изображения/А. В. Григорьев, А. Л. Држевецкий // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 2. с. 312–315.
6. Царев, А. Г. Критерии оптимальной фильтрации видеосигналов изображений/А. Г. Царев, В. Я. Баннов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2010. Т. 2. с. 458–459.
7. Григорьев, А. В. Критерий обнаружения объектных фрагментов штрихового изображения в полутоновом/А. В. Григорьев, А. Л. Држевецкий // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 2. с. 310–312.
8. Назаров, Д. А. Алгоритмы сжатия данных при построении и использовании областей работоспособности/Д. А. Назаров // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 1. с. 250–254.
9. Зенов, А. Ю. Применение метода экспресс-анализа для сжатия видеоинформации в системах видеонаблюдения/А. Ю. Зенов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2010. Т. 1. с. 212–214.
10. Горячев, Н. В. Алгоритм функционирования системы поддержки принятия решений в области выбора теплоотвода электрорадиоэлемента/Н. В. Горячев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. с. 238–238.
11. Лысенко, А. В. Краткий обзор методов имитационного моделирования/А. В. Лысенко, Н. В. Горячев, И. Д. Граб, Б. К. Кемалов, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. 2011. № 14. с. 171–176.
12. Горячев, Н. В. Тепловая модель сменного блока исследуемого объекта/Н. В. Горячев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 263–263.
13. Горячев, Н. В. Концептуальное изложение методики теплофизического проектирования радиоэлектронных средств/Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. 2013. № 17. с. 214–215.
14. Бростилов, С. А. Математическое моделирование процессов отражения и распространения электромагнитных волн в тонкой градиентной диэлектрической пластине/С. А. Бростилов, Е. В. Кучумов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 1. с. 281–283.
15. Горячев, Н. В. Типовой маршрут проектирования печатной платы и структура проекта в САПР электроники Altium Design/Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 2. с. 120–122.
16. Бростилов, С. А. Волоконно-оптический датчик давления на основе туннельного эффекта/С. А. Бростилов, Т. И. Мурашкина, Т. Ю. Бростилова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2010. — № 4. — с. 106–117.
17. Трифоненко, И. М. Обзор систем сквозного проектирования печатных плат радиоэлектронных средств/И. М. Трифоненко, Н. В. Горячев, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. с. 396–399.
18. Андреев, П. Г. Основы проектирования электронных средств: учеб. пособие/П. Г. Андреев, И. Ю. Наумова// Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. — 124 с.
19. Бростилова, Т. Ю. Волоконно-оптический датчик деформации/Т. Ю. Бростилова, С. А. Бростилов, Т. И. Мурашкина // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 1. с. 93–99.
20. Андреев, П. Г. Применение САД систем в проектировании радиоэлектронных средств/П. Г. Андреев, Н. А. Талибов, П. М. Осипов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2007. Т. 1. с. 146–148.
21. Меркульев, А. Ю. Системы охлаждения полупроводниковых электрорадиоизделий/А. Ю. Меркульев, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Молодой ученый. — 2013. — № 11. — с. 143–145.
22. Горячев, Н. В. К вопросу выбора вычислительного ядра лабораторного стенда автоматизированного лабораторного практикума/Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. 2009. № 10. с. 128–130.

## Алгоритмы балансировки в сети OSPF

Полторак Вадим Петрович, кандидат технических наук, доцент;

Степаненко Александр Юрьевич, студент

Национальный технический университет Украины (г. Киев)

*В статье представлены результаты исследований алгоритмов адаптивного балансировки трафика в сети, которая функционирует по протоколу маршрутизации OSPF. Предложенные алгоритмы в оптимальный способ вычисляют коэффициенты стоимости канала с учетом и обеспечением качества сервиса передачи данных.*

### Введение

Протокол маршрутизации OSPF представляет собой протокол внутренней маршрутизации, работающий на технологии отслеживания состояния канала. Под «протоколом внутренней маршрутизации», имеется в виду, что OSPF представляет собой протокол, используемый в контексте набора сетей и маршрутизаторов, обменивающихся служебными сведениями о маршрутах через общий протокол маршрутизации [1]. Набор сетей и маршрутизаторов, работающих с одним форматом протокола маршрутизации формируют так называемую автономную систему (АС). В протоколах состояния каналов, каждый маршрутизатор АС формирует базу данных (базу данных состояния каналов), содержащий информацию для определения топологии АС [1].

### Цель

Исследование алгоритмов, которые гарантировали бы распределение нагрузки в сетях под протоколом OSPF, выявления их недостатков и преимуществ при моделировании. Цель этой работы направлена на изучение поведения планируемой адаптивной стратегии маршрутизации OSPF, которая опиралась бы на оценку пропускной способности и состояния каналов.

### Функционирование OSPF в рамках АС

Топология АС может быть определена путем запуска протокола Hello. Периодические обмены Hello-пакетами позволяют установить и поддерживать соседские отношений между двумя маршрутизаторами АС. Непосредственным преимуществом является быстрое обнаружение любого отказа канала, позволяет быстро устранить последствия отказа для всей сети.

Смежные отношения устанавливаются из списка соседнего маршрутизатора. Смежные отношения не имеют ничего общего с физическим расстоянием и не каждая пара соседних маршрутизаторов становится смежной. Вместо этого правила, устанавливающие отношения смежности сильно зависят от топологии сети и сетевых технологий. Стоит отметить, что соседние маршрутизаторы становятся смежными с целью обмена информацией

о маршрутах и только смежные маршрутизаторы обмениваются информацией о состояниях канала.

Граф смежности АС описывает потоки пакетов протокола маршрутизации и говоря более конкретно рассылает сообщение LSU (Link State Update) по всей АС. Сообщениями LSU посылают обновления в базе данных состояния канала. Каждый LSU несет в себе набор LSA (Link State Advertisement).

Состояние интерфейса (или канала маршрутизатора) определяется с идентификацией маршрутизатору через его LSA, что предоставляет следующую информацию: тип канала, маска сети или адрес интерфейса IP, ID соседнего маршрутизатора и соответствующую стоимость канала.

Все маршрутизаторы в АС имеют одну и ту же базу данных состояния канала. Локальный статус конкретного маршрутизатора зарегистрирован в базе данных, то есть его интерфейсы и достижимые соседние роутеры. Каждый маршрутизатор сообщает о своем локальный статус в АС рассылая сообщения (flooding) во все направления, чтобы локальная база состояний каналов оставалась актуальной. Каждый маршрутизатор ищет кратчайший маршрут от всех маршрутизаторов с использованием алгоритма Дейкстры [2]. Каждый строит свое дерево маршрутизации, установив себя, как корень дерева. После чего имея построенный кратчайший путь к графу, таблица маршрутизации может быть быстро использована.

Механизм работы OSPF позволяет обновлять базу данных состояний каналов, а следовательно и обновлять таблицы маршрутизации в случаях внесения топологических изменений. Однако эти механизмы не имеют возможности оценить сетевой трафик, например, перегрузки определенного канала. Таким образом, любое увеличение трафика на канале в сети не повлияет на маршрутизацию в OSPF.

### Алгоритм адаптивной балансировки через оценку эффективной пропускной способности

Этот адаптивный алгоритм маршрутизации [3] имеет две цели: оценка стоимости канала и создание «политики для принятия решения об обновлении стоимости канала». Для первой цели все стоимости, которые будут использоваться в будущем кратчайшем или лучшем периоде обновления путей вычисляются на основе предварительной

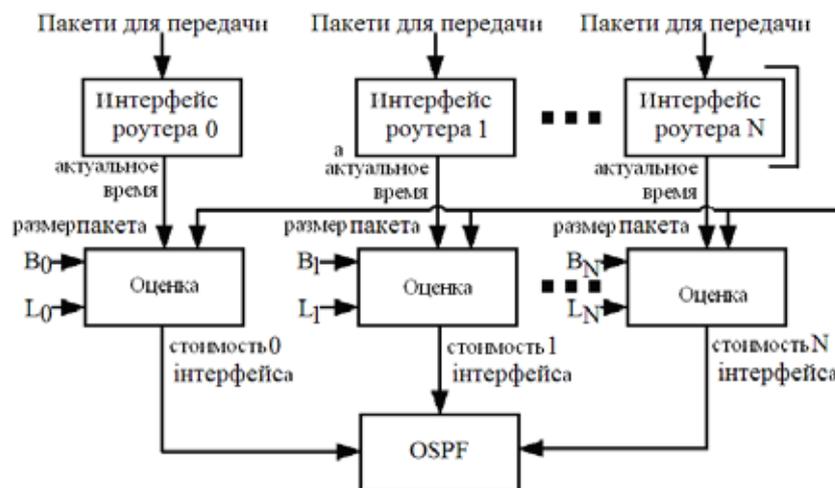


Рис. 1. Алгоритм адаптивного балансирование на основе пропускной способности

информации о нагрузке каналов (трафика). В то же время для второй, расходы анализируются таким образом, чтобы решение по обновлению расходов могло быть принято окончательно.

Предложенный адаптивный алгоритм маршрутизации был промоделирован в среде OPNET Modeler. Обновления расходов ссылок на основе эффективных оценок пропускной способности осуществляются для каждого активного интерфейса маршрутизатора. Рисунок 1 показывает события, связанные с маршрутизацией и потоком информации среди соответствующих активных интерфейсов маршрутизатора, модули оценки пропускной способности и традиционный модуль OSPF. Стрелки обозначают возникновение событий и считывания данных.

Для каждого активного интерфейса маршрутизатора, существует соответствующий модуль оценки пропускной способности. Соответствие между модулем оценки и интерфейсом устанавливается через номер интерфейса  $\{0, 1, \dots, N\}$ . Каждый раз, когда пакет поступает на вход интерфейса маршрутизатора, информация, такая как время доставки и размер пакета предоставляется соответствующему модулю оценки пропускной способности. Каждый модуль оценки пропускной способности должен сохранять эту информацию. Оценка пропускной способности выполняется периодически запланированным интервалом (Bandwidth Estimation Period — BEP). Каждый модуль оценки пропускной способности вычисляет пропускную способность, необходимую трафика, передаваемого через соответствующий интерфейс в течение времени  $[t - BEP, t]$ , отталкиваясь от информации, такой как размер буфера, необходимая скорость потерь канала и сохранен расчет трафика, где  $T$  текущее время и  $BEP$ , отрезок времени, на котором расчеты трафика следует собирать и использовать для оценки пропускной способности.

В зависимости от текущей оценки пропускной способности, стоимость канала, соответствующая рассма-

триваемого интерфейса маршрутизатора определяется по формуле [3]:

$$C_{i,t} = \left\{ 10X \left( \frac{BE_{(t-BEP, t)}}{CT_i} \right) \right\} \quad (1)$$

где  $C_{i,t}$  — стоимость, соответствует канала  $i$  во время  $t$ ;  $BE_{(t-BEP, t)}$  — оценка эффективной пропускной способности за период;  $CT_i$  — общая пропускная способность канала  $i$ .

Хотелось бы обратить внимание, что новая стоимость ссылки рассчитывается сразу после эффективной оценки пропускной способности. Обновленная стоимость рассчитывается периодически каждый  $BEP$  период времени. Новая стоимость ссылки затем передается в модуль OSPF, вместе с соответствующим номером интерфейса. Эти сообщения передаются между группой модулей эффективной оценки пропускной способности (соответствующие каждому интерфейса маршрутизатора) и модулем OSPF.

С получением эффективной оценки пропускной способности вычисляем новую стоимость ссылки на каждом интерфейсе маршрутизатора каждый  $BEP$  период. Выполняем это независимо среди интерфейсов маршрутизатора. Модуль OSPF получает новые стоимости независимо от модуля оценки пропускной способности за каждый  $BEP$  период.

После получения новых ценностей, модуль OSPF активизирует процедуру «политики для принятия решения об обновлении стоимости канала», чтобы решить, будет ли обновление стоимости, а затем распространяет эту информацию сетью или просто игнорирует ее. Желательно, чтобы политика обновления предлагала хороший компромисс между максимальной утилизацией текущей информации сетевого трафика и минимальным обновлением стоимости.

Состояние каждого интерфейса маршрутизаторов распространяется по сети с помощью особенного типа LSA.

LSA маршрутизатора несут информацию о стоимости всех активных интерфейсов маршрутизатора. Если изменение стоимости, по крайней мере, одного интерфейса подтверждается, то сообщение с обновлениями отправляется в сеть и все интерфейсы маршрутизаторов будут иметь их обновленную стоимость. Это обновление осуществляется через базу данных состояния каналов обновляя стоимость на интерфейсах и из-за распространения LSU в сеть. Наконец, после получения этих LSU, все остальные узлы обновят свою базу данных состояний каналов, периодически используется для повторного перестроения таблицы маршрутизации.

Процедура «Политики для принятия решения об обновлении стоимости канала» предложена в работе [3] состоит из следующих управляющих механизмов: минимум затрат, максимальный лимит для вариации стоимости ссылки и минимальный лимит для обновления стоимости канала.

Когда утилизация канала низкая и колеблется между нулем и минимумом стоимости утилизации ссылки, данный канал не является интересным с точки зрения алгоритма, чтобы отразить это колебания на стоимости каналов и перегружать сеть сообщениями об обновлении стоимости. Использование критерия минимальных затрат приведенного в [4] и [5], в которых любое колебание ниже этого минимального порога игнорируются и поэтому будет применяться минимальная стоимость, предоставляет гарантированный способ избежать расходов колебания и обеспечивает снижение перегрузок.

Критерий максимального лимита для вариаций стоимости ссылки, контролирует изменение стоимости за счет сокращения максимально допустимого изменения стоимости на канале, избегая ситуаций, когда маршрут на-

значения чередуется интенсивно между двумя из лучших путей.

Критерий минимального лимита изменения стоимости канала имеет целью уменьшения частоты обновления стоимости. Если изменение стоимости ссылки довольно низкая (между нулем и минимальной границей), то ненужных распространения сообщений об изменении стоимости в линии связи следует избегать.

Следует также обратить внимание на то, что принятие процедуры «политики принятия решения об обновлении стоимости канала» является обязательным для того, чтобы наложить ограничения на уровне колебаний стоимости ссылки, свести к минимуму частоту обновления стоимости канала и таким образом сократить нагрузку трафика в сети связанного с перестройкой таблиц маршрутизации.

Среда моделирования для оценки предлагаемой адаптивной стратегии маршрутизации OSPF приведены на рисунке 2 на примере конкретной сети.

Каждый канал в этой тестовой сети, настроен под Frame Relay, 4,0 Мбит и каждый узел использует FIFO (First-In-First-Out) стеки с буфером 70 Кбайт в каждый выходной интерфейс. Трафик, подаваемого в сеть определяется следующей информацией: время начала передачи IP пакетов и остановки, среднее время между пакетами (среднее время дельта) и средний размеров пакетов.

Для испытаний были выбраны пять характеристик трафика (а именно S1, S2, S3, S4 и S5). Для каждой спецификации, поток трафика идет от узлов слева к узлам справа. Для целей сравнения производительности, среди этих спецификаций характеристик трафика мы поддерживаем общие значения параметров трафика в начале и во время

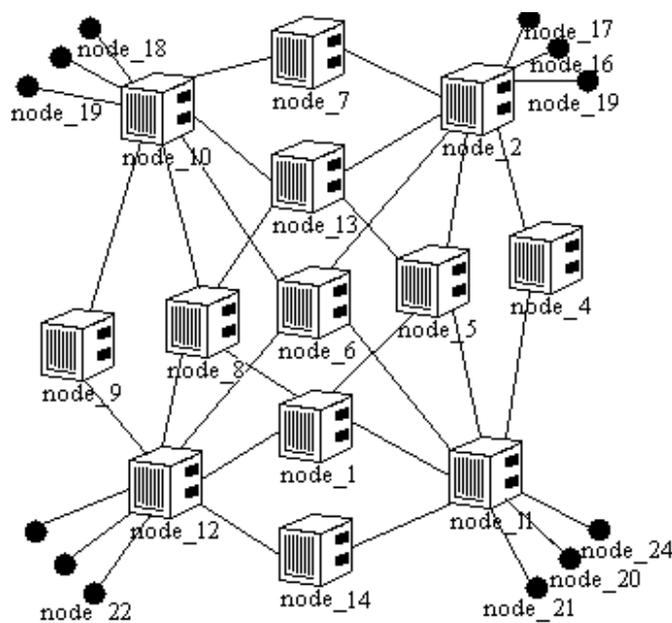


Рис. 2. Пример сети

Таблица 1. Параметры трафика для каждой пары

№	Время начала	Время остановки	Среднее дельта время	Средний размер (байт)
1	200	1500	2800	600
2	700	2300	900	200
3	2000	3600	1500	350
4	400	1200	1700	300
5	800	1000	2600	450
6	1400	3600	1800	600

Таблица 2. Среднее время дельта

№	Среднее время дельта для каждого сценария				
	S1	S2	S3	S4	S5
1	2800	2600	2500	2400	2300
2	900	800	700	650	500
3	1500	1300	1100	1000	950
4	1700	1600	1500	1300	1200
5	2600	2400	2300	2200	2000
6	1800	1700	1650	1600	1400

остановки, а затем постепенно увеличиваем интенсивность трафика. Поэтому упорядочим последовательности: S1, S2, S3, S4, S5 по убыванию среднего значения времени дельта. В таблице 1 приведены принятые значения параметров трафика для спецификации S1 для каждой из этих пар источник — назначение.

Кроме того, мы предполагаем, что время дельта, для каждой пары источник-назначение является независимой и экспоненциальной переменной, а размеры пакетов выбраны в соответствии с распределением Пуассона. В таблице 2 приведены средние значения времени дельта для каждой из пяти характеристик трафика.

Предложенные адаптивная и традиционная стратегии маршрутизации OSPF [1] были смоделированы и испытаны в том же сетевой среде с одинаковой технической характеристики трафика. Таким образом было получено два графика для каждого сценария. На рисунке 3 показано, как средняя пропускная способность сети развивается с точки зрения продолжительности времени моделирования.

Очевидно адаптивная стратегия (верхний график) превосходит традиционную OSPF (нижний график), предоставляя более высокую пропускную способность сети для всех тестируемых спецификаций трафика.

Рисунок 4 показывает, как задержка передачи сети меняется в зависимости от интенсивности входящего трафика и влияние стратегии маршрутизации. Для сценария S1 с низкой интенсивностью трафика предлагаемый адаптивный механизм маршрутизации предлагает только немного меньшую среднюю задержку, чем метод без адаптивного регулирования. Однако, когда интенсивность трафика становится выше, как в случае сценариев S2, S3, S4 и S5, то разница измеренной средней задержки между двумя типами стратегий маршрутизации становится очевидной, подтверждающей преимущество адаптивных средств маршрутизации.

Для всех сценариев был получен аналогичный результат. Но согласно рисунку 5 адаптивная стратегия предлагает высокие показатели по потере пакетов в сценарии S1. Аналогично для S2 и низкие показатели в сценарии S1.

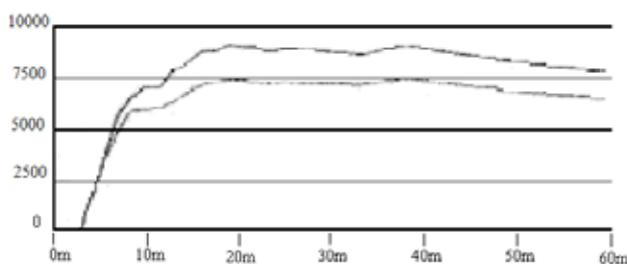


Рис. 3. График результата моделирования

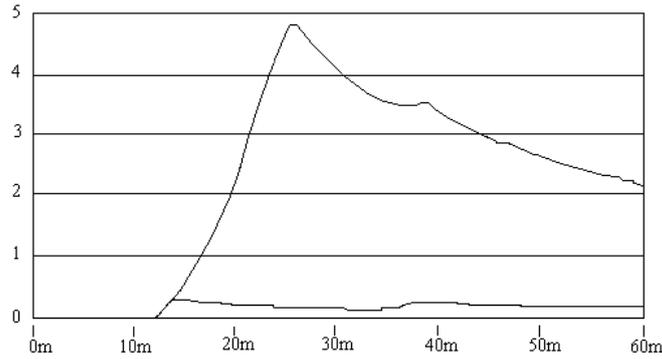


Рис. 4. Средняя задержка для сценария S1

Таблица 3 показывает, численно производительность задержки этих пяти сценариев движения и четко демонстрирует преимущество адаптивной стратегии наряду с традиционной OSPF.

Таблица 3. Задержка для сценариев

Сценарий трафика	Средняя задержка	
	Традиционная стратегия	Адаптивная стратегия
1	0.165754	0.040759
2	2.107570	0.146827
3	2.208358	0.115827
4	2.291846	0.132146
5	3.179885	0.219044

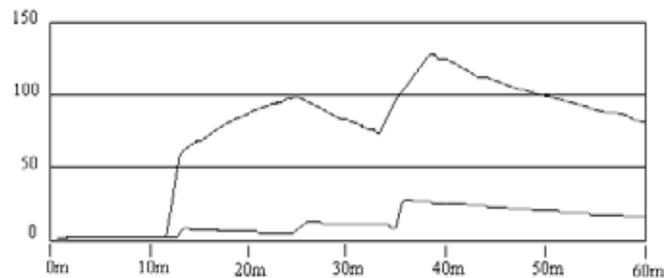


Рис. 5. Средние потери для сценария S1

нарядах S3, S4 и S5, чем традиционные средства маршрутизации.

**Алгоритм адаптивной и распределенной балансировки в сети OSPF**

Мы предполагаем согласно [6], что  $\omega_l$  веса канала фиксированные. Для каждой пары вход-выход  $P_k^{SP}$ , обозначим множество кратчайших путей от узла  $s_k$  к узлу  $t_k$  по отношению к весам связей  $\omega_l$ .

Пусть  $\phi_j^t(n)$  обозначают коэффициенты разделения трафика, основанные на измеренных нагрузках канала связи  $y(n) = (y_l(n); l \in L)$ . Отметим, что нагрузка каналов измерена на всех узлах. Таким образом, в нашем адап-

тивном и распределенном алгоритме, для каждого узла  $i$  самостоятельно определяются коэффициенты расщепления трафика  $\phi_j^t(n)$  для всех узлов назначения  $t$  и допустимых следующих  $j$  хопов.

В момент времени  $t_n$ , после получения информации  $y(n)$  по всем измеренным нагрузкам, узел  $i$  регулирует отношения распределения трафика для всех узлов назначения  $t$  следующим образом [6]:

1. Расчет стоимости  $Dp(y(n))$  для каждого пути.
2. Найти путь с максимальной стоимостью, т.е.  $Dq(y(n)) = \max Dp(y(n))$  и снижение коэффициент разделения для первого звена  $(i, j)$  этого пути, таким образом:

$$\phi'_{ij}(n) = \phi'_{ij}(n-1) - \frac{1}{g} \phi'_{ij}(n-1) \quad (2)$$

3. Выбрать другой путь  $r \in P_{(i,t)}^{SP}$  случайным образом и увеличить коэффициент деления его первого звена ( $i, k$ ) следующим образом:

$$\phi'_{ik}(n) = \phi'_{ik}(n-1) - \frac{1}{g} \phi'_{ik}(n-1) \quad (3)$$

4. Для всех других допустимых следующих хопов  $j$ , сохранить старое соотношение распределения:

$$\phi'_{ij}(n) = \phi'_{ij}(n-1) \quad (4)$$

Алгоритм [6] является итеративным и работает следующим образом. Тест сети (в том числе узлов  $n$ , ссылки  $l$ , пары вход-выход  $k$ , и путей  $p$ ), веса канала  $w_l$  и требований к трафику  $d_k$  исправляют сначала. Каждая пара вход-выход сначала выделена до кратчайших путей с относительно исправленными весами ссылки  $w_l$ . Если существует несколько кратчайших путей, движение сначала разделяют поровну в каждом узле.

На каждой итерации  $n$ , измеренные веса канала  $y_l(n)$ , вызванные отношениями распределения  $\phi'_{ij}(n-1)$  рассчитываются следующим образом. Сначала определяется для каждой пары вход-выход  $k$ , вызванные отношениями распределения  $\phi_p(n-1)$ , для каждого пути  $p \in P_{(i,t)}^{SP}$ :

$$\phi_p(n) = \prod_{(i,j) \in p} \phi'_{ij}(n-1) \quad (5)$$

Тогда измеренные веса канала  $y_l(n)$  определяются как:

$$y_l(n) = \sum_{k \in K} (d_k + e_k(n)) \sum_{i \in p} \phi_p(n-1) \quad (6)$$

где  $e_k(n)$  являются независимыми переменными подчиненными Гауссову распределению и описывают случайные флуктуации трафика во время периода измерения  $n$ .

Для испытания используются две разных сети (рисунок 6):

1. 10 узлов, 52 канала, 72 пары вход — выход;
2. 20 узлов, 102 канала, 380 пар вход-выход.

Испытуемые сети являются случайными сетями, генерируемыми механизмом, описанным в [7].

Используем три различных сценария трафика. В первом (рисунок 7) из них случайные колебания трафика во временной шкале измерений игнорируются, учитывая параметр флуктуаций. Во втором эти случайные флуктуации учитываются с помощью параметра флуктуаций. В третьем сценарии, рассмотрим колебания трафика в более длительных временных масштабах, позволяя требованиям к трафику резко меняться три раза в течение периода оценки (после 500, 1000 и 1500 итераций, соответственно).

Приведены результаты адаптивного алгоритма по сравнению с

1. «ЕСМР»: стандартная политика, где трафик распределяется в равной степени.

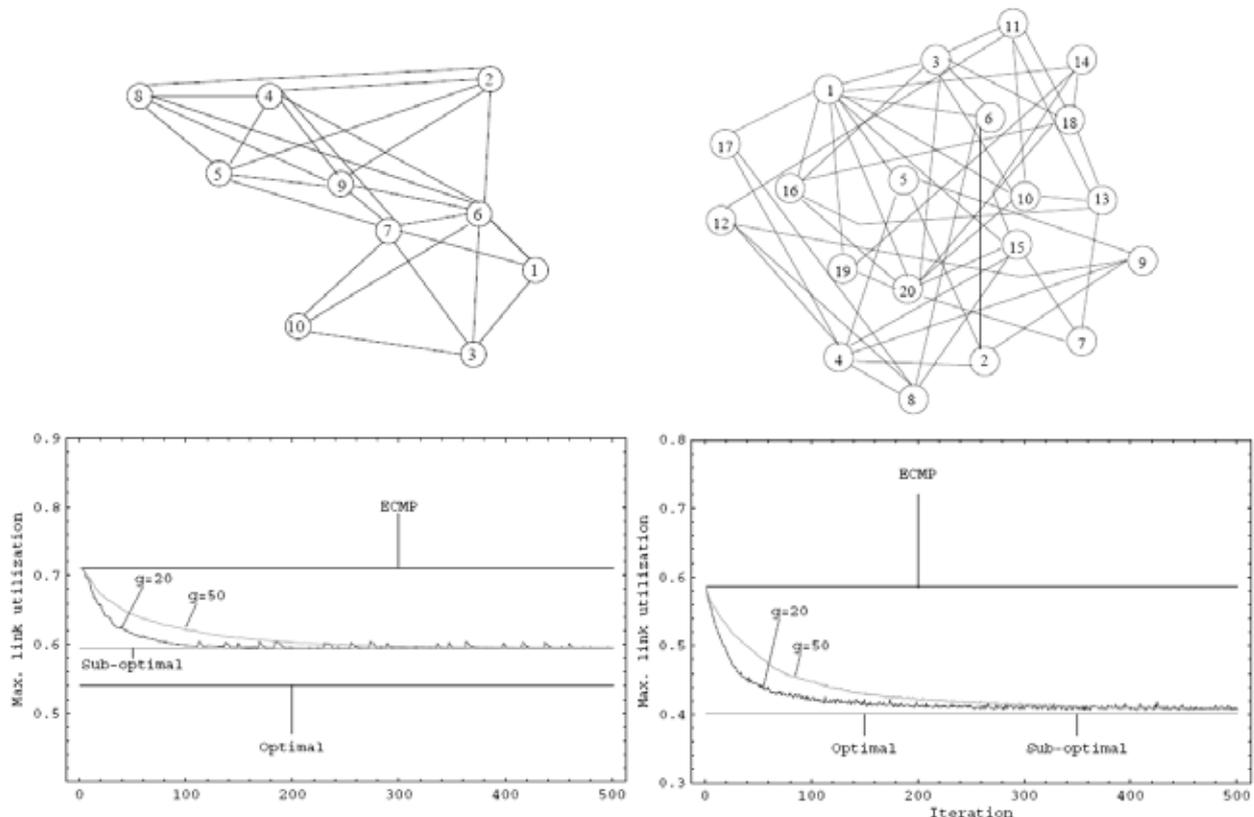


Рис. 6. Две сети для испытаний. Максимальное использование канала в зависимости от числа итераций

2. «Неоптимальная»: оптимальное значение ограничено задачей оптимизации [6].

3. «Оптимальная»: оптимальное значение [6] статической задачи балансировки нагрузки.

Сценарий без флуктуаций трафика показывает, что производительность адаптивного алгоритма приближается к суб-оптимальному значения и повышает производительность заметно по сравнению со стандартным алгоритмом распределения. Небольшой размер шага в алгоритме гарантирует, что флуктуации незначительны. Время конвергенции в сети с 20-узлов (около 200 итераций) только два раза больше, чем в сети с 10-узлов (около 100 итераций), несмотря на огромный рост в сложности сети.

В сценарии со случайными колебаниями трафика в более короткий временной период заметно, что случайные флуктуации влияют на колебания в максимальной загрузке канала. Однако, даже с параметром детализации  $g=20$ , колебания допустимы и алгоритм сходится близко к оптимальному значению.

В сценарии при колебании трафика в более длительный временной период видим, что адаптивный алгоритм реагирует на изменения и предоставляет результат, близкий к неоптимальному значению в сети с 10-узлов и близко к оптимальному значению в сети с 20-узлов.

Оптимизация весов каналов в долгосрочной перспективе повышает производительность сети. В сети с 20-узлов также удельные веса обеспечивают хороший результат. Объясняется тем, что в сети с 10-узлов, число коротких, связанных с весами звеньев ссылки 116 тогда, как их 153 в случае оптимальных весов каналов. Таким образом, число параметров больше, в последнем случае, а также результаты лучше. В сети с 20-узлов, соответствующее число кратчайших путей является 782 и 785. Результаты очень близки.

### **Модифицированный алгоритм адаптивной балансировки в сети OSPF на основе нечеткой логики**

Основная идея [9] для использования нечеткой логики в адаптивной маршрутизации на основе OSPF заключается в том, что она успешно применяется в различных системах, где человеческого опыта недостаточно для точного определения условий для работы системы, и представляет собой основу для принятия решений по эксплуатации, то есть набор из параметров системы [8]. Процесс расчета новых весов выполняется в три этапа следующим образом:

1. Процесс, в котором входные переменные должны превратить в нечеткие множества с помощью функции принадлежности.

2. Расчет стоимости исходного нечеткого множества с помощью базовых правил.

3. Процесс, в котором исходное нечеткое множество превращается в числовое значение.

На рисунке 7 показаны функции принадлежности нечетких множеств, связанных со сроком набор нагрузки

каналов. На рисунке 8 показаны параметры, связанные со сроком потери пакетов.

Переменные потери пакетов на рисунке 8 определяются от объема, показывает соотношение количества потерь пакетов и общего количества пакетов, которые могут быть пересланы на канале в измеренный период.

Функции принадлежности нечетких множеств для коэффициента изменения веса приведены на рисунке 9. Новое значение веса линии рассчитывается на основе предыдущего, сначала полученного коэффициента изменения веса на основе нечетких функций принадлежности, как показано на рисунке 9. С такими определенными функциями коэффициент может иметь значение в интервале  $0,9-1,1$ . После расчета, коэффициент умножается с предыдущим значением веса, округляется до целого числа, и результат является новым весом канала. По этому принципу минимальное значение веса может быть 5.

В адаптивной модели, абсолютное количество новой веса ограничивается в 1,5 раза большее значение от номинального веса канала. Номинальный вес канала определена в [1]. Это ограничение было введено, чтобы избежать сетевых колебаний, вызванных резким увеличением веса на определенном канале.

Упомянутая адаптивная модель [9] маршрутизации протестирована на симуляторе ns2. Промоделированы две сети с 8 узлами и 11 каналами и 20 узлами и 26 каналами.

Поведение адаптивной модели было проверено на различных уровнях нагрузки в сети, на таких, как требования к трафику в диапазоне от 0% до в среднем 35% от общей емкости сгенерированной сети. Верхний предел имеет уровень, что приводит к большим потерям IP пакетов в сети, то есть, когда топология сети и планируемые мощности неправильно рассчитаны по отношению к требованиям. Соответственно, ни регулярный протокол OSPF, ни адаптивная модель не может обеспечить распределение трафика в сети для того, чтобы резко сократить потери. Эта ситуация встречается довольно часто, когда некоторые каналы достигают нагрузки выше 25% [9].

Диаграмма на рисунке 10 показывает стоимость нагрузки для чистой работы топологии с 8 узлов в зависимости от нагрузки на сеть. Функция затрат приводится в [9].

График показывает, что адаптивная модель дает значительно лучшие результаты, чем OSPF маршрутизация, для сетевых нагрузок в 25%. Это предел, при котором все каналы загружаются на менее 2/3 мощности при использовании OSPF маршрутизации.

Другой параметр, который имеет большое значение для оценки качества адаптивной модели, является потеря IP пакетов в определенный период времени. График на рисунке 11 показывает суммированные данные для всей сети и для OSPF маршрутизации, и для исследуемой адаптивной модели.

На рисунке 11 видно, что в отличие от OSPF маршрутизации, когда потери становятся существенными с 25% загрузки сети, при использовании адаптивной модели по-

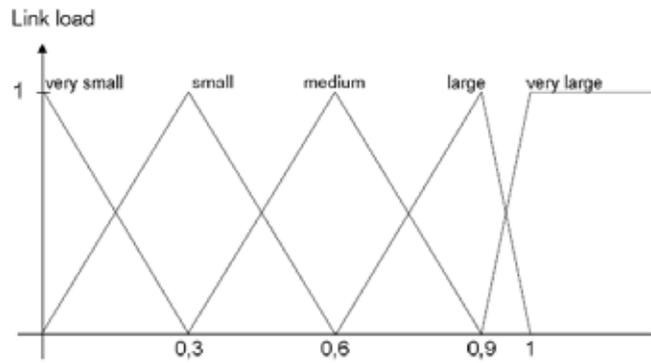


Рис. 7. Функции принадлежности для загрузки на канале

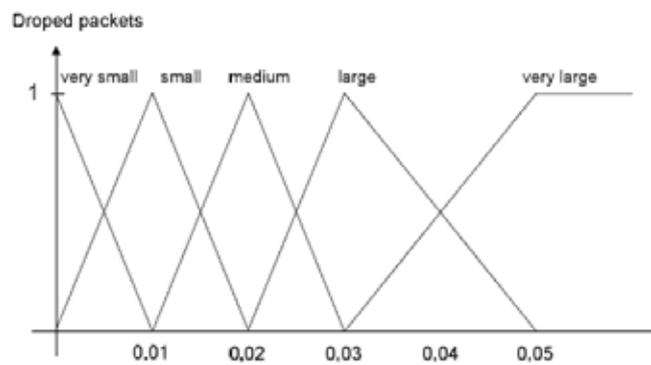


Рис. 8. Функции принадлежности для потерь пакетов

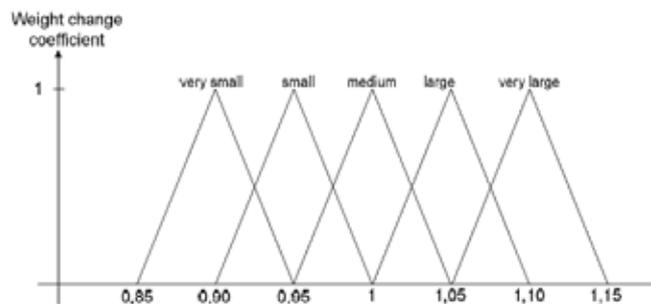


Рис. 9. Функции принадлежности для веса канала

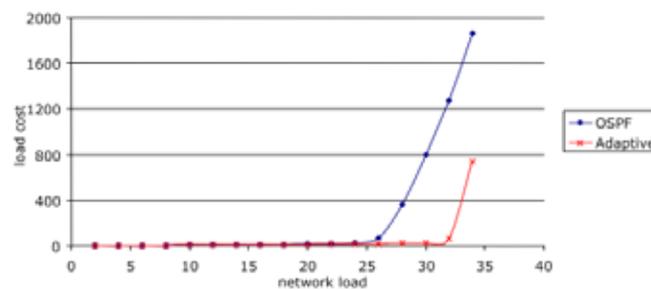


Рис. 10. Стоимость загрузки для сети с 8 узлами

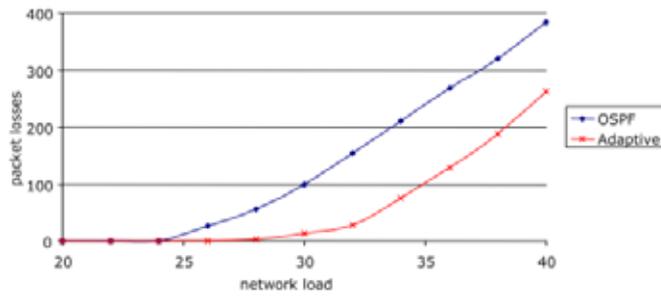


Рис. 11. Потери пакетов для сети с 8 узлами

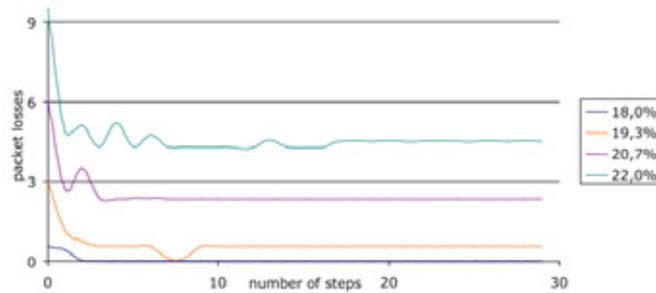


Рис. 12. Потери в определенные промежутки времени до достижения равновесия

тери становятся существенными только с более 30% нагрузки на сеть. Таким образом было достигнуто улучшение почти на 20%, т.е. процент, на котором граница проявлений сетевых IP потерь изменяется относительно сетевой нагрузки. Аналогичные результаты достигаются в сети на 20 узлов.

На рисунке 12 показано потери IP трафика в адаптивной модели для сети на 20 узлов, измеренные между каждыми двумя изменениями параметров стоимости. Ниже приведены графики для различной нагрузки на сеть.

Что касается сетевых нагрузок ниже 18%, то потери пакетов отсутствуют. Данные показывают нагрузку на 18% — 22%. Хотя состояние конвергентности достигается в 10–20 шагов, график показывает, что уровень потерь IP пакетов стабилизируется примерно уже через 6 или 7 шагов. Также заметно, что сразу же после активации адаптивного механизма уровень потерь значительно снижается по отношению к первому интервалу, где распределение осуществляется на основе исходных параметров OSPF стоимости каналов связи. Таким образом, можно сделать вывод, что использование адаптивных моделей приводит к улучшению с точки зрения сокращения потерь, но последующие изменения в стоимости каналов после шестого или седьмого шага не имеют практического и значительного эффекта. Если цель адаптивного использования модели является устранение или снижение потерь IP пакетов, то на основании результатов, показанных на рисунке 12 модифицированная адаптивная модель может быть сформирована для реализации этой цели, и колебания IP трафика будут значительно уменьшены в сети.

Цель этих поправок направлена на то, чтобы избежать частых изменений стоимости до сих пор имеет больше преимуществ перед выборочным применением адаптивного механизма с целью сокращения потерь IP пакетов. В начале, разрешенные потери установлены в 0. На первом этапе, в котором появляются потери IP трафика, параметр разрешенных потерь установлен в 0,01% от общего трафика, проходящего через канал за один интервал.

Рисунок 13 изображает потери с использованием адаптивной модели и без изменений так же, как и для стандартной OSPF маршрутизации.

Потери при реализации модифицированной адаптивной модели намного меньше, чем при использовании OSPF маршрутизации, так же, как в адаптивной модели без изменений. Однако, основное преимущество модифицированной модели можно увидеть на рисунке 14.

Рисунок 14 показывает отношение количества шагов к нагрузке на сеть (суммарно 30 шагов). Число изменений в модифицированной модели гораздо ниже, а значит, и колебания в сетевом трафике также ниже.

**Выводы:** В адаптивном алгоритме через оценку пропускной способности, чтобы подтвердить подход, предложенный в [3], качество сети оценивалась экспериментально путем моделирования с точки зрения средней пропускной способности сети, задержки передачи пакетов и скорости потери пакетов. С целью сравнения, традиционный метод маршрутизации OSPF [10] было принято, как эталон. Было подтверждено, что адаптивная стратегия маршрутизации принимает лучшие решения, чем при эталонном OSPF. Этот результат был

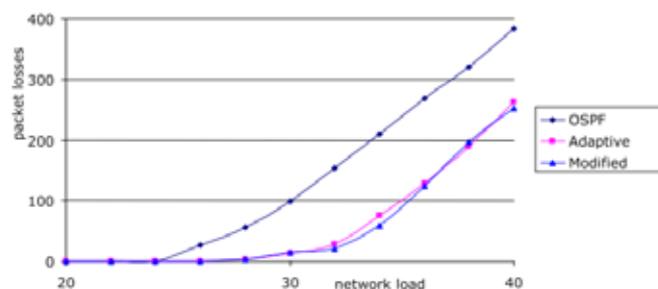


Рис. 13. Потери с использованием модифицированной модели

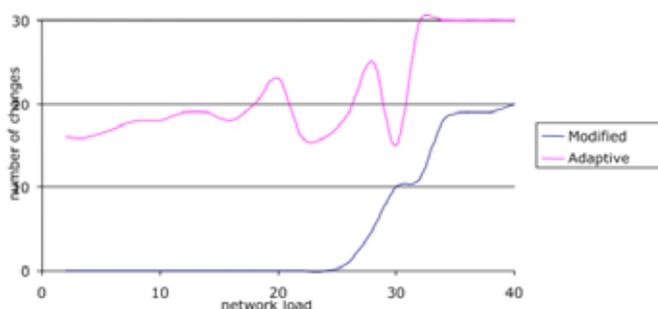


Рис. 14. Эффект от применения модифицированной модели

интуитивно ожидаемым в связи с тем, что адаптивный алгоритм маршрутизации может лучше распределить нагрузку трафика среди сетевых соединений. Непосредственным следствием этого факта является высокая пропускная способность сети, сохраняется даже при высокой интенсивности трафика. При первом же взгляде, можно сделать вывод, что главным недостатком адаптивной стратегии маршрутизации является большая задержка за счет дополнительной нагрузки, известного как сообщение об обновлении стоимости канала. На первый взгляд может показаться странным, что существует такой случай, когда нагрузка сетевого трафика небольшая, например, для сценария S1, и где эталонная модель выигрывает в адаптивной. Однако для больших нагрузок трафика в случае сценариев S2, S3, S4 и S5, адаптивная маршрутизация превосходит в значительной степени традиционную OSPF низкой задержкой передачи пакетов. Иными словами, дополнительная задержка, сформированная для сообщений, имеет незначительное влияние, по сравнению с введенными альтернативными маршрутами. Наконец, по темпам потерь пакетов использование адаптивной стратегии маршрутизации становится еще более полезным, когда в сети преобладают потоки с высокой скоростью. То есть за счет альтернативных путей можно избежать коллизий, а следовательно и потерь пакетов.

Если сравнивать этот алгоритм [3] без модификаций с другими [6] и [9], то несмотря на свою более простую математическую модель и неэффективность при малых нагрузках на сеть, алгоритм охватывает более параметров

качества обслуживания и гарантирует большее использование сетевых ресурсов (в сравнении с [6]).

В алгоритме адаптивной и распределенной балансировки [6] определяющей особенностью является использование функций задачи оптимизации (неоптимальной или суб-оптимальной) и функции статической задачи балансировки нагрузки (оптимальной). Использование этих задач позволяет сформировать критерии и более гибко рассчитать параметры для изменения весовых коэффициентов канала.

В модифицированном алгоритме динамической балансировки на основе нечеткой логики [9] используются функции принадлежности, что позволяет получить наиболее оптимальный результат, основанный на предварительной сборке и результатах. В работе предлагается модификация, целью которой является уменьшение количества и частоты изменений стоимости каналов, что позволяет избежать резких колебаний трафика, но модификация не привела к существенным улучшениям показателей качества (рисунок 13), однако существенно уменьшило количество изменений коэффициентов стоимости каналов (рисунок 14).

Задача OSPF [10] маршрутизации относится к NP-сложным задачам. Предложенные алгоритмы показывают возможность создания таких алгоритмов, которые позволяли бы адаптивно и динамично управлять трафиком в сети и достичь стабильности и конвергентности в наиболее короткий промежуток времени, высокого уровня использования сетевых ресурсов со снижением нагрузки на отдельные каналы и уменьшением потери пакетов.

Литература:

1. J. Moy. Ascend Communications, Inc. April 1998. OSPF Version 2, [Электронный ресурс], режим доступа к журналу, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt>.
2. D. E. Comer. Network interconnection with TCP IP — Principles. Protocols and Architecture // Volume L Editora Campus. — 1998.
3. T. B. Pereira, L. L. Ling An adaptive OSPF routing strategy based on bandwidth estimation // Revista da Sociedade Brasileira de Telecomunicacoes. — 2003. — Vol. 18 № 1.
4. A. Shaikh, I. Rexford, KG Shin Evaluating the Impact of Stale Link State on Quality — of — Service Routing // IEEEACM Transactions on Networking. — 2001. — Vol. 9, № 2.
5. A. Shaikh, I. Rexford, KG Shin Dynamics of Quality — of — Service Routing with Inaccurate Link — State Information // University of Michigan Technical Report — 1997.
6. R. Susitaival and S. Aalto Adaptive load balancing with OSPF // Networking Laboratory, Helsinki University of Technology. — 2004.
7. C. Villamizar OSPF Optimized Multipath (OSPF-OMP), February 1999, [Электронный ресурс], режим доступа к журналу, <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-ospf-omp-02>.
8. R. Yager, D. Filev Essentials of Fuzzy Modeling and Control. — John Wiley & Sons, 1994.
9. N. Borovina, S. Kreso OSPF — based model of adaptive routing and possibility for stable network operations // 5th WSEAS Int. Conf. on Applied Informatics and Communication. — 2005.
10. Томас, М. Т. Структура и реализация сетей на основе протокола OSPF. — М.: Издательский дом «Вильяме», 2004. — 816 С.

## Использование пектина в различных технологиях

Потрясов Николай Васильевич, студент;

Акопян Кристина Валерьевна, студент;

Пономаренко Александра Вячеславовна, студент

Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар)

**П**ектины — это высокомолекулярные полисахариды клеточных стенок, относящиеся к линейным коллоидам с длиной молекулы порядка  $10^{-4}$  м. Доминирующим компонентом пектиновых полисахаридов являются полиуроновые кислоты. В случае высших растений это — полимеры, представляющие собою преимущественно неразветвлённые цепи остатков D-галактуроновой кислоты, которых в высокомолекулярном пектине насчитывают от 300 до 1000 и более единиц, что соответствует молекулярной массе приблизительно от 50000 до 200000 [1, с. 20].

Учитывая, что в пектиновых веществах помимо молекул полигалактуроновой кислоты присутствуют и другие соединения, принято считать пектином только, если в нем находится не менее 65% галактуроновой кислоты, которая и определяет свойства пектина.

Пектин представляет собой смесь молекул с различной длиной цепи, которая по данным различных авторов имеют следующие значения: у пектина яблочного 16000–20000, свекловичного 10000–29400, корзинок подсолнечника 18000–38000, цитрусового — 24000–38000, кормового арбузного 36700–39000. Установлено, что молекулярная масса пектина зависит от вида сырья, его сорта и степени зрелости [2, с. 254].

Существует зависимость между значением средней молекулярной массы пектина и его желирующей способностью: чем выше молекулярная масса, тем большей способностью к образованию прочного студня обладает данный пектин.

Пектин с молекулярной массой не менее 20000 в растворах образует в присутствии различных добавок термообратимый гель. Способность к студнеобразованию в присутствии сахара и кислоты определяется по количеству сахара, которое связывает единица пектина, образуя студень данной прочности [1, с. 21].

Свойство пектина образовывать студни широко используется в кондитерской промышленности для производства желе, мармелада, пастилы, зефира и др. На этом свойстве основан и лечебный эффект пектина. Попадая в желудок в кишечный тракт, пектин образует гель, разбухая, обезвоживает пищеварительный тракт и, продвигаясь в кишечнике, захватывает токсичные вещества. Образующаяся при гидролитическом распаде пектина под действием микрофлоры кишечника галактуроновая кислота способствует детоксикации вредных веществ [3, с. 68].

Пектиновые вещества применяют в медицине как лечебное и профилактическое средства, способствуя выве-

дению из организма тяжелых и радиоактивных металлов. Радиопротекторные свойства пектина обусловлены наличием в нем свободных карбоксильных групп, связывающих радионуклиды в кишечнике с образованием стойких соединений, которые не всасываются в кровь и выводятся из организма. В связи с этим низкоэтерифицированный пектин обладает более ярко выраженными радиопротекторными свойствами по сравнению с высокоэтерифицированным.

Установлено, что наиболее эффективно выводят радионуклиды и катионы тяжелых металлов, низкомолекулярные пектины со степенью этерификации не выше 25%. Сочетание этого типа пектина с лечебными травами позволило создать новый тип высокоэффективных лечебно-профилактических продуктов.

Выявлено, что при разработке лечебных продуктов необходимо учитывать не только свойства добавляемого пектина, но и используемой растительной основы. Некоторые растительные полифенолы (кферцетин, рутин) усиливают способность пектина связывать катионы металлов, другие (таннин) снижает ее.

Использование пектина в композициях с лечебными травами позволяет повысить терапевтическое действие самого пектина и одновременно оказывают дополнительный лечебный эффект.

Выяснен комплекс физико-химических показателей пектина, определяющий устойчивый терапевтический эффект. Степень этерификации пектина определяет его способность влиять на биоценоз кишечника. Это влияние имеет этапный характер. На первом этапе происходит угнетение роста условно-патогенных этеробактерий, на втором — восстановление нормальной микрофлоры кишечника. Степень активации адгезивных свойств лактобацилл и бифидо-бактерий не зависит от степени этерификации и определяется качественным и количественным составом макромолекул пектина. Этот же показатель определяет иммунопотенцирующее действие пектина [4, с. 32].

Клиническое исследование типов пектинов, проявляющих иммуностимулирующий и лечебный эффект при лечении острых желудочно-кишечных заболеваний с синдромом диареи, проведены в Киевском НИИ педиатрии, акушерства и гинекологии. Под наблюдением находились дети в возрасте от 6 месяцев до 1 года 3 месяцев. Установлено, что побочных явлений при приеме препаратов не наблюдалось. Пектин, предназначенный для лечения острых кишечных заболеваний, оказывает отчетливый и стойкий положительный эффект при кишечных дисбактериозах. Этот тип пектина рекомендован к применению в комплексе лечения детей с дисбактериозами, особенно вызванными химическими препаратами.

Важное применение пектин нашел как заменитель кровяной плазмы и кровоостанавливающее средство. Он повышает свертываемость крови при гемофилии. Гемостатические свойства пектиновых препаратов с успехом

используются за рубежом при легочных кровотечениях, кровотечениях пищевода, желудка и кишечника. Пектины применяют для изготовления полуфабрикатов высокой степени готовности, готовых кулинарных изделий. Разработаны также новые виды пищевых продуктов с добавлением пектина: майонезные пасты, мороженое.

Основным показателем, характеризующим качество пектинового препарата, является содержание в нем галактуроновой кислоты. Вырабатываемый в промышленных условиях яблочный пектин имеет чистоту препарата 45–50% [5, с. 98].

Известны случаи положительного применения пектина для лечения больных костно-суставным туберкулезом и полиартритом. В силу своих лечебных свойств пектин является основой рационов профилактического питания и лечебных диет. Изучена возможность его использования для получения продуктов питания для лиц, контактирующих с токсическими веществами [6, с. 92].

Исследования по скринингу пектиновых препаратов для купирования токсического отека легких на животных показали, что пектиновые препараты значительно повышают уровень активности антирадикальных и антиоксидантов ферментов в организме. Продукты с добавками свежковичного пектина эффективно действуют при ярко выраженном отеке легких. Пектинопрофилактика может быть рекомендована для профилактического питания, контактирующих с диоксидом азота.

С целью предотвращения эффекта сохранения минеральных веществ в продукте и снижение усвояемости железа организмом композиции на основе мяса цыплят механической обвалки и субпродуктов с яблочным пектином обогащали витамином С (контроль — композиции с витамином С без пектина) [4, с. 33, 8, с. 211, 9, с. 46].

Аскорбиновую кислоту вносили в мясную массу в виде водного раствора, исходя из необходимости обеспечить такое содержание витамина в готовом продукте, которое могло бы удовлетворить суточную потребность детского организма (45–55 мг).

В композициях, подвергнутых тепловой обработке в интервале температур 90–120°C, содержание витамина С зависело от температуры нагрева: при пастеризации (90°C) контрольных образцов потери витамина были на 14%, а при стерилизации (120°C) — 10% большими, чем опытных. Уровень его сохранности был максимальным при пастеризации и составлял 72% от исходного содержания.

Изучение влияния пектиновых веществ на сохранность витамина С в обогащенных им композициях из мяса, что добавление яблочного пектина к мясной массе обеспечивает сохранность его при пастеризации и стерилизации. Пектин и витамин С повышают степень усвоения железа, способствуют увеличению биологической эффективности мясных композиций [7, с. 69, 8, с. 215, 10, с. 249].

На основе проведенных исследований сделано заключение о целесообразности использования пектинов в рецептуре мясных и хлебобулочных изделий. В данных про-

дуктах целесообразно использовать пектиновые вещества в композиции с источниками железа и аскорбиновой кислоты, что усиливает лечебно-профилактический эффект продукта.

#### Литература:

1. Кенийз, Н. В., Сокол, Н. В. Разработка технологии хлебобулочных полуфабрикатов с применением криопротектора/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Новые технологии. — 2013. — № 1. — с. 19–24
2. Kenijz, N. V., Sokol, N. V. Pectic substances and their functional role in bread-making from frozen semi-finished products/N. V. Kenijz, N. V. Sokol // European Online Journal of Natural and Social Sciences. — 2013. — Т. 2. № 2. — с. 253–261
3. Кенийз, Н. В. Влияние пектина как криопротектора на водопоглотительную способность теста и дрожжевые клетки/Н. В. Кенийз // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2013. — Т. 3. № 29. — с. 67–69.
4. Нестеренко, А. А., Решетняк, А. И., Потокина, Ю. В., Потрясов, Н. В. Использование пектина в производстве мясопродуктов/А. А. Нестеренко, А. И. Решетняк, Ю. В. Потокина, Н. В. Потрясов // Вестник НГИЭИ. — 2012. № 8. — с. 30–36.
5. Кенийз, Н. В., Сокол, Н. В. Влияние дефростации в технологии хлеба из замороженных полуфабрикатов на качество готового продукта/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Вестник НГИЭИ. — 2011. — Т. 2. № 2 (3). — с. 92–101.
6. Кенийз, Н. В., Сокол, Н. В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора/Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2011. № 2–2. — с. 92–94.
7. Садовой, В. В., Щедрина, Т. В., Шлыков, С. Н., Трубина, И. А., Селимов, М. А. Антиоксидантная пищевая добавка из ягодной кожуры красного винограда/Садовой, В. В., Щедрина, Т. В., Шлыков, С. Н., Трубина, И. А., Селимов, М. А. // Пищевая промышленность. — 2013. № 12. — с. 68–70.
8. Бебко, Д. А. Применение инновационных энергосберегающих технологий/Д. А. Бебко, А. И. Решетняк, А. А. Нестеренко. — Германия: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 237 с.
9. Нестеренко, А. А. Посол мяса и мясопродуктов/А. А. Нестеренко, А. С. Каяцкая // Вестник НГИЭИ. 2012. — № 8. — с. 46–54
10. Timoshenko, N. V. Significance of electromagnetic treatment in production technology of cold smoked sausage/N. V. Timoshenko, A. A. Nesterenko, A. I. Reshetnyak // European Online Journal of Natural and Social Sciences 2013. — vo2, No. 2, — С 248–252.

## Разработка валково-шнекового агрегата для переработки вторичных термопластов

Примеров Олег Сергеевич, студент;

Макеев Павел Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Клинков Алексей Степанович, кандидат технических наук, профессор

Тамбовский государственный технический университет

**П**роблема утилизации отходов в полимерной промышленности остается актуальной, несмотря на постоянное совершенствование технологий по их вторичной переработке. Существующие технологии по утилизации отходов: сжигание или размещение на специально отведенных для этих целей участках — полигонах или свалках, приводят к сокращению земельных угодий, загрязнению окружающей среды и уничтожению дорогостоящего сырья. Наиболее перспективным методом «борьбы» с отходами является их вторичная переработка.

Следует отметить, что в развитых странах сжигается лишь та часть ТБО, которая не пригодна для вторичной

переработки, но это явление в последние годы имеет тенденцию к значительному снижению. Кроме диоксинового загрязнения противники сжигания мусора приводят такие аргументы против МСЗ:

— мусоросжигание не только не способствует развитию рециклинговых систем, а наоборот, не заинтересовано в них. В топках сгорают прежде всего органика и полимеры, и получение этих компонентов из мусорной массы делает сжигание мусора нерентабельным;

— заводы не уничтожают отходы окончательно. Шлаки и пепел от мусоросжигания, а это около 30% начальной массы ТБО, все равно должны быть захоронены

на полигонах. До сих пор МСЗ используют вышеупомянутые материалы в строительной и дорожно-ремонтной промышленности. Но все больше национальных законодательств относит пепел и шлак в список опасных отходов, с соответствующими нормами и ценами захоронения.

Таким образом, захоронение и сжигание не решают проблемы полимерных отходов, а лишь переводят ее в новое, опасное и трудно предсказуемое русло. Поэтому Директивой 94/62/ЕС была законодательно закреплена необходимость перехода от простого уничтожения отходов к вторичной переработке (рециклингу).

Приоритетом должен стать рециклинг максимального количества вторичного сырья. На практике переработанные отходы полимеров широко используются в различных отраслях хозяйствования:

- как структурирующие или наполненные материалы в ирригационных работах (дренажные и кабельные трубопроводы), сельском хозяйстве, дорожном строительстве (добавки к бетону, асфальту);

- при производстве строительных материалов (черепицы в смесях с неорганическими наполнителями, облицовочные панели для сельскохозяйственных сооружений, плитки для настила полов в промышленных зданиях, катушки для кабелей и др.);

- для изготовления изделий санитарно-технического назначения: химических волокон, деталей для автомобилей, потребительских товаров (мебели, одежды, обуви, тканевых покрытий и т. п.) и др.;

- в качестве добавок в полимерные композиции при изготовлении новых упаковочных изделий [1].

На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» ТГТУ, разработано оборудование (рис. 1),

позволяющие перерабатывать отходы полимерной тары и упаковки и на выходе получать изделия заданного профиля [2].

Данное оборудование работает следующим образом. Отходы полимерного тары и упаковки непрерывно поступают на рабочую поверхность валков, под действием температуры происходит плавление материала, удаление летучих компонентов, гомогенизация расплава далее он транспортируется вдоль оси валков по направлению к загрузочному отверстию 13, где за счет сдвиговых деформаций расплав продавливается в загрузочное отверстие цилиндра и захватываясь витками шнека расположенного в неподвижном валке 8 перемещается в направлении к формирующей головке 15. На выходе, из которой получается стренги или трубки заданного сечения [3].

При проведении экспериментальных исследований был выявлен недостаток данного агрегата, а именно его невысокая производительность, из-за неудачной конфигурации загрузочного отверстия. В ходе конструктивных работ, для увеличения производительности, была изменена конфигурация загрузочного отверстия валково-шнековой установки. Для определения новой производительности были проведены эксперименты по вальцеванию пленочных отходов ПВД.

Экспериментальные исследования проводили следующим образом: включали питание ЭУ; устанавливали заданные минимальный зазор  $h_0$  между валками; разогревали до заданной температуры поверхности валка вальцов и цилиндр шнекового устройства; устанавливали частоту вращения заднего валка  $n_b=15$  об/мин и частоту вращения шнека  $n_{ш}=20$  об/мин; непрерывно загружали с правой стороны рабочей поверхности валков вальцов

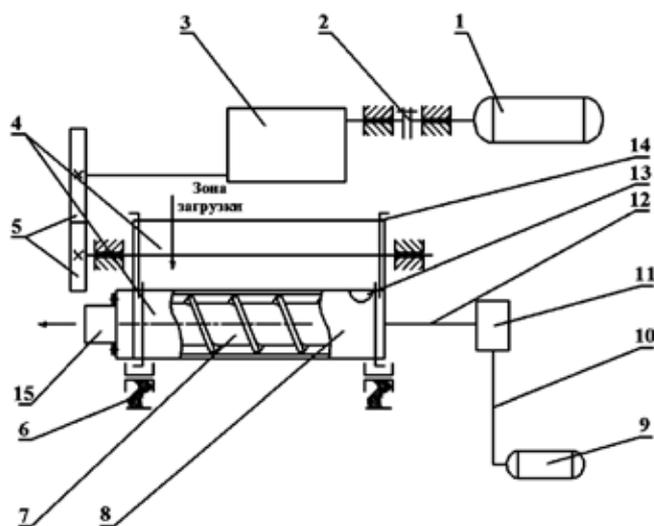


Рис. 1. Схема экспериментальной валково-шнековой установки: 1,9 — электродвигатель; 2 — муфта; 3,11 — редуктор; 4 — подвижный валок; 5 — передаточные шестерни; 6 — механизм регулировки зазора; 7 — шнек; 8 — неподвижный валок; 10 — ременная передача; 12 — цепная передача; 13 — загрузочное отверстие; 14 — ограничительные стрелы; 15 — головка формирующая трубная

ПВД; добивались выхода на установившийся, стабильный режим гранулирования. После получения необходимого количества вторичного термопластичного материала валковую установку останавливали, и валки очищали от материала. Затем увеличивали частоту вращения шнека, при неизменном значении частоты вращения заднего валка. Исследование процесса валково-шнековой утилизации термопластов проводили при частотах вращения валков вальцов  $n_b=15$  об/мин,  $n_b=20$  об/мин,  $n_b=25$  об/мин проводя такие же действия как при  $n_b=15$  об/мин. Затем фиксировали частоту вращения валка и изменяли частоту вращения шнека в диапазоне от 56 до 84 об/мин, такие действия проводили для каждой частоты вращения валка.

В процессе переработки на лабораторном валково-шнековом агрегате измеряли следующие параметры: вес полученного образца за определенный промежуток времени с целью определения производительности установки при заданных значениях минимального зазора  $h_0$  между валками, частоты вращения заднего валка и шнека [4].

В результате проведенных экспериментальных исследований на валково-шнековом агрегате, по описанной выше методике, были получены зависимости (рис. 2).

При сравнении производительности валково-шнековой установки до и после изменения конфигурации загрузочного отверстия (рис. 3), видно, что производительность увеличилась, примерно, в 4 раза.

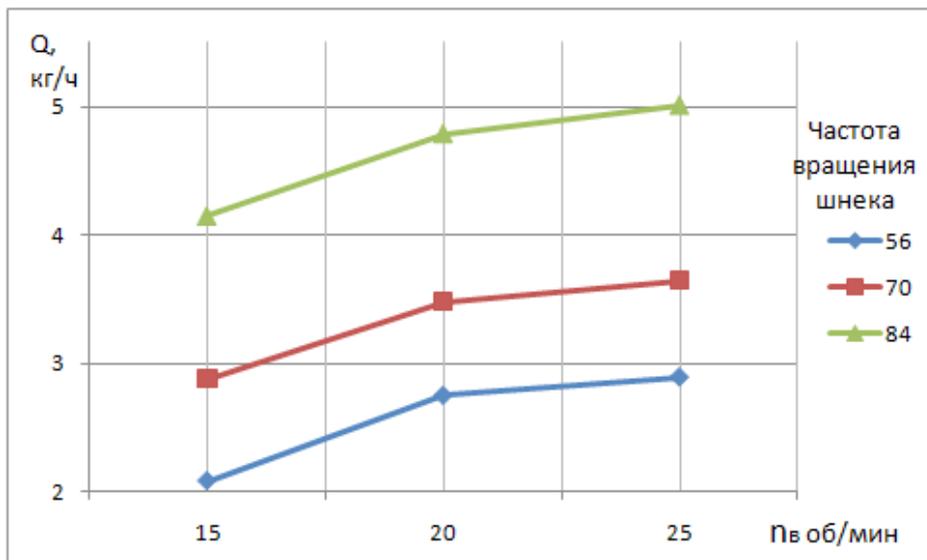


Рис. 2. Зависимость производительности Q от частоты вращения валка  $n_b$

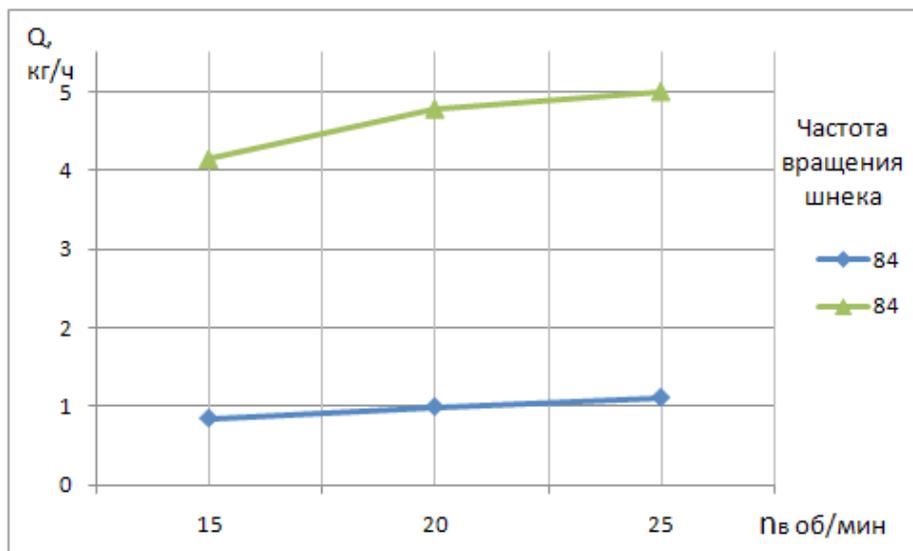


Рис. 3. Зависимость производительности Q от частоты вращения валка  $n_b$  до и после изменения конфигурации загрузочного отверстия

**Выводы:**

- 1) Проведена модернизация валково-шнекового агрегата с целью увеличения производительности при неизменном расходе технологической мощности привода.
- 2) Полученный гранулят вторичного ПВД исполь-

зуют для производства трубок диаметром 10 мм экструзионным методом.

- 3) Разработанный валково-шнековый агрегат позволяет получать не только гранулы из вторичного полимерного сырья, но и изготавливать изделия различного профиля.

Литература:

1. Расчет и проектирование процесса и оборудования для производства латексной пенорезины/А.С. Клинков, А.С. Кульбашный, М.В. Соколов, В.Г. Однолюк // М.: издательский дом «Спектр», 2012.—96 с.
2. Другая жизнь упаковки/И. Н Смиранный, П. С. Беляев, А. С. Клинков, О.В. Ефремов // Тамбов: изд-во Першина, 2005.—178 с.
3. Макеев, П.В. Разработка оборудования и технологии для утилизации отходов термопластов: Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук по спец. 05.02.13, 05.17.06/П.В. Макеев. — Тамбов, 2012. 16 с.
4. Полушкин, Д.Л. Разработка конструкции валково-шнекового агрегата и совмещенного технологического процесса утилизации полимерной тары и упаковки: Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук по спец. 05.02.13/Д.Л. Полушкин. — Тамбов, 2008. — 164 с.

## Влияние эксплуатационных факторов на изменение надежности гидроагрегатов мобильных машин

Рылякин Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Курылев Алексей Владимирович, магистрант  
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Изложены основные причины, ухудшающие работоспособность и определяющие особенности функционирования гидроагрегатов мобильных машин в условиях эксплуатации. Анализируются наиболее агрессивные эксплуатационные процессы, отрицательно влияющие на техническое состояние деталей гидропривода машин.*

**Ключевые слова:** терморегулирование, рабочая жидкость, надежность, ресурс, изнашивание, гидросистема.

Одной из основных характеристик качества транспортно-технологических машин и их агрегатов является надежность, которая отражает служебные свойства указанных объектов, закладываемых при проектировании и производстве машин, реализующихся в эксплуатации и возобновляющихся с помощью ремонта [1].

Важным условием улучшения эксплуатационных и технико-экономических характеристик транспортно-технологических машин является применение гидропривода. Сфера применения гидропривода постоянно увеличивается. Сейчас он применяется в основном на всех моделях транспортно-технологических машин.

Большое распространение гидравлического привода обусловлено целым рядом его преимуществ по сравнению с другими приводами: малый вес, небольшие размеры, возможность бесступенчатой регулировки скорости технологического оборудования, независимое расположение элементов гидропривода, надежная защита от перегрузок, легкость обслуживания и управления, простота автоматизации процессов и др. [2]

Главное назначение гидропривода — приведение в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости под давлением, или преобразование энергии потока рабочей жидкости и передачи ее на расстояние с преобразованием в энергию движителя выходного звена.

Долговечность гидропривода транспортно-технологических машин обуславливается сроком службы его агрегатов. В эксплуатационных условиях срок службы гидропривода значительно зависит от технического состояния наиболее сложных и ответственных составных частей — насоса, распределителя, гидроцилиндров.

Наиболее частые отказы в гидроприводах делятся на отказы, определяющиеся недопустимыми количественными изменениями некоторых параметров гидроагрегата, и другие, определяющиеся в системе изменением структурных связей.

Даже с учетом постоянного совершенствования конструкций гидропривода транспортно-технологических машин, его надежность на сегодняшний день остается

достаточно низкой. Так, ресурс гидравлических распределителей в условиях эксплуатации в некоторых случаях не достигает 2000 моточасов, в то время как нормативный — 6000...8000 моточасов [3,4].

Согласно проведенным исследованиям [5] ресурс шестеренных насосов соответствует 45...50% от номинального.

Потеря функциональности гидравлических передач может происходить из-за выхода какого-то параметра за рамки допустимой величины или в связи с нарушением работоспособности агрегатов гидропривода. Функциональные отказы гидропривода занимают 60% от общего числа отказов, параметрические — 40%.

Анализ происходящих отказов дал следующие значения: 42% отказов связано с внешней негерметичностью, 16% — несоответствием параметров, нормативам технической документации, 13% — выходом из строя агрегата или его частей, 12% — нарушением динамической устойчивости, 10% — нарушением и повреждением механических элементов гидропередачи, 4% — поломкой фильтров [3,4,5].

Неисправности, которые чаще всего наблюдаются среди элементов гидропривода, выглядят следующим образом:

- гидронасосы 11...20%;
- распределители 15...30%;
- гидроцилиндры 7...9%.

Эти данные практически подтверждаются проведенными исследованиями [6]. Отказы элементов привода:

- гидронасосов 15%;
- распределительных устройств 20%;
- силовых элементов 10%.

Так, можно отметить, что одними из основных и наиболее ответственных агрегатов, снижающих показатели надежности гидросистем, являются шестеренные насосы. Основными причинами отказа этих гидромашин являются износ торцовых поверхностей сопряжения опорных втулок с шестернями, шестерен и шеек вала, износ и потеря эластичности резиновых уплотнений, износ и повреждения манжетного уплотнения. В некоторых случаях наблюдается разрыв корпуса [7].

Работа гидросистем мобильных машин происходит в сложных эксплуатационных условиях, например, в излишне запыленном окружающем воздухе. Твердые частицы коагулянтов, в результате попадания в неплотности и зазоры прецизионных соединений, приводят к изнашиванию сопрягаемых деталей, а также заклинивают детали распределительной и регулирующей аппаратуры в виду появления повышенных сил трения.

Работа гидравлических систем мобильных машин с высокой степенью надежности во многом зависит от качества рабочей жидкости. Существенно влияют на изменение свойств рабочей жидкости, особенно, физико-химических, следующие параметры гидросистемы: степень вентиляции и аэрации бака, силовой и температурный режим работы гидросистемы.

С вентиляцией и аэрацией бака связаны: диффузия воздуха и увеличение его притока в рабочую жидкость. Что улучшает его растворимость в рабочей жидкости, усиливает засорение ее частицами пыли, находящимися в воздухе и интенсифицирует окислительные процессы. За семь часов рабочего дня, при пахоте, в гидробак трактора класса 1,4...3,0 кН может поступить 0,1–2,4 г/м<sup>3</sup> воздуха, содержащего 0,2–3,4 г/м<sup>3</sup> пыли [4,6,7].

Установлено, что при работе на тракторах с навесными, полунавесными и прицепными гидрофицированными машинами через сапун в гидробак трактора поступает до 0,3–0,35 м<sup>3</sup>/ч воздуха, в одном кубическом метре которого содержится 0,16–160 г пыли [9].

Многие исследователи считают, что загрязнение рабочей жидкости абразивом — наиболее вредное явление процесса эксплуатации гидросистем мобильных машин. Есть мнение, что по распространенности и отрицательному воздействию на эффективность и ресурс работы машины изнашивание абразивом — одна из основных причин, сдерживающих технический прогресс.

Абразивное изнашивание — это механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц [7,8]. В условиях абразивного изнашивания сроки службы машин сокращаются от 2 до 10 раз.

Абразивное изнашивание подшипников колесных тракторов класса МТЗ-80/82 составляет: шариковых — 52,6%, роликов — 71%; гусеничных тракторов класса ДТ-75 — соответственно 62,9 и 47,5% (согласно данным НАТИ) [10]. Характер износа подшипников — абразивный и объясняется низкой герметичностью агрегатов машин. В интервале между заменой масла в трансмиссии новой машины накапливается до 0,25% абразивных частиц от массы всего тела (допустимый — 0,1%).

Схожие показатели имеют и гидросистемы. Трактор Т-150К, с наработкой в 600 мото-ч., имеет в гидробаке 5,526 г пылевидной массы [10]. В естественных условиях эксплуатации реальное содержание загрязнений может быть и больше.

На различных работах мобильных машин велика степень насыщения воздуха пылью вокруг них. При пахоте она составляет 0,05...1,1 г/м<sup>3</sup>; при севе — 0,2...2,5 г/м<sup>3</sup>; культивации — 0,9...2,2 г/м<sup>3</sup>; на транспортных работах — до 2,1 г/м<sup>3</sup>; при планировании земель — до 3,15 г/м<sup>3</sup> [1,4]. Основу ее составляет (62...63%) окись кремния — наиболее агрессивный абразивный компонент, с твердостью в 2...3 раза выше твердости многих сталей [1].

Средняя концентрация загрязнения по массе составляет 0,071% [9]. Концентрацию загрязнения рабочей жидкости 0,06–0,08% имеет 31% гидросистем; 0,05–0,09–57,6% и 0,04–0,1–78%.

Дисперсный состав частиц коагулянтов показал, что около 95% частиц имеют размер до 10 мкм; около 3–5% — размер 10–25 мкм; около 2% — размер 25...50 мкм [9].

Рассмотренные результаты исследований дают основание полагать, что в процессе изнашивания детали агрегатов гидросистем мобильных машин изменяют свои начальные геометрическую форму и размеры, а также нарушаются их регулировки. Взаимное расположение деталей, а также посадки в соединениях, могут быть нарушены из-за износов сопрягаемых поверхностей, что приводит к изменению режимов работы гидроагрегатов, дополнительным потерям рабочей жидкости и снижению КПД агрегатов.

В период эксплуатации происходит наибольшее загрязнение. Однако степень загрязнения для различных конструкций и типов гидросистем неодинаковой.

Различный уровень загрязнения объясняется различными условиями эксплуатации, техническим состоянием агрегатов, чувствительностью к загрязнению гидроси-

стемы, вызванной ее конструктивными особенностями, условиями технического обслуживания, хранения техники и ее ремонта [4,7].

Таким образом, абразивное изнашивание является основным видом изнашивания деталей агрегатов гидросистем. Такому виду изнашивания подвержены втулки, корпуса и цапфы шестеренных насосов, уплотнения, штоки гидроцилиндров, прецизионные детали распределительных устройств и др. Абразивное изнашивание вызвано, в первую очередь, посторонними примесями, содержащимися в рабочей жидкости, гидроемкостях, агрегатах и т.д. Примеси различаются по своим физико-химическим свойствам. Их главные физические характеристики — размер частиц и твердость, которые в основном состоят из кварца, полевого шпата и оксидов металлов.

#### Литература:

1. Орехов, А.А. Снижение интенсивности изнашивания зубчатых тракторных трансмиссий применением рациональных температур трансмиссионных масел: Автореф. дис. ... канд. техн. наук/А. А. Орехов. — Пенза, 2001. — 20 с.
2. Ловкис, З.В. Гидроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет/З.В. Ловкис. — М.: Агропромиздат, 1990. — 239 с.
3. Ионов, П.А. Выбор оптимальных режимов восстановления изношенных деталей электроискровой наплавкой: Автореф. дис. ... канд. техн. наук/П. А. Ионов. — Саранск, 1999. — 18 с.
4. Ефимов, В.В. Обеспечение эксплуатационной надежности гидросистем сельскохозяйственной техники при альтернативном использовании рапсового масла в качестве рабочей жидкости: Автореф. дис....канд. техн. наук/В.В. Ефимов. — Самара, 2000. — 18 с.
5. Величко, С. А. Восстановление и упрочнение электроискровой наплавкой изношенных отверстий чугунных корпусов гидрораспределителей: Автореф. дис....канд. техн. наук/С.А. Величко С. А.. — Саранск, 2000. — 16 с.
6. Сырицын, Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов/Т.А. Сырицын. — М.: Машиностроение, 1990. — 248 с.
7. Рылякин, Е.Г. Повышение работоспособности тракторных гидросистем терморегулированием рабочей жидкости: Автореф. дис. ... канд. техн. наук/Е.Г. Рылякин. — Пенза, 2007. — 22 с.
8. ГОСТ 27674–88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. — М.: Изд-во стандартов, 1988. — 20 с.
9. Черкун, В.Е. Ремонт тракторных гидравлических систем/В.Е. Черкун. — М.: Колос. — 1984. — 253 с.
10. Власов, П.А. Надежность сельскохозяйственной техники/П.А. Власов. — Пенза: РИО ПГСХА, 2001. — 124 с.

## Результаты режимно-наладочных испытаний при сжигании природного газа паровых котлов типа «Babcok-Wilcok» № 1, № 2 котельной Каршинского маслоэкстракционного АО

Саматова Шойира Юлдашевна, старший преподаватель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Вардияшвили Афтандил Аскарлович, кандидат технических наук, доцент  
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Хамраев Толиб Ярашевич, ассистент  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Абдуллаева Комила Турсуновна, ассистент  
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

*В данной статье представлены результаты режимно-наладочных испытаний паровых котлов типа «Babcok-Wilcok» № 1, № 2 Котельной ОАО «Карши-Ёг экстракция» При сжигании природного газа Шуртан.*

Режимно-наладочных работ, испытания котельных агрегатов производились на трех эксплуатационных нагрузках, при сжигании природного газа. Нагрузки определялись в ходе испытаний. По результатам произведенных работ была составлена и выдана «Заказчику» режимная карта.

Коэффициент полезного действия котлов «брутто», т. е. без учета расхода тепла на собственные нужды при максимальной проверенной нагрузке составил:

Котел ст. № 188,2 % Котел ст. № 290,78 %

В результате проведенных работ к. п. д. котла повышен:

При нагрузке 10 т/час на 2,0 %

Что дает экономию 88150 м куб газа за год.

В соответствии с, хозяйственным договором № 28/9/420–13 от 25-сентября 2013 года между предприятием «Узбекгаз», Каршинского инженерно-экономического института, ОАО «Каршинского масло экстракционного завода» были произведены режимно-наладочные испытания паровых котлов типа «Babcok-Wilcok» № 1, № 2, при сжигании природного газа.

Испытания производились с целью определения оптимальных режимов работы котлов, составления режимной карты, рекомендаций по дальнейшему улучшению надёжности и экономичности работы котлов.

Перед началом испытаний были проведены подготовительные работы.

Подготовительные работы включали в себя.

Осмотр оборудования;

Ознакомление с проектно сметной и эксплуатационной документацией;

Установка дополнительных приборов на период испытаний.

Температура воздуха подаваемого на горение в ходе испытаний составляла 10 и 25°С.

Давление пара в барабане котлов поддерживалось 8,0 и 7,5 кгс/см<sup>2</sup> что необходимо было из условий технологического производства. Газоснабжения котельной в период испытаний производилось газом природным с низшей теплотой сгорания 8150 ккал/н. м<sup>3</sup>.

Испытаний котла производилось, согласно программе, на эксплуатационных нагрузках при сжигании природного газа.

### Первый этап испытаний

Первый этап испытаний производится с целью определения технического состояния котлов и вспомогательного оборудования, определения недостатков влияющих на эффективность сжигания газа и использования тепла, выяснения возможности изменения нагрузок на котле. Была произведена «фотография» работы котлов. Данные по фотографии приведены в сводной таблице результатов режимно-наладочных испытаний.

**Котёл №1**

График зависимости расхода газа то паропроизводительности котла

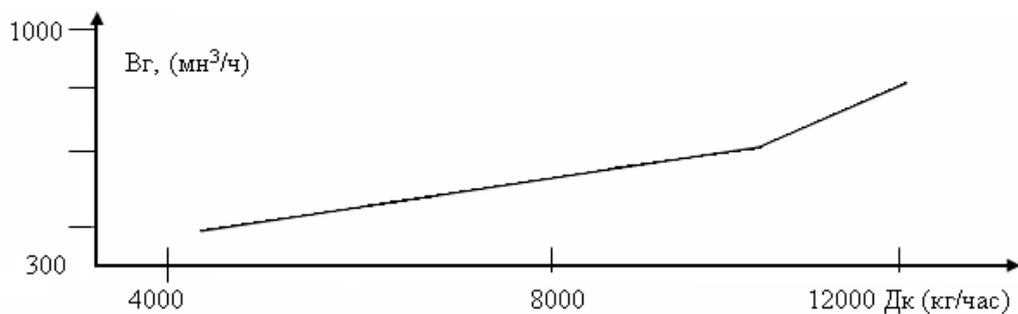


График зависимости КПД котла от паропроизводительности котла

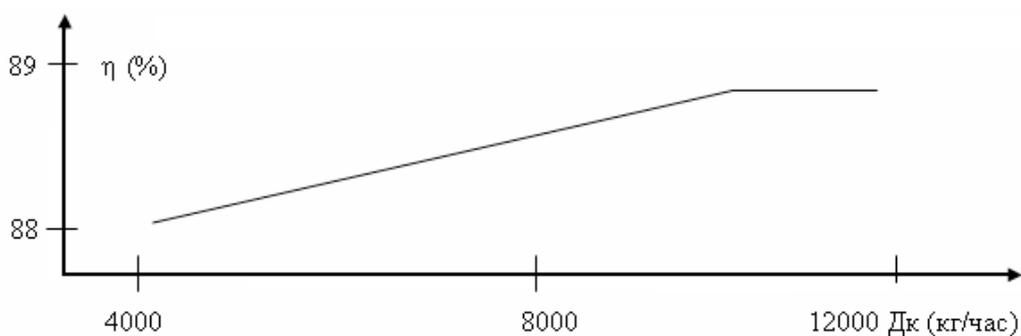


График зависимости коэффициента избытка воздуха от паропроизводительности котла

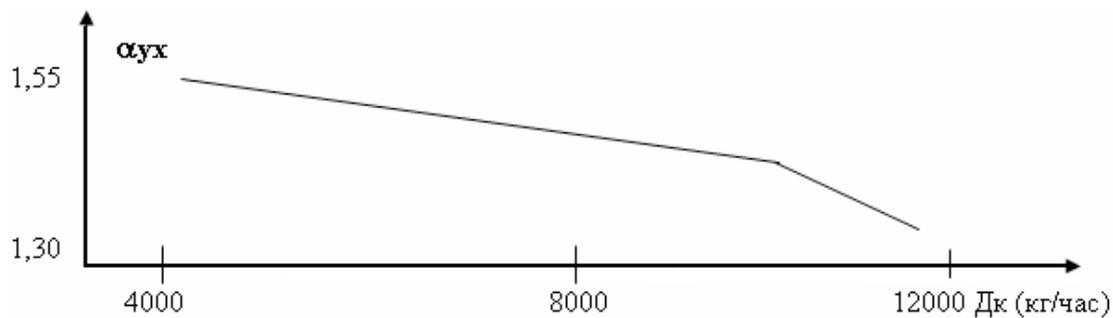
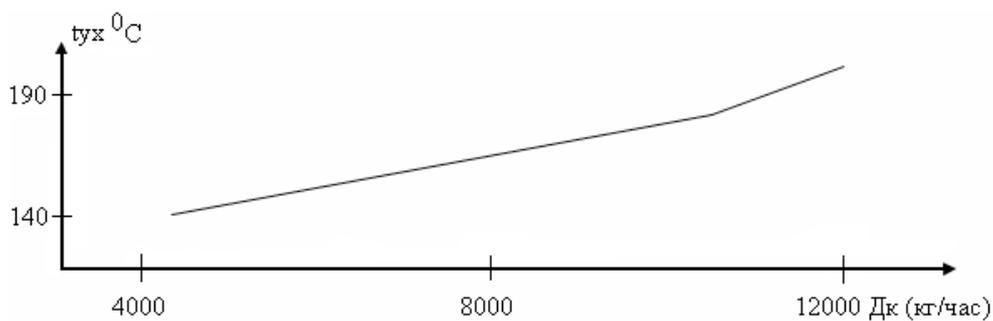


График зависимости температуры уходящих газов от паропроизводительности котла



**Второй этап испытаний**

По завершению первого этапа был произведен второй этап испытаний, заключающийся в определении оптимальных режимов горения на различных нагрузках. Результаты работ по второму этапу и графический анализ отражены в приложениях.

**Котёл №2**

График зависимости расхода газа то паропроизводительности котла

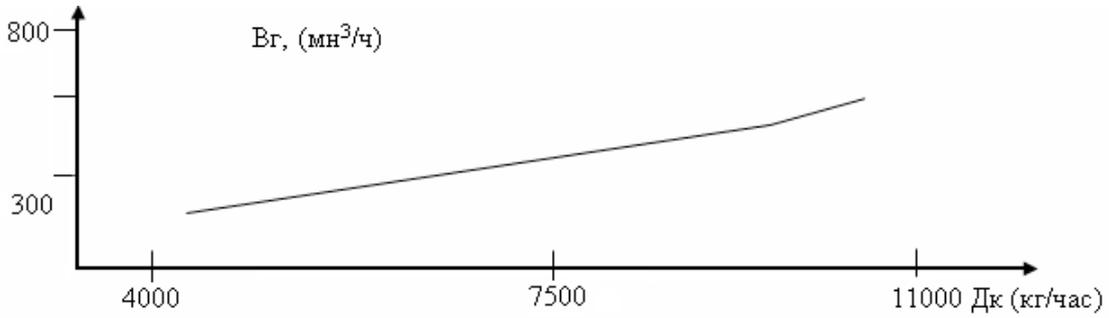


График зависимости КПД котла от паропроизводительности котла

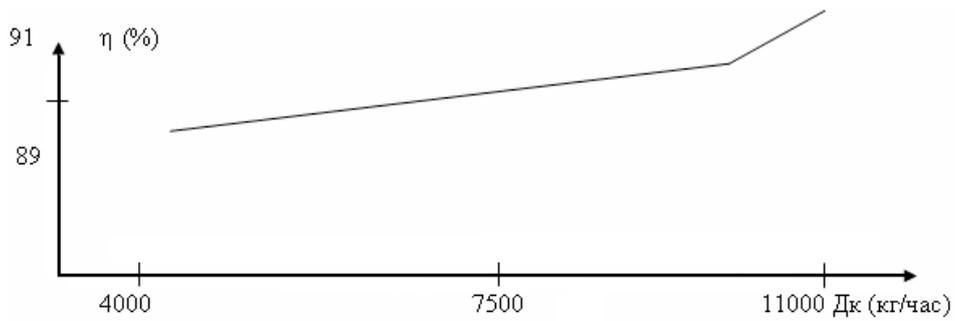


График зависимости коэффициента избытка воздуха от паропроизводительности котла

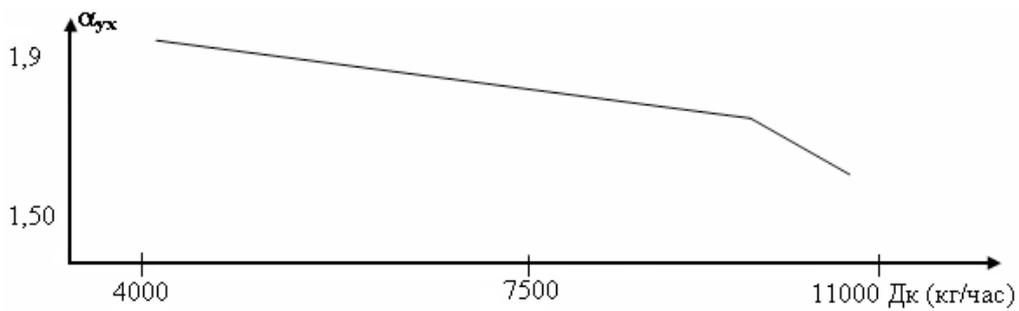
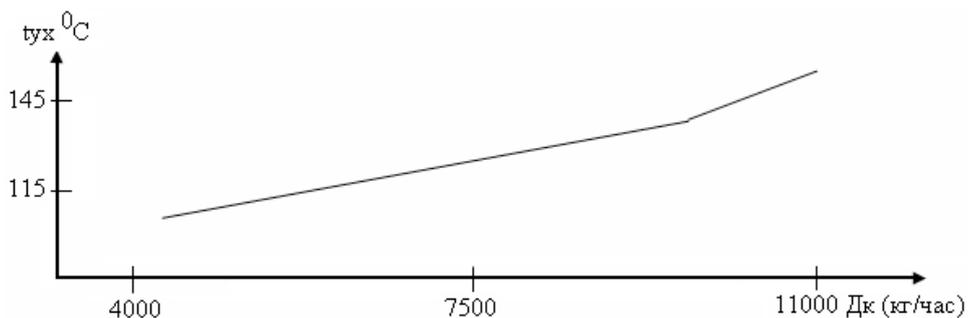


График зависимости температуры уходящих газов от паропроизводительности котла



### Экономическая эффективность проведенных работ

Годовая экономия топлива от проведенных испытаний котла определена по формуле:

$$V_{г} = b \times D_{к} \times t, \text{ нм}^3/\text{год};$$

где  $b$  — снижение удельного расхода газа на выработку одной тонны пара,  $\text{нм}^3/\text{т}$ ;

$D_{к}$  — производительность по пару котла,  $\text{т}/\text{час}$ ;

$t$  — число часов работы котла в год,  $\text{час}/\text{год}$ .

$$V_{г} = 1.53 \times 10,0 \times 5760 = 88150 \text{ нм}^3/\text{год};$$

### Расчет групповой нормы расхода топлива

Расчет групповой нормы расхода топлива производится по методике изложенной в Л. 4.

Средневзвешенная норма расхода топлива на выработку тепловой энергии для котельной.

$$H = \sum N_i \times Q_i \times T_i / \sum Q_i \times T_i \text{ кг у. т.}/\text{Гкал}$$

Где:  $N_i$  — удельный расход условного топлива по котлам при планируемой производительности котлов.  $\text{кг у. т.}/\text{Гкал}$

$Q_i$  — планируемая производительность  $\text{т}/\text{час}$

$T_i$  — число часов работы агрегата в планируемом периоде. (час)

8.2. Средневзвешенная норма расхода топлива на выработку тепловой энергии для котельной при сжигании газа

$$H = 159,1 \text{ кг у. т.}/\text{Гкал}.$$

8.3. Групповая норма расхода топлива для котельной при сжигании газа

$$H_{г} = H / (1 - d_{сн}) = 159,1 / (1 - 0,02) = 162,3 \text{ кг у. т.}/\text{Гкал}.$$

$$H_{г} = 162,3 \text{ кг у. т.}/\text{Гкал}.$$

### Выводы

1. Рекомендуется работа котла на максимальной проверенной нагрузке.
2. Для обеспечения экономичности работы котлов необходимо руководствоваться режимной картой и графиком зависимости давления воздуха на горелках от его температуры.
3. При потребности работы котлов на нагрузках свыше проверенных необходимы дополнительные испытания.
4. После производства ремонтных работ по поверхностям нагрева или обмуровке и обшивке котла, реконструктивных работ на агрегате, изменении состава или вида топлива и т. д. — производит корректировку режимной карты.
5. Не реже 1 раза в два месяца производить силами персонала экспресс испытания для выявления соответствия работы котла режимной карте. При значительных отклонениях не подлежащих устранению силами персонала произвести повторные режимно-наладочные испытания.

Срок действия настоящего отчета и режимной карты, соответственно, согласно ОРД-87 и правил пользования газом в народном хозяйстве, 3-года.

Литература:

1. В. М. Чепель, И. А. Шур, «Сжигания газов в топках печей и котлов и обслуживание газового хозяйства предприятий», Л, «Недра», 1980 г.
2. Е. Б. Столпнер, «Справочник эксплуатационника газифицированных котельных», М. «Недра» 1976 г.
3. В. И. Трёмбовля, «Теплотехнические испытания котельных установок», Л. «энергия» 1964 г.
4. Я. П. Пеккер, «Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива», М. «Энергия», 1964 г.
5. «Временная методика нормирования расхода газа в котлах малой и средней мощности», М. 1983 г.

## Изучения влияние пропитки и пленкообразования на свойства волокнистых систем

Сафаров Бахри Жумаевич, кандидат технических наук; старший преподаватель;  
Садирова Саодат Насреддиновна, старший преподаватель;  
Назаров Шомурод Комилович, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Одной из задач, стоящих при автоматизации любого технологического процесса, является нахождение математической зависимости между свойствами материала и основными технологическими параметрами процессов его получения. Это позволяет не только рассчитать свойства материала, но и решать математически задачу оптимизации [1,2]. Разработка математического описания процессов является необходимой предпосылкой и первым этапом создания автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Наше исследование посвящено вопросу, который интересует как легкую, так и текстильную промышленность — нахождению зависимостей, позволяющих расчетным путем определить, каков будет комплекс физико — механических свойств импрегнированных волокнистых систем при тех или иных режимах обработки, т.е. каковы должны быть состав пропитанной основы, условия пропитки и пленко-образования для обеспечения заданных свойств.

В качестве объекта исследования была взята нетканая волокнистая основа, пропитанная раствором полимера. Пленкообразование раствора полимера осуществлялось методом конденсационного структурообразования (контакта системы волокнистая основа — раствор полимера с нерастворителем).

При экспериментальном исследовании по определению функциональных связей свойств готового материала с технологическими переменными процессов пропитки и пленкообразования были приняты следующие допущения:

— входные параметры в пропиточную ванну определены свойствами волокнистой системы, которые оценивались комплексным показателем — удельной плотностью ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>), которая изменялась случайным образом в пределах 0,191—0,199 г/см<sup>3</sup>. На данном этапе исследования варьировать этим показателем на необходимых уровнях не представлялось возможным и поэтому приняли считать его постоянным. Грубость такого допущения была уменьшена специальным подбором более стабильных по своим свойствам образцов волокнистой системы;

— последующая обработка импрегнированных волокнистых систем проводилась при одних и тех же режимах для каждого опыта.

Принятые допущения дают основания считать, что свойства готового материала зависят только от режимов процессов пропитки и пленкообразования.

Предшествующие исследования и анализ реального производственного процесса позволили выбрать для изучения влияния условий пропитки и пленкообразования связующего в волокнистой системе на свойства готового материала следующие основные с точки зрения значимости факторы: абсолютное приращение удельной плотности после пропитки и отжима  $Z_1$  г/см<sup>3</sup>, концентрацию пропиточного раствора  $Z_4$ %. Оба эти параметра изменялись и являлись входными в осадительную ванну.

Управляющими параметрами при пленкообразовании являются: состав нерастворителя полимера — содержание диметилформамида (ДМФА) в смеси с водой  $Z_2$ % и температурный режим  $Z_3$ °С.

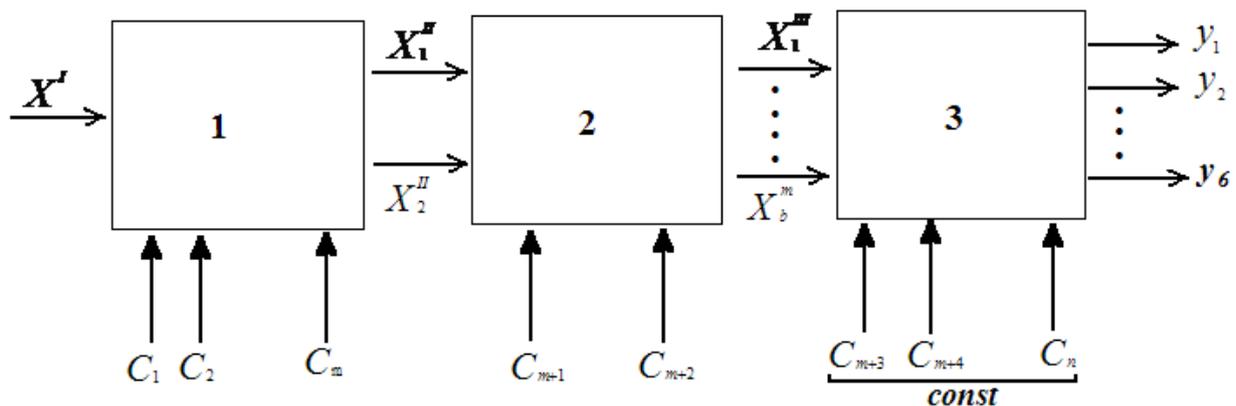


Рис. 1. Схема процесса импрегнирования: 1 — пропитка; 2 — пленкообразование; 3 — окончательная обработка

Таблица 1

$X_{ij}$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$
2	0,9	40	60	15
1	0,8	30	50	12,5
0	0,7	20	40	10
-1	0,6	10	30	7,5
-2	0,5	0	20	5

Схема исследуемых процессов представлена на рисунке, где обозначения имеют следующий смысл:

$X^I$  – входной параметр, комплексно характеризующий свойство волокнистой системы, т. е.  $\rho$ ;

$C_1, \dots, C_m$  — управляющие параметры процесса пропитки (вязкость, величина давления и линейная скорость при отжиге варьировались);

$X_1^I, X_2^I$  — выходные параметры объекта пропитки: соответственно абсолютное приращение удельной плотности и концентрация раствора полимера;

$C_{m+1}, C_{m+2}$  — управляющие параметры процесса пленкообразования: соответственно концентрация ДМФА в осадительной ванне и температура смеси;

$X_1^{III}, \dots, X_b^{III}$  — выходные параметры импрегнированной волокнистой системы после процесса пленкообразования; они же и входные параметры в последующие объекты (не контролировались);

$C_{m+3}, \dots, C_n$  — управляющие параметры последующих процессов обработки (поддерживались постоянными);

$y_1, y_2$  — выходные показатели, характеризующие свойства готовой продукции соответственно: паропроницаемость в  $mg/(cm^2 \cdot ч)$ , жесткость в Н, масса  $1 m^2$  в г, прочность при разрыве в Н, относительное удлинение в %, сопротивление истиранию в  $g/(кВт \cdot ч)$ .

Для получения математических выражений, функционально связывающих качество готового продукта с режимами пропитки и пленкообразования, были поставлены опыты по матрице, представляющей собой композиционный ротатбельный униформ-план полного факторного эксперимента. Число опытов в матрице планирования равнялось  $2^{k+2k+n_0}=31$ , где  $k$  — количество исследуемых факторов,  $n_0$  — количество опытов в центре

плана. Натуральные ( $Z_i, i=1, \dots, 4$ ) и кодированные ( $X_{i,j}$ ) значения факторов приведены в таблице 1.

Перед экспериментальными исследованиями была проведена предварительная подготовка образцов. Необходимый абсолютный привес при заданной концентрации раствора полимера получали изменением давления при отжиге после пропитки. Требуемое значение давления рассчитывали по интерполяционной модели [3], а после отжима проводили дополнительный контроль образцов взвешиванием. В процессе пленкообразования осуществлялось перемешивание смеси в осадительной ванне с помощью магнитной мешалки. После завершения процесса пленкообразования (необходимая продолжительность процесса определялась по ранее полученной интерполяционной модели) из системы удалялся растворитель вымыванием его водой до содержания ДМФА в полуфабрикате не более 0,001% по отношению к полимеру. Затем полуфабрикат высушивался при  $110^\circ C$  и шпальтовался до толщины, равной  $1 \pm 0,05$  мм.

Учитывая трудоемкость проведения эксперимента, опыты дублировались только в центре плана, что для композиционных ротатбельных планов принципиально возможно. Последовательность расчетов по оценке адекватности уравнения в случае постановки параллельных экспериментов только в центре плана дана в работе [4].

После выполнения соответствующих расчетов на ЭВМ коэффициентов интерполяционных моделей, оценки значимости этих коэффициентов и определения соответствия уравнений результатам экспериментальных данных были получены формулы, адекватно описывающие данные с 97% доверительной вероятностью.

$$\bar{y}_1 = 11,8 - 0,35X_1 - 0,40X_4 - 0,33X_2^2 - 0,40X_3^2 - 0,15X_4^2 - 0,18X_1X_3;$$

$$\bar{y}_2 = 23,2 - 2,5X_1 - 7,9X_4 - 0,8X_1^2 - 0,6X_3^2 - 1,5X_4^2 - 0,6X_1X_2 - 0,7X_1X_4 + 1,1X_3X_4;$$

$$\bar{y}_3 = 297,9 + 24,5X_1 + 2,4X_2 + 25,4X_4 - 7,3X_1^2 - 3,5X_3^2 - 13,3X_1X_4;$$

$$\bar{y}_4 = 15,2 + 2,8X_1 + 0,39X_2 - 0,64X_3 + 4,5X_4 - 0,79X_1^2 - 0,6X_2X_3;$$

$$\bar{y}_5 = 78,7 - 1,9X_1 - 2,0X_4 + 1,6X_2^2 + 2,1X_3^2 + 1,5X_2X_4;$$

$$\bar{y}_6 = 156 - 22X_1 - 13X_2 + 11X_3 - 73X_4 - 6X_2^2 + 18X_4^2 + 9X_1X_2 + 6X_2X_4;$$

где  $X_1, X_2, X_3, X_4$  — соответственно кодированные значения абсолютного приращения удельной плотности после пропитки, концентрации ДМФА и температуры раствора в пленкообразующей ванне, концентрации пропиточного раствора.

Полученные сквозные математические модели позволяют прогнозировать свойства импрегнированных

волокнистых основ в достаточно широкой области исследуемого факторного пространства и по заранее выбранному критерию оптимизировать процессы пропитки и структурирования при заданных технологических ограничениях и технических условиях, предъявляемых к изделию.

#### Литература:

1. Кан, Г.Э., Юха М.Р., Тихомиров В.Б. Оптимизация процесса вулканизации в производстве нетканых материалов. — «Текстильная промышленность», 1986, №5, с. 43–45.
2. Сухарев, А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации: Учеб. пособие. Изд. 2-е. М.: Физматлит, 2005. с. 168–174.
3. Гартман, Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов: Учеб. пособие для вузов — М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. с. 216–223.
4. Математическая теория планирования эксперимента/под ред. С.М. Ермакова. — М.: Мир, 1973. с. 83–89.

## Физико-химические исследования структуры пигментной печатной краски на основе отечественных препаратов

Сафаров Бахри Жумаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Хужакулов Камолиддин Рамазанович, преподаватель;

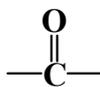
Ходжиев Азизжон Холмуродович, старший преподаватель;

Нормуродов Бобомурод Рузимуродович, магистрант

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В текстильной промышленности в последние годы все чаще используются пигментные красители для художественно колористического оформления ткани, трикотажа. Преимуществами способа печати с применением пигментов по сравнению другими методами являются экономичность и экологичность (исключается промывка и последующая сушка материалов, упрощается технологический процесс, повышается производительность труда, уменьшается количество сточных вод и потребность отделочного производства в технологической воде и тепловой энергии), расширяется гамма прочных, ярких, красивых цветов на тканях из химических, природных волокон и их смесей.

В работе мы изучали структуру пигментной печатной композиции в составе в качестве пленкообразующего полиакриловой эмульсии, в качестве сшивающего ацетонформальдегидной смолы. На рис. 1 представлены ИК спектры закрепленной печатной краски. В спектре наблюдаются все характерные полосы её отдельных компонентов.



Интенсивность полосы валентных колебаний карбонильной группы ( $1750-1780\text{ см}^{-1}$ ), карбоксильных групп —  $\text{COOH}$  ( $1450\text{ см}^{-1}$ ) увеличивается, что связано с наложением интенсивностей полосы названных групп веществ, входящих в состав печатной краски.

Нанесение печатной краски на ткань не меняет общую картину ИК-спектра рис. 2., что свидетельствует о том, что механизм фиксации пигментных красителей на текстильном материале, в котором расположен принцип универсальности, сохраняется и в нашем случае: пигментные красители, не имеющие никакого сродства к волокну, не проникает во внутреннюю структуру, а фиксируются за счет приклеивание к внешней поверхности элементарных волокон с помощью специального связующего вещества (полиметилакрилатной эмульсии), образующей прочную окрашенную эластическую пленку на стадии термофиксации.

Использование ацетоноформальдегидной смолы в качестве сшивающего способствует созданию жесткой пространственной сетки, удерживающей в себе частицы пигмента и повышающей адгезионное сцепление с волокном.

Прямого доказательства взаимодействия ацетоноформальдегидной смолы с основным полимером (целлюлозой) на основе выполненных исследований не удалось получить. Изучение литературы [1] показало, что процесс сшивки ацетонформальдегидной смолы в присутствии модификаторов (карбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза, наполнители), введение указанных препаратов замедляет процесс отверждение, вследствие стерических препятствии. Подобной моделью является печатная композиция использованная в нашем случае, где присут-



Рис. 1. Пленка закрепленной печатной композиции; частота,  $X \cdot 100 \text{ см}^{-1}$

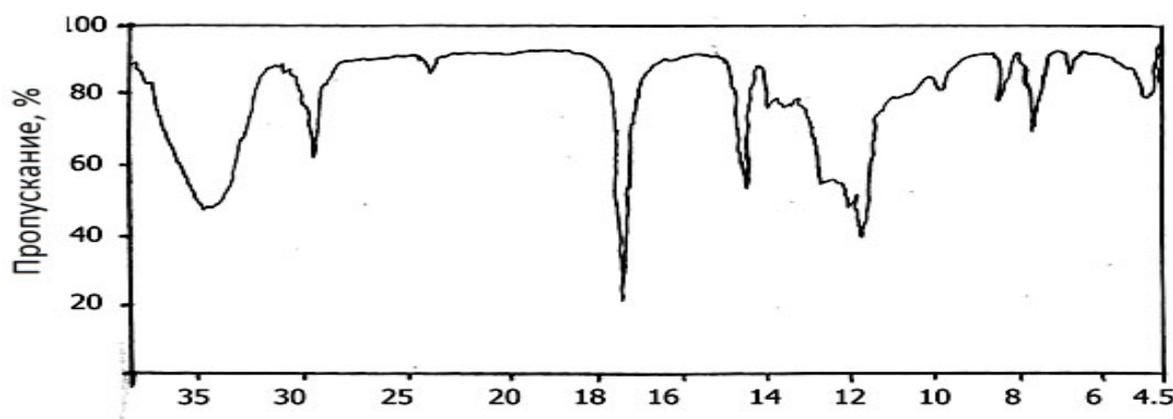


Рис. 2. Пленка закрепленной на целлюлозном волокне; частота,  $X \cdot 100 \text{ см}^{-1}$

ствуют сшивающее ацетонформальдегидная смола, пигмент, пленкообразующий агент. Главным отличием процесса сшивание между этими двумя системами является более высокая температура при термофиксации в пигментной печати (413–433 К), при которой могут протекать поликонденсационные реакции между гидроксилами ацетонформальдегидной смолы и целлюлозными молекулами волокна. Об этом свидетельствуют также высокие показатели прочности окраски к физико — химическим и механическим воздействиям [2] Однако при этом, частота пространственной сетки может быть небольшой.

В настоящее время отсутствует единое мнение о механизме отверждения и топологических особенностях образующих сетчатых структур [3]. При достаточно упрощенном рассмотрении основные реакции, протекающие при отверждении ацетонформальдегидных смол наиболее традиционным отвердителем — едким натром происходит с образованием простых эфирных связей.

Если печатная краска многокомпонентная, соответственно реакция II-ой стадии, то есть образование поперечных связей стерический затруднена и ее скорость мала, в этом случае сначала протекает реакция I-ой стадии, то есть происходит удлинение молекулярной цепи олигомера и образование линейного продукта, за счет вступления в реакцию первичных спиртовых групп и лишь после достижения определенных размеров цепей в реакцию начинают вступать вторичные спиртовые гидроксилы. В нашем случае при термической обработки могут образовываться структуры представленные схемой на рис. 3.

### Выводы

Таким образом, прочное закрепление печатной краски на хлопчатобумажной ткани может быть объяснено образованием трехмерной сетки с участием компонентов — составных частей печатной краски, так и возможностью образования межмолекулярных физических взаимодей-

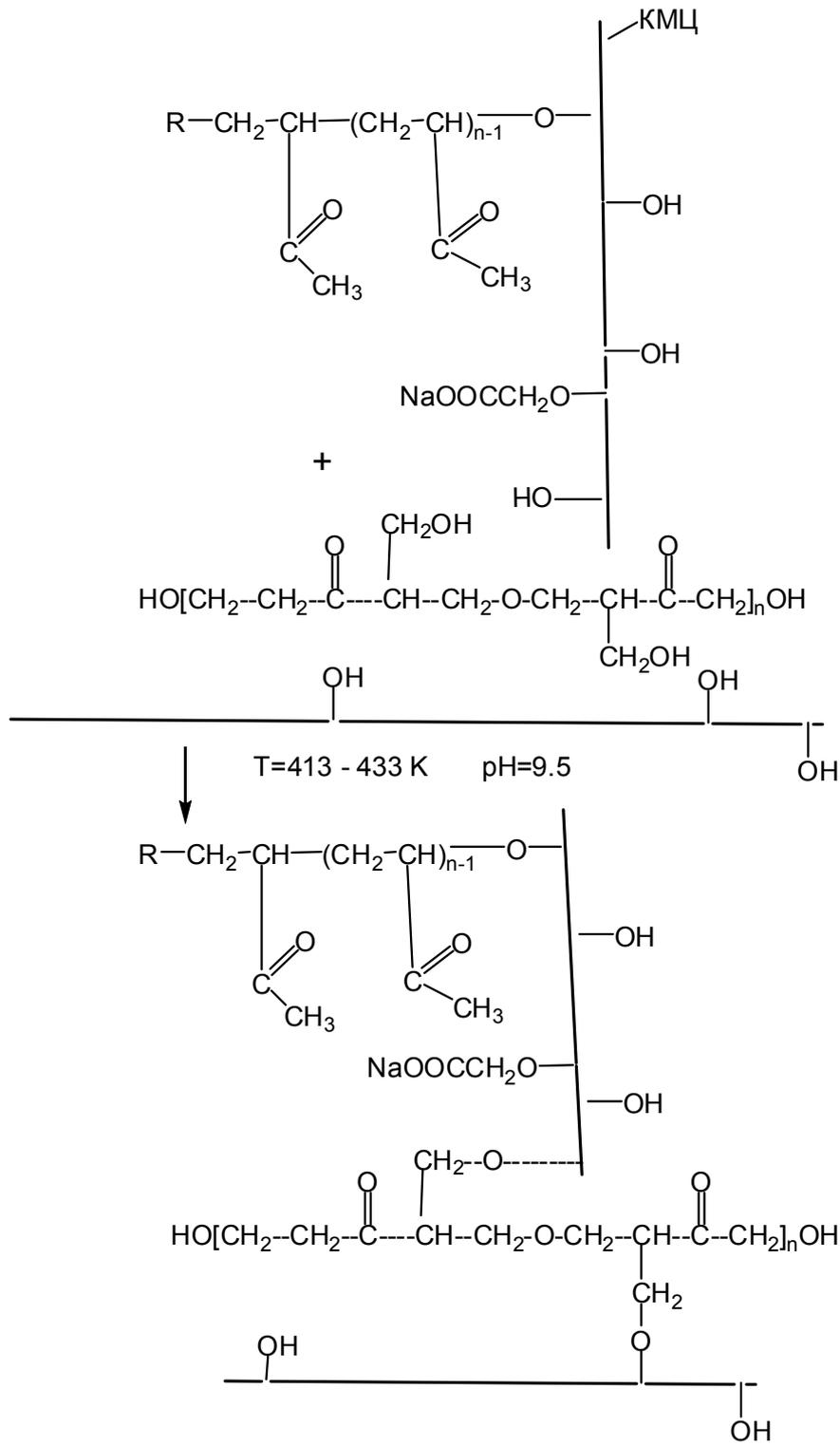


Рис. 3

ствий между вышеупомянутой системой целлюлозными макромолекулами волокна.

С помощью ИК спектроскопии изучено распределение печатной краски и механизм закрепления печатной ком-

позиции на хлопковом волокне. Установлено, что закрепление пигмента и других ингредиентов печатной краски происходит за счёт образования сетчатой структуры ацетонформальдегидной смолы.

Литература:

1. Цой, Т. О., Убайдов К. З., Анастасовски Т. В. оптимизация омыления отходов волокна и использования полностью омылённого ПАН при печати хлопчатобумажных тканей пигментами. /Тез. науч. док. Ташкент, 1994, с. 47.

2. З.А. Роговин «Основы химии и технологии химических волокон», производство искусственных волокон М. «Химия», 1974 г. 235 стр.
3. Д.Н. Кочкин и др. «Отделка хлопчатобумажных тканей», М. «Лёгкая индустрия», 1969 г.

## Передача подвижной нормальной нагрузки на упругую среду через амортизирующий слой

Сафаров Исмаил Ибрагимович, доктор физико-математических наук, профессор;  
Ядгаров Уктам Турсунович, кандидат технических наук, доцент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В работе исследуется напряженно-деформированное состояние диссипативно-однородных систем под действием активных сил. Получены численные результаты относительно подвижной координаты.*

*In work the intense-deformed condition of dissipative-homogeneous systems under the influence of active forces is investigated. Numerical results concerning mobile co-ordinate are received.*

Рассматривается тонкая, бесконечно длинная цилиндрическая оболочка, взаимодействующая со своей внешней поверхностью относительно легким слоем (рис. 1). Вдоль мягкого слоя с постоянной скоростью  $C$ , меньшей скорости распространения волн сдвига в слое, движется осесимметричная нормальная нагрузка. Уравнение движения мягкого слоя записывается в виде

$$(\lambda_j + 2\mu_j) \text{grad div } \vec{u} - \mu_j \text{rot rot } \vec{u} = \rho_j \frac{\partial \vec{u}}{\partial t^2}, \tag{1}$$

где  $\text{rot } \vec{u} = \left( \frac{1}{r} \frac{\partial u_x}{\partial \theta} - \frac{\partial u_\theta}{\partial x} \right) \vec{k}_r + \left( \frac{\partial u_r}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial r} \right) \vec{k}_\theta + \frac{1}{r} \left( \frac{\partial(r u_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial u_r}{\partial \theta} \right) \vec{k}_z$

$\vec{U}(U_x, U_\theta, U_r, )$  — вектор перемещения точек мягкого слоя. ( $j=0.1$ )

Уравнения движения оболочек в перемещениях в символической матричной форме запишем в виде

$$L_{ij} // U_1 // = P_1. \tag{2}$$

Здесь  $U_1$  — вектор перемещения точек срединной поверхности оболочек, причем для оболочек Кирхгофа — Лява он имеет размерность, равную трем.

$U_1 = u_1; U_2 = v_1; U_3 = \omega_1; L_{ij}$  — матрицы дифференциальных операторов теории оболочек, включающая в задачах динамики и дифференцирование по времени (члены с демпфированием и инерционные члены в развернутом виде) приведена в работе [1]. Контакт между оболочкой и слоем принимается скользящими, а связь двухсторонней. Исследуется реакция оболочки на действие подвижной нагрузки и оценивается влияния жесткости и толщины амортизирующего слоя на величину резонансной скорости

$$\sigma_{rx} = 0; \sigma_{rr} = -q_{r1}; U_r = w (r = a); P_{x1} = 0; P_{\theta 1} = -P(\eta) (r = b), \tag{3,a}$$

где  $a$  и  $b$  — наружный и внутренний радиусы.

Если граница области, в которой изучается волновое поле, уходит в бесконечность, тогда требуются дополнительные условия в бесконечности. В первые эти условия получены Зоммерфельдом и подробно обсуждены в работе [1]. Здесь  $\eta$  радиус в цилиндрической системе координат. На границе мягкого слоя с упругой средой, выполняется условие жесткого контакта, т.е. выполняется условие равенства соответствующих перемещений и напряжений

$$\sigma_{rr}^{(1)} = \sigma_{rr}^{(2)}; \sigma_{r\theta}^{(1)} = \sigma_{r\theta}^{(2)}; u_r^{(1)} = u_r^{(2)}; u_\theta^{(1)} = u_\theta^{(2)}. \tag{3,b}$$

При решении задачи (1) и (2) применяется преобразование Галилея

$$\eta = (x - Ct) / H, \tag{4}$$

где  $H$  — некоторая характерная в рассматриваемой задаче величина, имеющая размерность длин (для пластин это толщина, для оболочек — радиус внешнего или внутреннего слоя). С помощью преобразования (3) в рассматриваемых стационарных задачах исключаются независимое переменное время —  $t$  и вводится в уравнения параметр  $C$  (скорость движения нагрузки). В подвижной системе координат, определяемой согласно (4), задача сводится к совместному интегрированию уравнений движений оболочки (1), (2) и граничных условий на поверхности слоя (3,б). Применим в подвижной системе координат к уравнениям движения и граничным условиям комплексное преобразование Фурье [2].

Записывая общие решения преобразованных уравнений движения слоя в виде (1), (2) и (3), находим следующую систему алгебраических уравнений для определения безразмерных трансформант перемещений серединой поверхности

$$-\xi^2 U_0 + i\xi G_1 w_0 = -\zeta^2 \frac{1-G_1}{3} G_0^2 U_0; \tag{5}$$

$$i\xi G_1 U_0 - \frac{1-G_1}{3} G_0^2 \zeta^2 w_0 + \left(1 + \frac{k^2 \zeta^4}{12}\right) w_0 -$$

$$-\frac{1-G_1}{2k} \frac{\zeta G_{11}}{\gamma} w_0 = C_2 P_{10};$$

Где  $G_1 = G_2 / G_1$ ;  $k = h / a$ ;  $P_{10} = P_0 a / Eh$ ;

$$\{U_0, W_0\} = \frac{1}{h} \{U_1, W_1\}; C_0^2 = C \left( \frac{3 \rho_1}{2 G_1} \right); a_1 — толщина и радиус срединной поверхности оболочки$$

соответственно;  $\mathcal{Y}_{x1}, \mathcal{Y}_{r1}$  - коэффициент демпфирования в осевом и радиальном направлениях.

Находим следующее выражение для трансформанты нагрузки, которая передается на оболочку со стороны мягкого слоя

$$\bar{q}_{rc} = -G_1 \frac{\xi}{q} C_1 w_0 - C_2 P_0(\xi); C_1 = \sum_{j=1}^4 \frac{A_{4j} |_{k_{e1}=0} B_{3j}}{\det \|A_{ke}\|}; C_2 = \sum_{j=1}^4 \frac{(-1)^j A_{4i} |_{k_{e1}=0} B_{3j}}{\det \|A_{ke}\|}.$$

Элементы определителя  $\det \|A_{ke}\|$  вычисляются по формулам

$$A_{11} = -2M_1; A_{12} = -a_{11}; A_{13} = nM_{12}; A_{14} = -A_{13}; A_{21} = -S_1 A_{11}; A_{22} = A_{12} * k_0(z_1) / k_1(z_1);$$

$$A_{23} = A_{13} * I_0(z_2) / I_2(z_2); A_{24} = A_{13} * k_0(z_1) / k_1(z_2); A_{31} = \frac{1}{2} A_{11}; A_{32} = -\frac{1}{2} A_{11};$$

$$A_{41} = n_1 k_0(z_3) / k_1(z_4) - 2A_{21} / (z_3 / M_2); A_{31} = A_{13} / n_1; A_{34} = -A_{13} / n_1;$$

$$A_{42} = n_1 I_0(z_3) / I_1(z_4) - 2M_1 S_1(z_3) / I_1(z_4);$$

$$A_{43} = -2M_{12}^2 (k_0(z_5) / k_1(z_6) + I_1(z_5) / I_1(z_6) / (z_6 / M_2));$$

$$A_{44} = -2M_{12}^2 (I_0(z_5) / k_1(z_6) + I_1(z_6) / k_1(z_6) / (z_6 / M_2));$$

где  $m_1 = \sqrt{1 - M_p^2}$ ;  $m_{12} = \sqrt{1 - M_s^2}$ ;  $z_1 = M_1 \eta$ ;  $z_2 = M_{121} \eta$ ;  $z_3 = M_1 \eta$ ;

$$z_4 = m_1 \eta (1 + k_{11}); z_5 = m_1 \eta; k_{11} = (b - a) / a;$$

Здесь  $\delta = \rho / \rho_0$  представляет собой отношение плотности окружающей среды на плотность мягкого слоя;  $\bar{\alpha}, \bar{\beta}$  — являются функциями  $\xi$  и  $\eta$ ;  $k_{10}, k_1$  — модифицированные функции Неймана;  $I_{10}, I_1$  — модифицированные функции Бесселя; Общее решение уравнений движений окружающей среды имеет вид ( $C_f < C_s < C_p$ ) [3]

$$\varphi(r, \xi) = A_n(\xi) k_n(m_1 \xi r) + B_n(\xi) I_4(m_1 \xi r), \psi(r, \xi) = C_n(\xi) k_n(m_{12} \xi r) + D_n(\xi) I_4(m_{12} \xi r) \tag{6}$$

Выражение для трансформанты нормального перемещения имеет вид

$$w_0 = -\frac{1-\nu}{m} \sum_{i=0}^{\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta_1 [a \cos(\zeta \eta) - \zeta \lim(\zeta \eta)] d\xi}{[a^2 + \zeta^2] \det |A_{ke}|} \right\} \tag{7}$$

Определим  $\Delta_j$  ( $j=1.2.....5$ ) получаемый из  $\det\|A_{ke}\|$  заменой  $j=20$  столбцов с элементами  $\{0;0;1;0;0\}$ . После этого функции  $A(\zeta).....D(\zeta)$  из (7) могут быть вычислены по формулам

$$\{A, B, C, D\} = \frac{a^2}{\xi^2 \det\|A_{ke}\|} \left\{ \frac{A_1^1}{k_1(m_1\xi)}; -\frac{A_2^1}{I_1(m_2\xi)}; -i\frac{aA_3^1}{\zeta k_1(m_{12}\xi)}; i\frac{aA_4^1}{\zeta I_1(m_{12}\xi)} \right\}$$

$$A_j^1 = \frac{\xi}{a} M_{3k} w_0 + P_0 |m_{4k}| G_1(\kappa = 1, \dots, 4)$$

$m_{ie}$  – миноры элемента  $A_{je}$ . Для конкретного значения скорости движения нагрузки  $C$  знаменатели под интегральных выражений в формулах (7) являются трансцендентными функциями относительно  $\zeta$  с действительными коэффициентами, зависящими от  $C$ , а также от механических параметров оболочки и слоя.

Анализ интегралов обращения необходимо начинать с рассмотрения случаев  $D(\xi, C_0) = 0$ , что эквивалентно построению дисперсионной зависимости в соответствующей задаче о распространении свободных волн и нахождению из дисперсионных кривых корней знаменателя для выбранной скорости движения нагрузки  $C$ . при  $C < C_s$ . Для заданной скорости  $C$  имеется один или два различных корня знаменателя (7), для некоторых значение  $C$  знаменатель имеет двойной корень. Этому случаю отвечает минимум соответствующей дисперсионной кривой на рис.1. Такая скорость движения называется резонансной и обозначается  $C^*$ . Появляется резонансный эффект, при котором прогибы и контактное давления стремятся к бесконечности. Для данного значения  $C$  знаменатель не имеет корней на действительной оси.

Разделив интеграл (7) на два слагаемых

$$w_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty x_1(\Omega) d\Omega \text{ или } w_0 = \frac{1}{\pi} \int_{\omega_1}^{\omega_2} x_1(\Omega) d\Omega \tag{8}$$

величину интеграла (8) найдем численно с помощью метода Ромберга [2].

При вычислении интеграла по методу Ромберга приходится многократно вычислять подынтегральную функцию. Показано, что при длине шага интегрирования 0,01 погрешность процедуры не превышает 0,3–0,5 %.

На рис. 1 изображено распределение контактных напряжений по верхней границе заполнителя при движении по внутренней поверхности трехслойной оболочки кольцевой нормальной нагрузки. Расчеты проведены для  $K_s=30$ ;  $C_{01}=0.055$ . Кривые 1 соответствуют решению для рассматриваемой конструкции  $\gamma_{x1} = 0.01$ ,  $\gamma_{y1} = 0.01$ , при жестком контакте между несущими слоями и заполнителем; 2-соответствуют решению для рассматриваемой конструкции  $\gamma_{x1} = 0.01$ ,  $\gamma_{y1} = 0.01$ , при скользящем контакте между несущими слоями и заполнителем; 3 - отсутствия мягкого слоя; 4-оболочке  $\gamma_{x1} = 0$ ,  $\gamma_{y1} = 0$ .

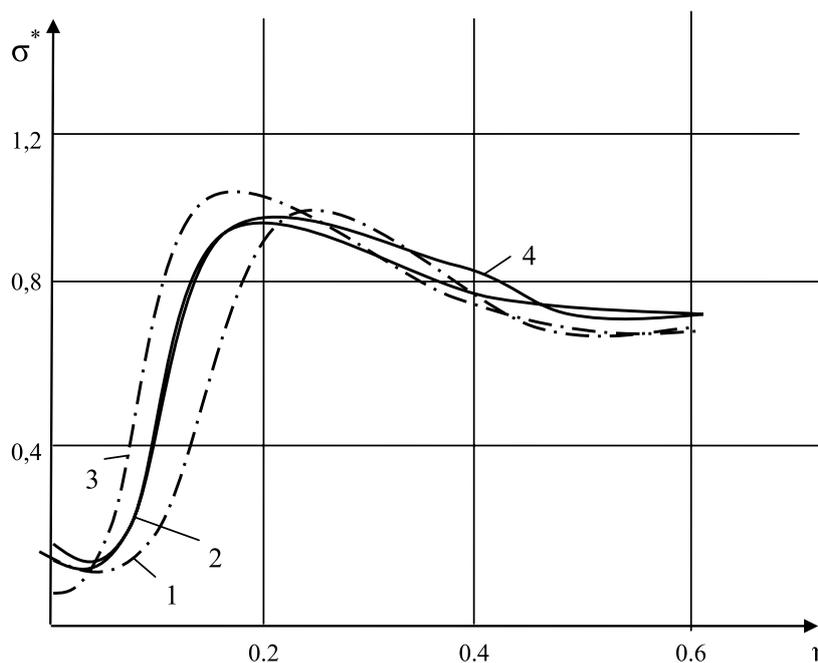


Рис. 1. Изменение контактных напряжений на границе заполнителя и нагруженной обшивки

Выявлено, что контактные напряжения с удалением от места приложения нагрузки меняют знак, что является следствием предложения о двусторонней связи заполни-

теля с несущим слоем и свидетельствует о возможности отрыва нагруженной радиальной нагрузкой оболочки от заполнителя.

Литература:

1. Сафаров, И.И. Колебания и волны в диссипативно неоднородных средах и конструкциях. — Ташкент: ФАН, 1992. — 250 с.
2. Бозоров, М. Б., Сафаров И. И., Шокин Ю. И. Численное моделирование колебаний диссипативно однородных и неоднородных механических систем. — Новосибирск: СО РАН, 1966, — 188 с.
3. Горшков, А. Г., Пожуев В. И. Стационарные задачи динамики многослойных конструкций. — М.: — 223 с.

## Оценка состояния плазмы с помощью нейросетевых измерительных систем

Скворцов Михаил Георгиевич, кандидат физико-математических наук, доцент  
Волгоградский государственный технический университет

Большое число реальных объектов контроля являются сложными системами и характеризуются структурной (иерархичностью, многосвязностью) и функциональной (недетерминированностью и самоорганизацией структуры и связей) сложностью.

Плазма как объект диагностики, является сложной эволюционирующей системой, состоящей из большого количества разнородных элементов (электронов, ионов и нейтралов), объединенных в сложные пространственно-временные (по форме и по закону изменения во времени) структуры (статические и динамические), сопровождающиеся электрическими и магнитными полями, а также физическими процессами, определяющими ее динамику и структуру (генерации ударных волн, излучениями в различных диапазонах).

Плазма применяется в промышленности для упрочнения деталей, для создания порошков с контролируемым размером зерна. Плазменные состояния вещества принято классифицировать по температуре (высокотемпературная  $T > 10000$  °К и низкотемпературная плазма), по степени ионизации (слабоионизованная и полностью ионизованная), по времени жизни (короткоживущая и долгоживущая), по способам создания (плазма лазерного факела, сильноточных излучающих разрядов, электрического взрыва проволок, тлеющего разряда). Примеры плазменных объектов и их некоторые параметры [1,2]: слойные разряды ( $Tя = 10^4$  °К,  $N = 10^{20}$  см<sup>-3</sup>); тороидальная плазменная конфигурация в воздухе ( $Tя = 7 \cdot 10^3$  °К, плотность тяжелых частиц  $\sim 10^{18}$  см<sup>-3</sup>, начальная скорость истечения  $\sim 10^5$  см/с,  $Ne = 10^{16}$  см<sup>-3</sup>).

Для определения основных параметров плазмы применяются методы макроскопических и спектральных измерений. Макроскопические методы позволяют проводить измерения крупномасштабных (высокоскоростная теневая фотография), либо средних по времени или по объему характеристик плазмы. Спектральные ме-

тоды применяются для определения плотности и температуры плазмы.

Особенностями оценки состояния сложных плазменных объектов является большой объем текущих данных, поступающих в режиме реального времени (время жизни плазменного состояния сотни миллисекунд) и требующих предварительной обработки. Существующие трудности реализации методов диагностики возникают из-за сложной связи измеряемых величин с параметрами плазмы (изменения магнитного поля в пространстве и во времени для оценки конфигурации плазмы, токопроводящих слоев, диффузии магнитного поля). Установление адекватности вида связи проводится, чаще всего, после интерпретации экспериментальных результатов, полученных по сформулированной априорно плазменной модели.

В технической диагностике и научных физических экспериментах широко применяются сложные измерительные комплексы. Актуальной задачей является внедрение в диагностике состояния сложных физических объектов измерительных систем на нейронных сетях (ИС/НС) [3,4,5].

При этом используются следующие преимущества нейросетевых технологий: возможность аппроксимации по ограниченному набору данных; работа с зашумленными данными; естественное распараллеливание при обработке результатов плазменно-физического эксперимента (спектров, изображений светящихся областей плазмы и временных разверток вольтамперных характеристик разряда, сигналов пьезодатчиков давления), обеспечивающее работу в режиме реального времени; способность моделей к адаптации.

Функциями нейросетевой технологии оценки результатов плазменного эксперимента являются (см. рис. 1): анализ результатов (извлечение скрытых зависимостей между параметрами); моделирование физических объ-

ектов, пространственно-временных характеристик сигналов и исследуемых явлений; проверка гипотез в вычислительном эксперименте; построение учебного тренажера для создания и исследования плазмы в учебном процессе.

Оценка состояния плазмы на разных уровнях иерархии проводится по результатам текущих измерений. Оценка состояния плазмы на элементарном уровне (электроны, ионы, нейтралы) осуществляется по температуре и концентрации соответствующих компонент. На информационно-энергетическом уровне оценка состояния плазменного образования представлено следующими вариантами: оценкой скоростей плазменного поршня и ударной волны (для получения заданных силовых характеристик); оценкой яркостной температуры (с целью получения плазмы заданных оптических свойств для накачки лазеров); оценками размеров и времени жизни (эволюцией облака) плазменного образования (для упрочнения деталей в машиностроении).

На системном уровне (плазма в целом) состояние сложного объекта контролируется в зависимости от прикладной задачи (создание интенсивного излучения для накачки лазеров, создание мощных ударных волн для воздействия на объекты, моделирование сложных объектов) по классам состояния плазмы.

Классы состояния плазмы формируются по интегральному параметру (на базе температур и концентраций всех компонент плазмы, давления, степени ионизации, по вкладке) энергетической размерности.

Известны такие физические модели плазмы, как модель локального термодинамического равновесия (температура частиц определяет практически все характеристики частиц); корональная модель (с низкой концентрацией электронов) и столкновительно-излучательная модель (являющаяся переходной).

В данной работе рассматриваются нейросетевые информационные модели плазмы, применяемые для определения температуры разряда из проводимости плазмы по данным об активном сопротивлении и радиусе разряда; определения яркостной температуры разряда по непрерывному спектру; определения баланса энергии в разряде.

На базе ИС/НС возможна организация реконструктивной нейросетевой томографии [2,7] по ограниченному набору экспериментальных данных (восстановление яркостной температуры по интегральным данным, поступающим от измерительных каналов, см. рис. 2). Наиболее перспективным для нелинейной реконструктивной томографии является использование нейронных сетей типа многослойный персептрон с активационной функцией гиперболического тангенса в скрытом слое. Для обучения нейронной сети применяется метод обратного распространения ошибки и порядка тысячи обучающих образов с шумовым сигналом.

Применение ИС/НС в диагностике плазмы позволяет автоматизировать обработку хроматографической информации: выделение и идентификацию пиков, представ-

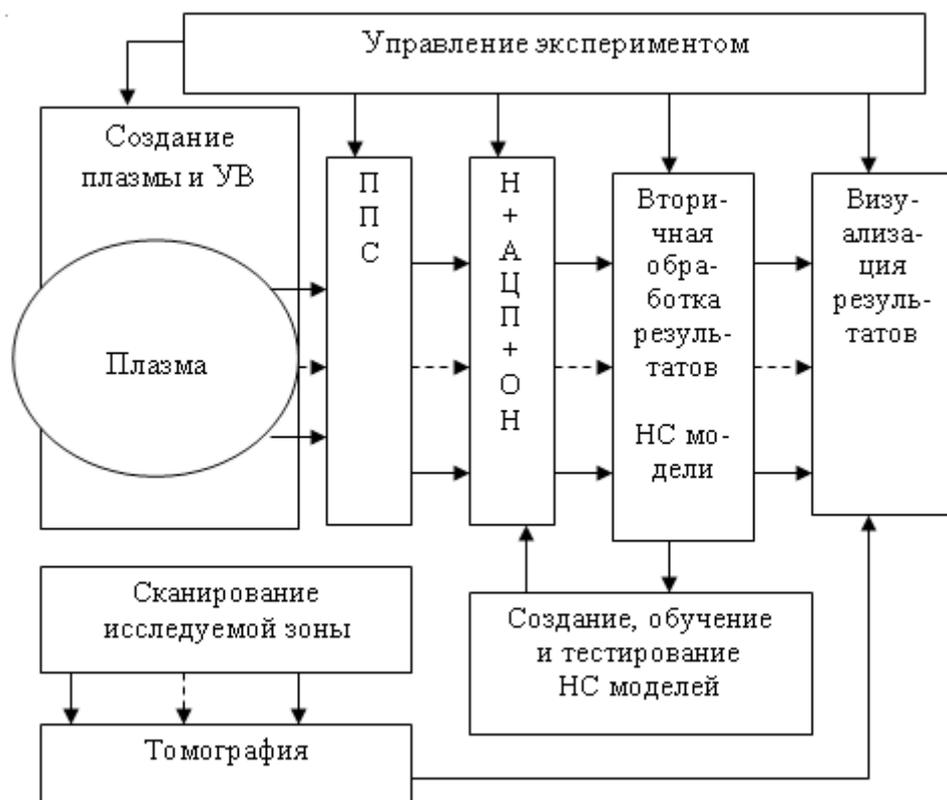


Рис. 1. Структурная схема управления физическим экспериментом

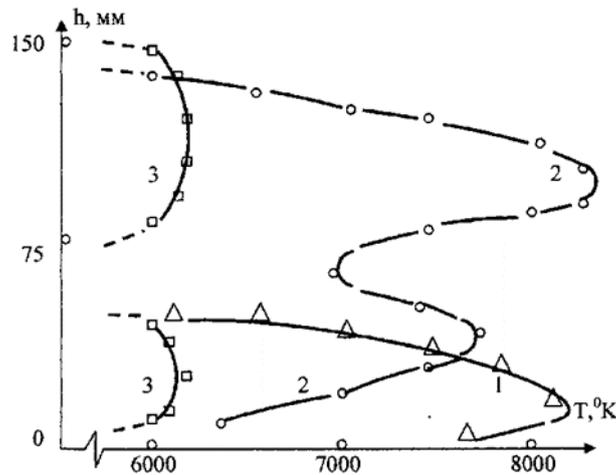


Рис. 2. Реконструкция пространственно-временного распределения яркостной температуры вдоль плазменной струи в различные моменты времени [2] (1–30-я мкс, 2–75-я мкс, 3–150-я мкс)

ленных в виде их суперпозиции на общем спектре [6,8]. Задача выделения пиков возникает при расчёте площади каждого из них с целью получения по вычисленной площади количественных результатов по компонентам смеси. При этом два или более пиков сливаются, давая один общий пик с несколькими вершинами. Нейронная сеть, решающая задачу прогнозирования фронта пика, состоит из входного и выходного слоев с одним нейроном и 4-х слоёв по 50 нейронов в каждом.

Идентификация пиков (качественная обработка хроматограмм) представляется как задача распознавания образов [6,8]. Для разных классов компонент формируются обобщенные прототипы хроматограмм, идентификация

при этом осуществляется выбором прототипа и конкретизацией его состава (определением по возможности максимального количества составляющих). Задача распознавания образов решается с помощью многослойных нейронных сетей.

В данной работе описано решение задач обработки, анализа и моделирования с помощью нейросетевых информационных моделей ИС/НС, функционирующих на основе информации, непрерывно поступающей с датчиков. Нейросетевые измерительные системы позволяют сократить количество дорогостоящих экспериментов и ускорить получение конечных результатов за счет параллельной обработки данных.

#### Литература:

1. Александров, А. Ф. Исследование состава плотной плазмы в атмосфере./А. Ф. Александров, Ю. Бахгат, М. Г. Скворцов и др. //Теплофизика высоких температур, 1985, вып. 6. — с. 1219–1221.
2. Александров, А. Ф. Получение и исследование тороидальных плазменных структур в воздухе./А. Ф. Александров, Ю. Бахгат, М. Г. Скворцов и др. //Журнал технической физики, 1986, т. 56, вып. 12. — с. 2392–2396.
3. Муха, Ю. П. Нейросетевые измерительные системы. Диагностика состояния сложных объектов. Кн. 24. Монография/Ю. П. Муха, М. Г. Скворцов; — М.: Радиотехника, 2007. — 336 с.
4. Скворцов, М. Г. Адаптивное управление и метрология измерений в диагностической системе на базе нейронных сетей./М. Г. Скворцов, Д. Г. Дружинин, Д. В. Жмурин// Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2004. — №4. — с. 57–62.
5. Скворцов, М. Г. Применение измерительных систем с элементами нейронных сетей для выявления пограничных состояний сердечно-сосудистой системы./М. Г. Скворцов, Д. Г. Дружинин.//Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники.—2002. — №8, с. 56–58.
6. Карякин, А. В. Влияние n-электронов гетероатома на оптические свойства пиридина, хинолина, акридина./А. В. Карякин, Т. С. Сорокина, М. Г. Скворцов //Оптика и спектроскопия, 1982, №1. — с. 47–50.
7. Кульчин, Ю. Н. Применение перцептронов для нелинейной реконструктивной томографии./Ю. Н. Кульчин, И. В. Денисов, А. В. Панов, Н. А. Рыбальченко //Проблемы управления, 2006, №4. — с. 59–63.
8. Медянцева, Д. В. Анализ хроматографической информации с использованием нейронных сетей и генетического алгоритма./Д. В. Медянцева, Д. С. Пустовалов, Н. В. Замятин //Труды научной сессии МИФИ-2005. Ч. 1. VII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2005».-Москва, 2005. — с. 147–151.

## Способы получения электрики и тепла из солнечного излучения

Струнин Игорь Владимирович, аспирант  
Национальный университет пищевых технологий (Украина, г. Киев)

Из возможных альтернатив, которые могли дополнить или даже заменить традиционную энергетику является солнечное излучение, как естественное неисчерпаемый источник энергии. Задумайтесь, на Землю приходится 1020 Вт солнечной энергии на один квадратный метр, только 2% которой эквивалентны энергии, полученной путем сгорания условного топлива. Поэтому, вполне возможно, что в будущем солнечная энергия может стать основным источником света и тепла на Земле. Перспективы развития данного вида энергии не знает границ.

Главное препятствие на пути к широкому распространению солнечной энергетики — зависимость от суточного ритма, сезонной изменчивости и погоды. Чтобы усилить поток солнечной энергии, нужно собирать ее с больших площадей и запасать на будущее в аккумуляторах. Пока это удается реализовать в так называемой малой энергетике, которая призвана обеспечивать светом и теплом жилые дома и небольшие предприятия.

Существует два основных способа преобразования солнечной энергии: фототермический и фотоэлектрический. Первый способ более широко используемый, а другой высокотехнологичный, но дороже.

• Наиболее широко на сегодня используется фототермический способ преобразования солнечной энергии. В данном случае теплоноситель, обычно вода, нагревается до высокой температуры и используется для отопления помещения. Солнечная батарея устанавливается на крыше дома так, чтобы солнечный свет наиболее эффективно направлено на его площадь. Поскольку энергия солнечного излучения распределяется на большую площадь (то есть, имеет низкую плотность), любая установка для прямого использования солнечной энергии должна иметь устройство для ее сбора — коллектор с достаточной поверхностью. Простейшее устройство такого рода — это черная плита, хорошо изолированная снизу. Она прикрыта стеклом или пластмассой, которая пропускает свет, но не пропускает инфракрасное тепловое излучение. Между плитой и стеклом чаще всего размещают черные трубки, через которые текут вода, масло, ртуть, воздух, сернистый ангидрид и др. Солнечное излучение, проникая через стекло или пластмассу в коллектор, поглощается черными трубками и плитой и нагревает рабочее вещество в трубках. Тепловое излучение не может выйти из коллектора, поэтому температура в нем значительно выше, чем температура окружающей среды. В этом проявляется так называемый парниковый эффект. Обычные садовые парники, по сути, представляют собой простые коллекторы солнечного излучения. Но чем дальше от тропиков, тем менее эффективен горизонтальный коллектор, а поворачивать его вслед за Солнцем слишком трудно и до-

рого. Поэтому, коллекторы, как правило, устанавливают под определенным оптимальным углом к югу.

Сложным и дорогостоящим коллектором является вогнутое зеркало, которое сосредоточивает солнечное излучение в малом объеме около определенной геометрической точки — фокуса. Поверхность зеркала выполнена из металлизированной пластмассы либо составлена из многих малых плоских зеркал, прикрепленных к большому параболическому подставке. Благодаря специальным механизмам коллекторы такого типа постоянно повернуты к Солнцу — это позволяет собирать большее количество солнечного излучения. Температура в рабочем пространстве зеркальных коллекторов достигает 3000 °C и выше.

Стоит отметить, что существуют плоские и вакуумные коллекторы. Обычно системы с плоскими коллекторами используются сезонно — весна-осень. Зимой эффективность работы плоских коллекторов снижается за счет теплопотерь в окружающую среду. Вакуумные коллекторы эффективны и при низких температурах окружающей среды. Если для плоских коллекторов максимальная температура нагрева составляет 80–90 °C, то в вакуумных — может превышать 100 °C. В водогрейных солнечных установках, работающих в течение года, более широкое распространение имеют вакуумные солнечные коллекторы, хотя можно использовать и плоские коллекторы с эффективной теплоизоляцией. В любом случае следует уделить внимание теплоизоляции труб, передающих тепло.

— Фотоэлектрический способ. По мнению экспертов, будущее солнечной энергии с прямым преобразованием солнечного излучения в электрический ток с помощью полупроводниковых фотоэлементов — солнечных батарей. В фотоэлектрических преобразованиях солнечной энергии используется кремний с добавками других элементов.

Эффективность современных кремниевых фотоэлементов достаточно высока. Их КПД достигает 10–20%, а чем выше КПД, тем меньше нужна площадь солнечных батарей.

Используя энергию солнца, можно ежегодно экономить традиционные источники отопления:

- до 75% — для горячего водоснабжения в течение года;
- до 95% — для горячего водоснабжения при сезонном использовании;
- до 50% — только с целью отопления;
- до 80% — с целью поочередного отопления.

Тепловые насосы сегодня является приоритетом лишь узкого круга наших соотечественников. Это объясняется

высокой их себестоимости и затратами на их установку. На сегодня цены в Виннице на данные технологии колеблются от 5 тыс. до 10 тыс. Понятно, что такая разница между цифрами включает много аспектов: производитель (отечественное производство или импортируемый товар), модель, технические особенности насоса и т.д. Но перспектива удешевления тепловых насосов при условии более массового использования.

Получение электроэнергии с помощью фотоэлементов. Для этой цели применяют кремниевые солнечные батареи, КПД которых доходит до 20%. Но стоимость получения чистого кремния достаточно велика. Кремний, в котором на 10 кг продукта приходится не более 1 грамма примесей стоит столько же, сколько уран для электростанций, хотя запасы последнего в 100000 раз меньше запасов кремния. В то же время, «хорошего» кремния в мире добывают в 6 раз меньше, чем такого же урана.

Из одной тонны песка, в котором содержится 500 кг кремния получают 50–90 кг в кремния. При этом на получение 1 кг расходуется около 250 кВт-час электроэнергии. По новой технологии, разработанной немецкой фирмой Siemens еще в 1979 г. энергозатраты падают на порядок, и выход продукта увеличивается в 10–15 раз. Стоимость получения кремния при этом падает до 10–15\$ за килограмм. Простой песок для этой технологии не подходит. Здесь нужны «особо чистые кварциты», залежи которых в значительном объеме, в основном, находятся в России.

Такие батареи можно устанавливать на спутниках, автомобилях, крыльях самолета, встроить их элементы в часы, калькулятор, ноутбук. Срок их службы составляет 30 лет. За это время элемент, на изготовление которого ушел 1 кг в кремния, может дать столько же электроэнергии, сколько ее может быть получено при использовании 100 т нефти на ТЭС или 1 кг обогащенного урана на АЭС.

При втором методе устанавливаются на территории в несколько тысяч квадратных метров зеркала-гелиостаты, которые возвращаясь вслед за солнцем направляют лучи солнечного света на емкость с теплоприемником (водой). Вода нагревается, превращается в пар, который крутит турбину, а последняя вращает генератор тока.

Гелиотермальная энергетика — нагревание поверхности, поглощающей солнечные лучи и последующее распределение и использование тепла (фокусирование солнечного излучения на емкости с водой для дальнейшего использования нагретой воды в отоплении или в паровых электрогенераторах).

Преимущества солнечной энергетики — Общедоступность и неисчерпаемость источника.

Из-за относительно небольшой величины солнечной постоянной для солнечной энергетики требуется использование больших площадей земли под электростанции (например, для электростанции мощностью 1 ГВт это может быть несколько десятков квадратных километров). Однако, этот недостаток не так велик, например, гидро-

энергетика выводит из пользования значительно большие участки земли. К тому же фотоэлектрические элементы на крупных солнечных электростанциях устанавливаются на высоте 1,8–2,5 метра, что позволяет использовать земли под электростанцией для сельскохозяйственных нужд, например, для выпаса скота.

Проблема нахождения больших площадей земли под солнечные электростанции решается в случае применения солнечных аэростатных электростанций, пригодных как для наземного, так и морского и для высотного базирования.

Поток солнечной энергии на поверхности Земли сильно зависит от широты и климата. В разных местностях среднее количество солнечных дней в году может очень сильно отличаться.

**Технические проблемы.** Солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективно работает в утренних и вечерних сумерках. При этом пик электропотребления приходится именно на вечерние часы. Кроме того, мощность электростанции может быстро и неожиданно колебаться из-за смены погоды. Для преодоления этих недостатков нужно или использовать эффективные электрические аккумуляторы (на сегодняшний день это нерешенная проблема), либо строить гидроаккумулирующие станции, которые тоже занимают большую территорию, или использовать концепцию водородной энергетике, которая также пока далека от экономической эффективности.

Проблема зависимости мощности солнечной электростанции от времени суток и погодных условий решается в случае солнечных аэростатных электростанций.

Высокая цена солнечных фотоэлементов. Вероятно, с развитием технологии этот недостаток преодолют. В 1990–2005 гг. цены на фотоэлементы снижались в среднем на 4% в год.

Недостаточный КПД солнечных элементов (вероятно, будет вскоре увеличен).

Поверхность фотопанелей нужно очищать от пыли и других загрязнений. При их площади в несколько квадратных километров это может вызвать затруднения.

Эффективность фотоэлектрических элементов заметно падает при их нагреве, поэтому возникает необходимость в установке систем охлаждения, обычно водяных. Через 30 лет эксплуатации эффективность фотоэлектрических элементов начинает снижаться.

**Экологические проблемы.** Несмотря на экологическую чистоту получаемой энергии, сами фотоэлементы содержат ядовитые вещества, например, свинец, кадмий, галлий, мышьяк и т.д., а их производство потребляет массу других опасных веществ. Современные фотоэлементы имеют ограниченный срок службы (30–50 лет), и массовое их применение поставит в ближайшее время сложный вопрос их утилизации.

В последнее время начинает активно развиваться производство тонкопленочных фотоэлементов, в составе которых содержится всего около 1% кремния. Благодаря

низкому содержанию кремния тонкопленочные фотоэлементы дешевле в производстве, но пока имеют меньшую эффективность. Так, например, в 2005 г. компания «Shell» приняла решение сконцентрироваться на производстве тонкопленочных элементов, и продала свой бизнес по производству кремниевых фотоэлектрических элементов.

Солнечная энергия широко используется как для нагрева воды, так и для производства электроэнергии. Солнечные коллекторы изготавливаются из доступных материалов: сталь, медь, алюминий и т. д., то есть без применения дефицитного и дорогого кремния. Это позволяет значительно сократить стоимость оборудования, и полученной на нем энергии.

Высокотемпературные коллекторы концентрируют солнечные лучи с помощью зеркал и линз и, как правило, используются для производства электроэнергии.

Солнечная энергия для обогрева, охлаждения, вентиляции и технологических нужд может быть использована для покрытия части расходов на энергию. Тепловая масса материалов сохраняет солнечную энергию в течение дня, и освобождает эту энергию когда становится холоднее. Всего в тепловой массе относятся каменные материалы, бетон и вода. При размещении тепловых масс следует рассмотреть ряд факторов, таких как климат, уровень дневного света, теней и других условий. В условиях правильно подключения тепловые массы могут пассивно поддерживать комфортную температуру при сокращении потребления. Тепловая энергия массы почвы также может быть использована для сохранения тепла между сезонами и позволяет использовать солнечную тепловую энергию для отопления помещений в зимнее время.

Солнечная тепловая энергия в качестве активного солнечного отопления. Типичная конструкция бытовой солнечной системы отопления состоит из солнечной панели (или солнечного коллектора) с теплообменной жидкостью, проходящего через него, транспортируя собранную тепловую энергию для полезного применения, как правило, к горячей воде цистерны или домашних радиаторов. Солнечные панели расположены в месте с хорошим уровнем освещения в течение дня, чаще всего на крыше здания. Насос толкает теплообменной жидкости (часто

только очищенную воду) с помощью панели управления. Тепло таким образом собирается и передается на сберегательные контейнера.

Также возможно использовать пассивное солнечное отопление, не нуждаясь электрического или механического оборудования, и может рассчитывать на дизайн и структура дома для сбора, хранения и распределения тепла по зданию. Некоторые пассивные системы используют незначительное количество обычной энергии для управления заслонками, ставнями, ночными изоляционными и другими устройствами, повышающими уровень сбора, хранения, использования и снижения нежелательного теплообмена солнечной энергии.

**Принцип работы** современных фотоэлементов базируется на полупроводниковом рп переходе. При поглощении фотона в области, прилегающей к рп переходу, создается пара носителей заряда: электрон и дырка. Одна из этих частиц является неосновным зарядом и с большой вероятностью проникает через переход. В результате созданные благодаря поглощению энергии фотона заряды разделяются в пространстве и не могут рекомбинировать. Как следствие нарушается равновесие плотности зарядов. При подключении элемента к внешней нагрузке в цепи протекает ток.

#### **Потери в солнечном элементе**

Основные необратимые потери энергии в фотоэлементах связанные с:

- Отражением солнечного излучения от поверхности преобразователя;
- Прохождением части излучения через фотоэлемент без поглощения в нем;
- Рассеянием на тепловых колебаниях кристаллической решетки избыточной энергии фотонов;
- Рекомбинацией фотопара, образовавшейся на поверхностях и в объеме фотоэлемента;
- Внутренним сопротивлением преобразователя,
- Некоторыми другими физическими процессами.

Солнечные элементы служат для электроснабжения в отдаленных районах Земли или на орбитальных станциях, где невозможно использовать электросеть, а также для питания калькуляторов, радиотелефонов, зарядных устройств, насосов.

#### **Литература:**

1. Решения для производства и экономии энергии // URL: <http://alteco.in.ua/products>
2. Возобновляемые источники энергии в Украине // URL: <http://recentre.com/obzor-rinka>
3. Солнечные батареи для производства электроэнергии // URL: <http://solar.crimea.ua/textinfo/fep>

## Цифровая компрессия аудиоданных

Тазетдинова Виктория Артуровна, студент  
Южный федеральный университет (г. Таганрог)

Сжатие аудиоданных является актуальной на сегодняшний день проблемой. Существует две причины, обуславливающие необходимость компрессии аудиоданных: экономия памяти при хранении аудиоинформации, низкая пропускная способность каналов передачи цифровой информации на расстояние. Применение компрессии эффективно решает обе вышеуказанные проблемы.

Сжатие данных — алгоритмическое преобразование данных, производимое с целью уменьшения их объема. Применяется для более рационального использования устройств хранения и передачи данных. Сжатие основано на устранении избыточности, содержащейся в исходных данных.

Для обеспечения требуемых параметров передачи речевых (музыкальных) сигналов по современным низкоскоростным цифровым каналам связи и для обеспечения заданной помехоустойчивости необходимо применять высокоэффективные алгоритмы компрессии данных.

Канал передачи характеризуется таким понятием как емкость канала:

$$V_k = D \cdot \Delta F \cdot T$$

A сигнал — объемом (сигнала):

$$V_s = D \cdot \Delta F \cdot T.$$

Обе вышеуказанные характеристики включают в себя динамический диапазон  $D$ , ширину канала (спектра сигнала)  $\Delta F$  и время прохождения сигнала  $T$ .

Для уменьшения динамического диапазона применяют цифровые аудио-компрессоры. Для улучшения спектральной эффективности применяют цифровые фильтры,

ограничивающие спектр выходного сигнала кодера (по критерию Найквиста).

Помимо прочего для обеспечения заданной скорости передачи информации применяют кодеры основанные на принципах устранения избыточности (коды Хаффмана). Суть которого заключается в следующем: коды базирующиеся на принципе присвоения более вероятным значениям амплитуд кодовых слов меньшей длины, нежели маловероятным.

На рис. 1 представлена обобщенная структурная схема кодера, применяемого в стандартах передачи аудиоданных по цифровым каналам связи. Рассмотрим как происходит устранения выше описанных видов избыточности.

Исходный цифровой звуковой сигнал разделяется на частотные поддиапазоны и сегментируется по времени в блоке временной и частотной сегментации.

Длина кодируемой выборки зависит от формы временной функции звукового сигнала. При отсутствии резких выбросов по амплитуде используется так называемая длинная выборка, обеспечивающая высокое разрешение по частоте. В случае же резких изменений амплитуды сигнала длина кодируемой выборки резко уменьшается, что дает более высокое разрешение по времени. Решение об изменении длины кодируемой выборки принимает блок психоакустического анализа, вычисляя значение психоакустической энтропии сигнала.

После сегментации сигналы частотных поддиапазонов нормируются, квантуются и кодируются. В наиболее эффективных алгоритмах компрессии кодированию подвергаются не сами отсчеты выборки звукового сигнала,



Рис. 1. Структура кодера сжатия аудиоданных с потерями

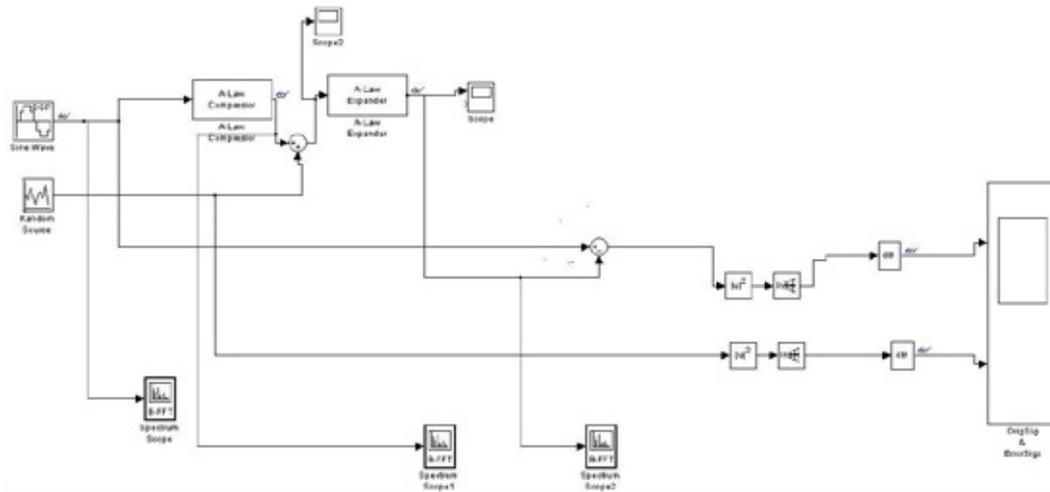


Рис. 2. Функциональная схема алгоритма компрессии на основе А-уровневого закона компрессии

а соответствующие им коэффициенты МДКП. (между коэффициентами разброс меньше)

Учет закономерностей слухового восприятия звукового сигнала выполняется в блоке психоакустического анализа. Здесь по специальной процедуре для каждого частотного поддиапазона рассчитывается максимально допустимый уровень искажений (шумов) квантования, при котором они еще маскируются полезным сигналом данного поддиапазона.

Блок динамического распределения бит в соответствии с требованиями психоакустической модели для каждого поддиапазона кодирования выделяет такое минимально возможное их количество, при котором уровень искажений, вызванных квантованием, не превышает порога их слышимости, рассчитанного психоакустической моделью.

В данной статье будут рассмотрены функциональные схемы алгоритмов компрессии аудиоданных, на основе  $\mu$ -, А-законов.

Функциональная схема алгоритма компрессии на основе А-уровневого закона компрессии представлена на рис. 2.

На вход компрессора поступает сигнал (дискретный синус). После компрессии сигнал поступает на сумматор, где на второй вход сумматора подаются шумы, тем самым имитируется аддитивный шум канала передачи. Далее сигнал с шумом поступает на вход экспандера, на выходе мы получаем восстановленный сигнал. Затем восстановленный и исходный сигнал подаются на сумматор, после которого просматривается спектральная мощность шума. В результате получаем следующие графики (рис. 3).

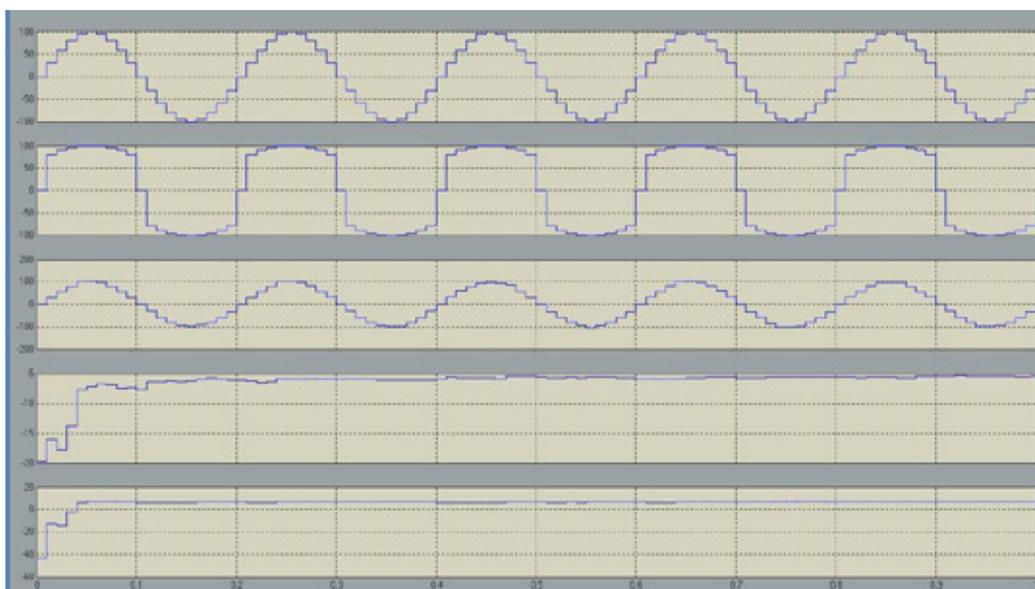


Рис. 3. Результаты моделирования (A=87,6)

На рис. 3. представлены следующие графики: 1-исходный сигнал, 2-сигнал прошедший через компрессор, 3-восстановленный сигнал, 4-мощность шума на выходе генератора шума, 5-мощность шума после экспандера.

Аналогичные результаты моделирования можно получить для  $\mu$ -уровневого закона компрессии.

По результатам моделирования, можно сделать следующие выводы:

1. Действительно, представленные модели являются компрессорами. Это видно из сравнения первой и второй осциллограмм, поскольку количество дискретных уровней уменьшилось.

2. Из сравнения мощностей шума вытекает, что в процессе восстановления сигнала мощность аддитивного шума увеличивается.

Интересным для рассмотрения являются также спектры сигналов, представленные на рис. 4.

На данном примере можно увидеть, как спектр сигнала меняет свою форму, проходя через компрессор и экспандер. Видно, что исходный сигнал имеет максимум на частоте 5кГц. После компрессии форма сигнала исказилась (вследствие нелинейной обработки), поэтому в спектре появились составляющие с кратными частотами. После восстановления сигнала остался один максимум на ча-

стоте 5кГц, но остальной спектр имеет меньший наклон, что отображает влияние шумов канала и шумов квантования.

Рассмотрим процессы происходящие в схеме изображенной на рис. 5.

С помощью данной схемы происходит сравнение трех видов сигналов:

1. Равномерное квантование — деквантование (линейное преобразование);
2. Квантование РСМ-А — А-РСМ (нелинейное преобразование);
3. Квантование РСМ- $\mu$  —  $\mu$ -РСМ (нелинейное преобразование).

Итак, рассмотрим функционирование данной схемы. Сигнал, имитирующий речь, с блока cleve поступает на «ветвь» линейного преобразования после чего подается на вход unifSig (вход 2) блока DataLogging. Также исходный сигнал подается на «ветви» нелинейного преобразования (кодеки ИКМ — А (ИКМ —  $\mu$ ) и А — ИКМ ( $\mu$  — ИКМ)) затем сигналы поступают, соответственно, на вход AlawSig (вход 3) и MawSig (вход 4) блока DataLogging. В данном блоке происходит следующее. Из сигнала поступившего на вход 2 вычитается «оригинальный» сигнал, тоже самое происходит

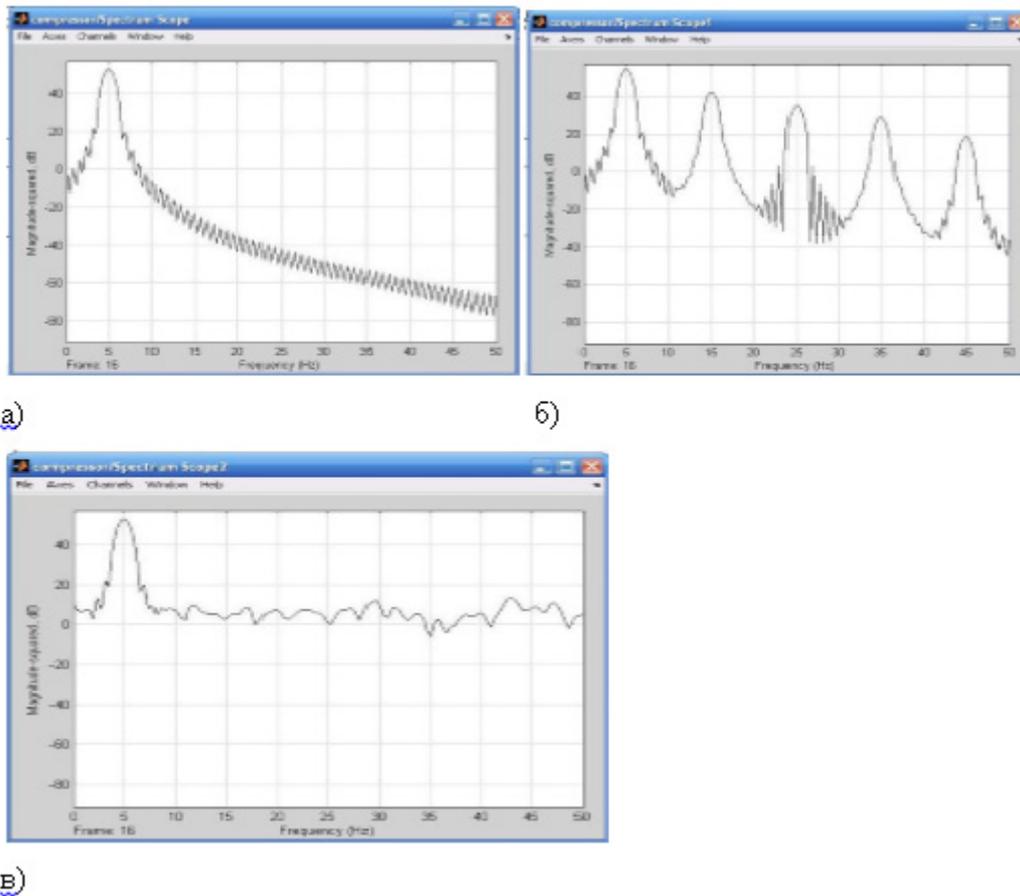


Рис. 4. Спектры сигналов: а) исходного сигнала, б) сигнала на выходе компрессора, в) сигнала на выходе экспандера

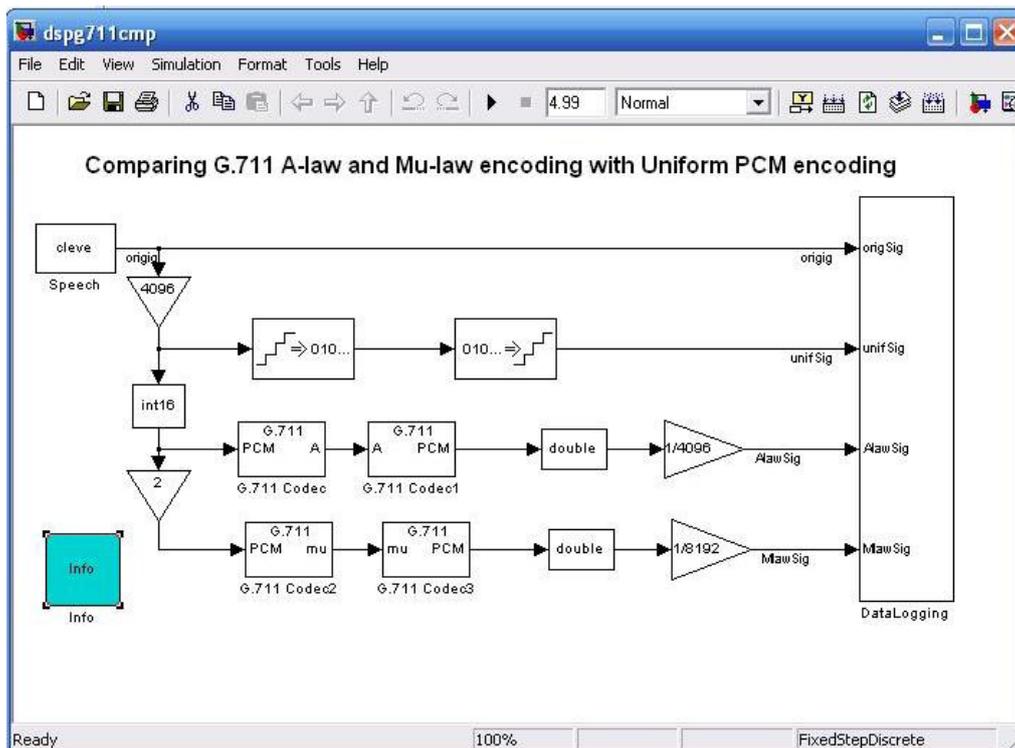


Рис. 5. Схема сравнения А и μ кодирования с унифицированным ИКМ кодированием

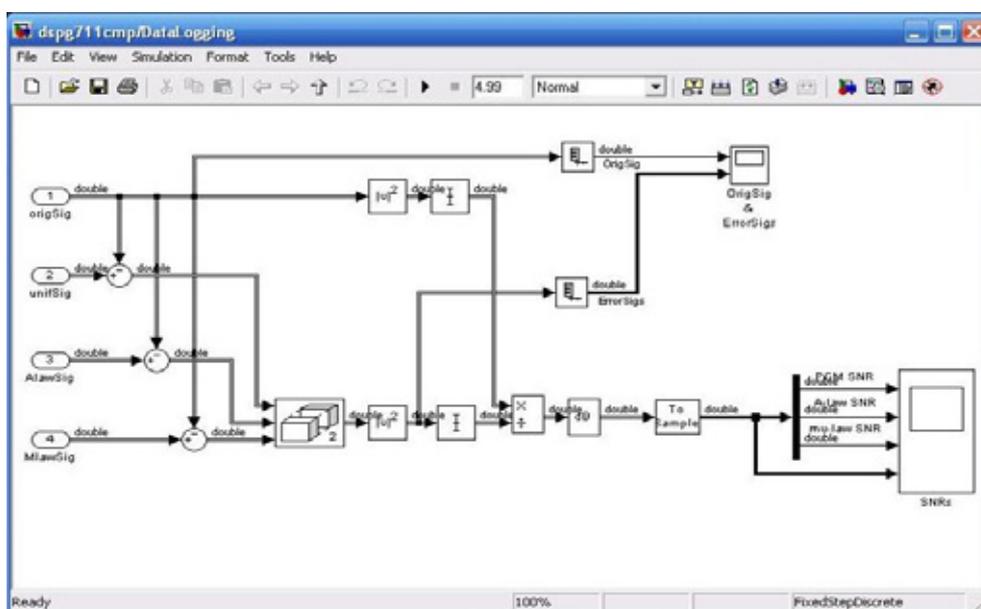


Рис. 6. Содержание блока DataLogging

с 3 и 4 входами. Полученные на трех входах данные записываются в стек. После стега вычисляется дисперсия ошибки. То же самое происходит и с «оригинальным» сигналом. Затем мощность ошибки делится на дисперсию оригинального сигнала и полученные данные выводятся на график (рис. 7).

На первом графике мы видим отношение сигнал/шум равномерного квантования. На 2 и 3 сигналы А и μ ком-

прессоров. На 4 их совокупность. Из рис. 7 можно вывести следующее: после прохождения через А и μ компрессоров отношение становится постоянным и имеет значение порядка 35дБ. Применение компрессии позволяет сделать отношение сигнал/шум постоянным и сузить динамический диапазон.

На рис. 8 показан оригинальный сигнал (верхний) и дисперсии шумов квантования (нижний).

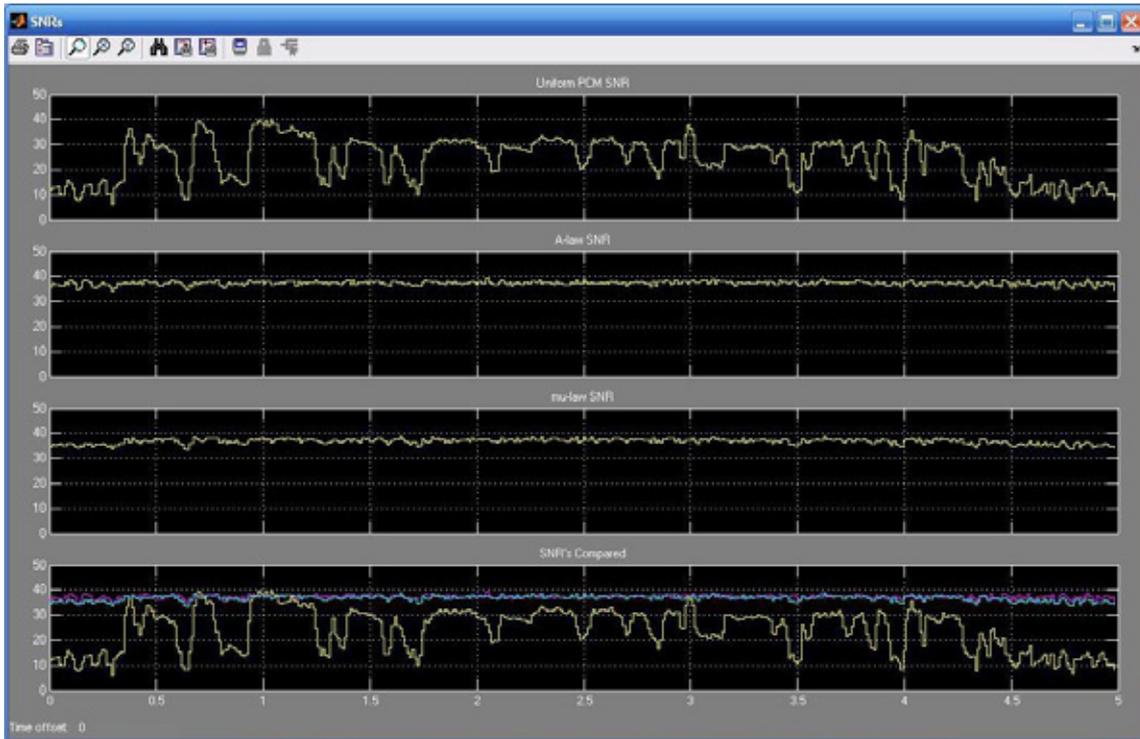


Рис. 7. Графики на выходе блока DataLogging

На нижнем графике постоянной амплитудой (желтый цвет) изображена дисперсия шума квантования равномерно квантованного сигнала (прошедшего по первой ветви). Также мы видим скачки, вызванные большими амплитудами оригинального сигнала. За счет переменного шага квантования добиваемся снижения динамического диапазона при постоянном значении сигнал/шум (см. график 2 и 3 на рис. 7).

Проанализировав работу последней схемы, можно прийти к следующему заключению. Для сигналов малой амплитуды характеристика сжатия имеет более крутой фронт, чем для сигналов большой амплитуды. Следовательно, изменение данного сигнала при малых амплитудах затронет большее число равномерно размещенных уровней квантования, чем тоже изменение при больших амплитудах. Характеристика сжатия эффективно меняет

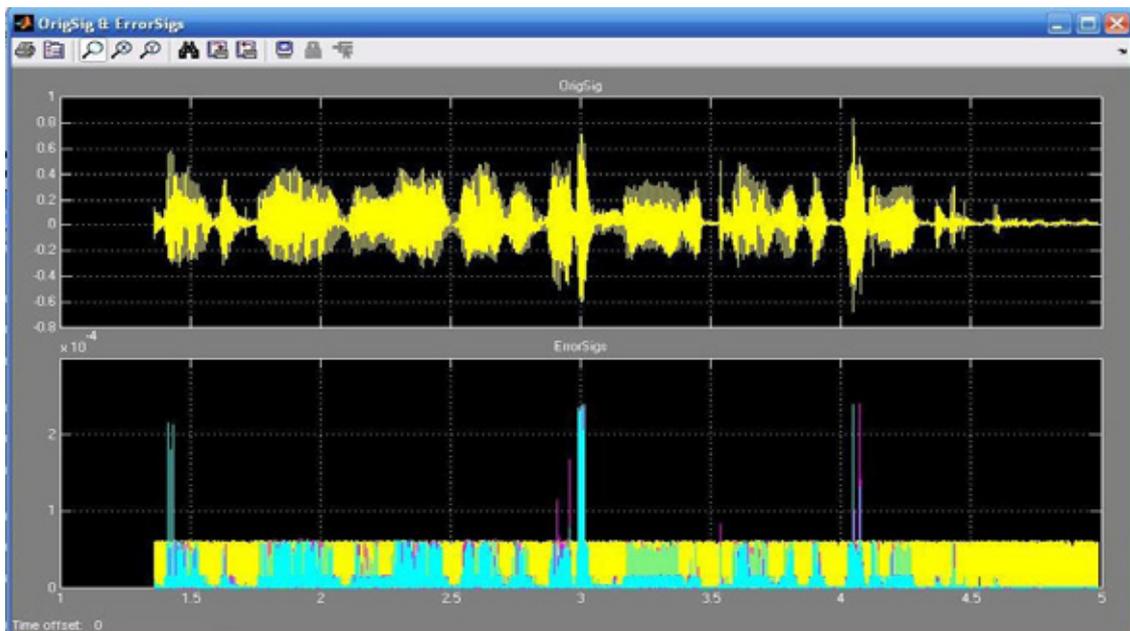


Рис. 8. Сигнал на выходе блока OrigSig&ErrorSig

распределение амплитуд входного сигнала, так что на выходе системы сжатия уже не существует превосходства сигналов малых амплитуд (т.е. распределение из нормального стремится к равномерному).

В данной статье были рассмотрены основы цифровой компрессии аудиоданных. В результате моделирования было установлено, что в результате применения сжатия с потерями, действительно восстановить данные полностью невозможно, происходит их частичная потеря. В спектре восстановленного сигнала появляются боковые лепестки. Так же было установлено, что при наличии шума в канале передачи, после восстановления шумы становятся сильнее.

Так же следует отметить следующую особенность человеческого слуха. Резкие скачки человек не успевает от-

следить, а к сигналу малой амплитуды прислушивается. За счет переменного уровня шага квантования добиваются маскировки шумов квантования мощным сигналом (постоянства соотношения с/ш).

Везде, где качество звука не должно в точности соответствовать оригиналу и где в будущем наверняка не потребуется серьезная обработка хранимых данных, использование формата сжатия с потерями вполне допустимо. Не всякому захочется каждый час вставлять в CD привод новый музыкальный диск, если объем винчестера составляет десятки гигабайт. Куда как проще записать музыку, например, в mp3 на винчестер или CD-ROM и слушать оттуда.

#### Литература:

1. Бернард Скляр Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] // М.: Издательский дом — «Вильямс», 2003. — 1104 с., ил.
2. Хаясака, К.Г. Электроакустика [Текст] // М.: «Мир», 1982. — 246 с.
3. Алдошина, И.А. Основы психоакустики [Электронный ресурс] // подборка с сайта www.625.net (доступ свободный) — Яз. рус.
4. Бенин, М. С., Подунов А. С. Звукотехника [Текст] // М.: Издательство ДОСААФ СССР, 1976. — 159 с.
5. Римский-Корсаков, А.В. Электро-акустика [Текст] // М.: Издательство «Связь», 1973. — 272 с.
6. Сапожков, М. А. Электро-акустика [Текст] // М.: Издательство «Связь», 1978. — 272 с.
7. Соболевский, А. Г. Почему появились искажения? [Текст] // М.: «Радио и связь», 1985. — 104 с.
8. Дьяконов, В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Основы применения. Серия «Библиотека профессионала» [Текст] // М.: СОЛОН-Пресс, 2005. — 800 с.
9. Мартынов, Н. Н. Введение в MATLAB 6 [Текст] // М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2002. — 352 с.
10. Солонина, А. И., Улахович Д. А., Арбузов С. М., Слозьёва Е. Б. Основы цифровой обработки сигналов [Текст] // СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 768 с.

## Потенциальные возможности расширения круга задач, решаемых с помощью мониторинга в транспортном комплексе

Тимченко Вячеслав Сергеевич, младший научный сотрудник  
Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН

**М**ониторинг — это процесс систематического сбора информации о параметрах сложного объекта или деятельности с целью их оценки, контроля или прогноза [1].

Выделяют два вида мониторинга:

1. Индикативный;
2. Репрезентативный.

Первый вид предполагает отбор лишь некоторого числа легко измеряемых наблюдений — индикаторов, позволяющих выявить некоторые наиболее важные с точки зрения мониторинга закономерности.

Второй — предполагает рассмотрение всей совокупности параметров рассматриваемой системы, обеспечивающих достоверную идентификацию ее состояния.

Он требует больших затрат времени, усилий и ресурсов, чем индикативный мониторинг.

Безусловно, применение репрезентативного мониторинга является более предпочтительным. Однако стоимость его проведения может превышать ценность полученного в итоге результата, а анализ — запаздывать. В данном случае имеет место отрицательный экономический эффект, что является недопустимым.

На сегодняшний момент мониторинг нашел свое применение в самых разных отраслях экономики, в том числе и на транспорте. Особенностью систем мониторинга применяемых в транспортном комплексе является их неразрывная связь с развитием геоинформационных систем (ГИС), которые нашли свое применение на всех видах

транспорта: автомобильном, водном, воздушном и железнодорожном.

В общем случае ГИС на транспорте могут использоваться для решения трех групп задач [2]:

- управление инфраструктурой и ее развитие;
- управление парком подвижных средств и логистика;
- управление движением (как транспортным средством, так и потоком).

Независимо от целей, в процессе мониторинга участвуют:

1. Источник сбора первичной информации;
2. Источник передачи данных на сервер;
3. Сервер;
4. Программно-аппаратный комплекс, принимающий, обрабатывающий, хранящий и анализирующий полученную информацию.

Системы мониторинга должны отвечать требованиям, которые можно сформулировать в виде следующих основных принципов [3]:

1. Объективность данных мониторинга (достоверность);
2. Сравнимость параметров изучаемой системы;
3. Учет влияния внешних факторов (по отношению к рассматриваемой системе);
4. Прогностичность (выявление и оценка тенденций, которые позволят прогнозировать с определенной долей вероятности будущее состояние рассматриваемой системы);
5. Целевое назначение (получение необходимой и достаточной информации, исходя из обозначенной цели осуществляемой деятельности);
6. Оперативность (анализ данных и выдача результата, должны обеспечивать своевременное принятие управленческого воздействия, в частности, при возникновении критических ситуациях).

В зависимости от конкретных целей мониторинга, этот список изменяется и дополняется.

На сегодняшний момент системы мониторинга, используемые на транспорте занимают в основном вопросы оперативного управления. Среди них, в частности, можно выделить:

1. Мониторинг психо-физического состояния водителя (машиниста) транспортного средства [4];
2. Мониторинг технических характеристик транспортного средства [5];
3. Мониторинг количества пассажиров, в том числе, с применением систем искусственного зрения [6];
4. Мониторинг маршрута-следования и местонахождения транспортного средства [7];
5. Мониторинг «целевого» расхода топлива [8].
6. Мониторинг потока улично-дорожной сети, с целью выявления пробок [9];
7. и т.д.

Данные вопросы получили свое широкое освещение в научных публикациях, поэтому не будем на них останавливаться. Рассмотрим более подробно потенциальные

возможности систем мониторинга в транспортном комплексе для решения тактических и стратегических задач.

В частности:

8. Выбор оптимальной цепочки доставки грузов при интермодальных перевозках;

9. Планирование развития инфраструктуры транспортной сети для освоения перспективных объемов перевозок.

Несмотря на то, что первая задача является тактической, а вторая стратегической, рассмотрение их в отрыве друг от друга является нецелесообразным.

Так, тактическое управление грузопотоками (планирование) при интермодальных перевозках позволит приспособиться к изменению их структуры, объемов и направления. Однако возможности адаптации ограничены. При слишком большом рассогласовании ритмов может наступить такой момент, когда нельзя уже будет обеспечить надежную транспортную связь. Транспортная система начнет играть роль ограничения [10], и отсутствие решения задачи на тактическом уровне просигнализирует о необходимости ее решения на стратегическом.

Выбор оптимального варианта устранения «узких мест», ограничивающих пропускную способность, в условиях перспективных объемов перевозок, и своевременное проведение реконструкционных работ по развитию инфраструктуры являются результатами применения данных мониторинга для решения стратегических задач.

Грамотно построенная структура транспортной сети, учитывающая изменения структуры, объема и направлений перспективных грузопотоков, в свою очередь, обеспечит потребную совокупную пропускную способность инфраструктуры при минимизации затрат, после чего можно продолжать решение задач на тактическом и оперативном уровнях, посредством мониторинга в условиях новой структуры и технических параметров транспортной сети.

Таим образом, необходимо осуществлять постоянный прогноз перспективных грузопотоков, посредством «тактического» мониторинга, и поиск наилучших логистических цепочек их транспортировки, а в случае появления ограничений в транспортной инфраструктуре своевременно принимать решения по ее реконструкции.

Актуальность этих задач неразрывно связана с потребностью в создании сети региональных транспортно-логистических центров (ТЛЦ) [11], которые будут предназначены для координации работы и информационно-логистического обоснования мер по реализации стратегии развития транспортного комплекса.

Развитие сети региональных ТЛЦ позволит перейти от мониторинга отдельных отправок грузов, транспортных средств, парков отдельных собственников и участков транспортной сети к мониторингу грузопотоков в масштабе всего транспортного комплекса.

Потребность в комплексной системе мониторинге особенно актуальна при перевозках различными видами транспорта, так как рассогласование их ритмов в пунктах взаимодействия (перевалки) приводят к значительным

эксплуатационным потерям всех участников перевозочного процесса.

При появлении возможности решения описанных задач посредством мониторинга, можно будет говорить о логистике как об интегрированной системе активного управления материальными потоками на основе применения современных информационных технологий и оптимизационных экономических решений рассматривающей в единстве материальные потоки между хозяйствующими субъектами и внутри них, направленной на достижение высоких конечных результатов деятельности [12].

При этом важно учитывать, что система мониторинга в масштабе транспортного комплекса позволяет пойти дальше решения описанных выше задач и охватить не только перевозочный процесс, но и весь спектр сопутствующих логистических услуг включающий погрузку, разгрузку, перегрузку с одного вида транспорта на другой, складирование, хранение, обработку груза и т. д.

Эти задачи также являются важными с точки зрения эффективного функционирования транспортного комплекса в условиях необходимости предоставления клиентам комплекса логистических услуг по принципу перевозок от «двери до двери».

ТЛЦ, посредством организации мониторинга транспортного процесса смогут сформировать единое информационное пространство рынка транспортных услуг, что является необходимым условием своевременного развития инфраструктуры в условиях трудно предсказуемой динамики грузопотоков как в транзитном, так и во внутригосударственном сообщении.

#### Литература:

1. Колесников, М. В., Булгакова А. В. Учет фактора времени при управлении сложными социально-экономическими системами (на примере ОАО «РЖД») // Вестник РГУПС. — 2012. — №3. — с. 95–99.
2. Явна, В. А., Каспржицкий А. С., Кругликов А. А., Лазоренко Г. И., Хакиев З. Б., Шаповалов В. Л. Этапы проектирования интеллектуальной системы мониторинга объектов транспортной инфраструктуры // Управление большими системами. — 2012. — Выпуск 38. — с. 105–120.
3. Лазарева, Н. В., Фурсов В. А. Формирование системы мониторинга предпринимательской среды регионального рынка транспортных услуг // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — 2011. — № 1 (26). — с. 251–256.
4. Савченко, В. В. Бортовая система мониторинга функционального состояния оператора транспортного средства // Механика машин, механизмов и материалов. — 2012. — № 1 (18). — с. 20–25.
5. Руднеев, А. Н., Ралкин А. В., Александров А. В. Система комплексного мониторинга — основа транспортной безопасности // Технологии информационного общества. — 2012. — № 11. — с. 53–54.
6. Бруснянин, Д. А., Вихрев С. В., Попов В. Ю., Горбенко А. А., Шека А. С. Интеллектуальная система мониторинга пассажиропотока транспортного комплекса региона // Автомобильный транспорт. — 2012. — № 2. — с. 41–43.
7. Руднеев, А. Н., Гнидин Р. А. Разработка системы мониторинга транспортных средств для обеспечения безопасности перевозок специальных грузов // Технологии информационного общества. — 2012. — № 11. — с. 51–52.
8. Толстова, М. Е. GPS-мониторинг транспорта как инновационный способ снижения издержек на транспортную логистику // Актуальные вопросы экономических наук. — 2011. — № 18. — с. 180–185.
9. Гудима, Г. Я., Алецкий С. Н. Использование систем ГЛОНАСС, GPS и видеонаблюдения для мониторинга и управления дорожно-транспортными потоками // Вестник камчатского государственного технического университета. — 2011. — № 17 — с. 40–43.

Необходимость внедрения современных логистических и информационных технологий становится насущной потребностью, особенно в условиях дальнейшей интеграции российской экономики в международную систему торговли и развития транзитных перевозок.

На сегодняшний момент автором в рамках диссертационной работы разработан «Метод определения «узких мест», ограничивающих пропускную и провозную способности железнодорожных направлений» [13] на основании мониторинга параметров движения испытательных грузовых поездов, который позволяет определить «узкие места» и далее с помощью программного комплекса имитационного моделирования процессов перевозок [14–20] оценить достаточность и эффективность предлагаемых реконструкционных мероприятий.

Описанный комплекс методов получил положительную оценку при выполнении коммерческих проектов для ЦД ОАО «РЖД» и ОАО «ИЭРТ», при оценке возможности освоения перспективных объемов перевозок на железнодорожном направлении Мга-Лужская, обслуживающем морской порт Усть-Луга.

В свою очередь, задачи продвижения перспективных грузопотоков при интермодальных перевозках в масштабе транспортного комплекса, а также планирование развития инфраструктуры для освоения прогнозируемых объемов перевозок, на базе сети региональных ТЛЦ, по мнению автора, могут быть эффективно решены только при внедрении аналогичных систем мониторинга для всего транспортного комплекса.

10. Козлов, П. А., Козлова В. П. Оптимизация функциональной структуры транспортного узла // Наука и техника транспорта. — 2005. — №1. — с. 17–31.
11. Лазарева, Н. В., Фурсов В. А. Формирование системы мониторинга предпринимательской среды регионального рынка транспортных услуг // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. — 2011. — №1 (26). — с. 251–256.
12. Алешин, А. Новые информационные технологии при реинжиниринге логистических бизнес-процессов // Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. — 2011. — №4. — с. 546–547.
13. Кокурин, И. М., Тимченко В. С. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2013. — Выпуск 1 (34). — с. 15–22.
14. Кокурин, И. М., Кудрявцев В. А. Оценка пропускной способности железнодорожных линий на основе имитационного моделирования процессов перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2012. — Вып. 2 (31). — с. 18–22.
15. Тимченко, В. С. Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон // Транспорт Российской Федерации. — 2013. — №5 (48). — с. 34–37.
16. Тимченко, В. С. Оценка перспективной пропускной способности участков железнодорожной сети с учетом предоставления «окон», на основе применения имитационного моделирования процессов перевозок [Текст]/В. С. Тимченко // Молодой ученый. — 2014. — №2. — с. 199–204.
17. Ковалев, К. Е. Оценка мероприятий по развитию инфраструктуры в масштабе железнодорожных направлений с учетом загруженности оперативного персонала технических станций [Текст]/К. Е. Ковалев, В. С. Тимченко // Молодой ученый. — 2014. — №3. — с. 298–302.
18. Кокурин, И. М., Тимченко В. С. Алгоритм оценки наличной пропускной способности железнодорожных участков в условиях планирования «окон» большой продолжительности // Международная научно-практическая конференция Транспорт России: проблемы и перспективы. — 2013. СПб: ИПТ РАН, 2013. с. 71–75.
19. Кокурин, И. М., Тимченко В. С. Методология улучшения железнодорожного транспортного обслуживания морских торговых портов // Международная научно-практическая конференция Транспорт России: проблемы и перспективы. — 2012 — СПб: ИПТ РАН, 2012. с. 31–35.
20. Тимченко, В. С. Определение пропускной способности реконструируемого железнодорожного направления Мга-Гатчина-Веймарн-Лужская с использованием метода имитационного моделирования // Материалы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 26 марта — 12 апреля 2012 г. Транспорт: проблемы и перспективы Неделя науки 2012 СПб ПГУПС 2012. с. 35–39.

## **Алгоритм сокращения стояночного времени судна, находящегося под обработкой в порту**

Тормашев Дмитрий Сергеевич, старший преподаватель, кандидат технических наук  
Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова (г. Новороссийск)

Чертков Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент  
Государственный университет морского и речного флота имени С. О. Макарова (г. Санкт-Петербург)

Одной из важнейших проблем в области повышения экономической эффективности водного транспорта является сокращение стояночного времени судов в портах. Сокращение стоянки судов может быть достигнуто за счет проведения целого комплекса организационно-технических мероприятий, направленных как на улучшение обслуживания судов в портах, так и на интенсификацию погрузо-разгрузочных работ.

Рассматривается задача составления расписания в следующей постановке. Прибывшее в порт грузовое судно, с порожними трюмами необходимо загрузить двумя видами грузов: листовой сталью и круглым лесом. Об-

работку необходимо произвести в такой последовательности, при которой суммарное время нахождения судна у причальной стенки под обработкой было бы минимальным. Погрузка осуществляется порталным краном и колёсным экскаватором с грейфером. Портальный кран выполняет операцию по погрузке листов в трюмы, а экскаватор укладывает лес на палубу над трюмами.

Предположим, что для погрузки листов в  $i$ -й трюм необходимо время  $t_i$ , а для укладки леса над  $i$ -ым трюмом время  $\tau_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ , где  $N$  — число трюмов). Операция по укладке леса на палубу над  $i$ -ым трюмом может выполняться только после завершения загрузки  $i$ -го трюма.

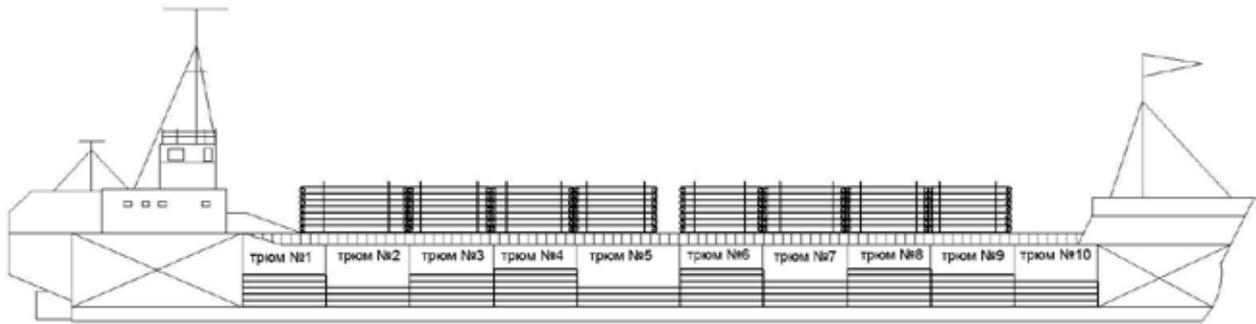


Рис. 1. Схема размещения грузов в трюмах и на палубе судна

Поэтому в начальный момент (до окончания работы портального крана) экскаватор простаивает. Простой экскаватора будут зависеть от выбранной очередности обработки трюмов, осуществляемой портальным краном.

Предположим, что портальный кран приступает к погрузке очередного трюма непосредственно после завершения работы на предшествующем, т.е. работает без перерывов. Очевидно, условия работы экскаватора не оказывают влияния на портальный кран. В общем случае время грузовых операций может быть представлено в виде множества, состоящего из пар чисел:

- t1, τ1
- t2, τ2
- .....
- tN, τN.

Время обработки судна изменяется в зависимости от выбранной перестановки. Если, например, N=3 и пары чисел имеют значения

- t1=5, τ1=3,
- t2=4, τ2=6,
- t3=7, τ3=4,

то время обработки судна Σi для различных перестановок будет равно:

- Σ1=f(t1, t2, t3) = 20
- Σ2=f(t1, t3, t2) = 22
- Σ3=f(t2, t1, t3) = 20
- Σ4=f(t2, t3, t1) = 19
- Σ5=f(t3, t1, t2) = 22
- Σ6=f(t3, t2, t1) = 20.

Оптимальным решением является перестановка, соответствующая Σ4=19.

Если xi — время простоя экскаватора перед тем, как будет завершена работа портального крана по погрузке i-го трюма, то для минимизации простоев экскаватора следует найти минимум из всех максимальных значений, определенных рекуррентными соотношениями:

$$\sum_{i=1}^N x_i = \max K_n,$$

$$i \leq x \leq N,$$

где

$$K_n = \sum_{i=1}^n t_i - \sum_{i=1}^{n-1} \tau_i.$$

С этой целью может быть использован следующий алгоритм перестановки.

1. Записать исходные данные ti, τi, i=1 ..., N в виде двух столбцов с соответствующей начальной нумерацией.
2. Определить среди чисел ti, τi наименьшее. Если таковым окажется ti — выполнять эту операцию первой. Если таким числом является τi — обрабатывать i-ый трюм необходимо последним.
3. Исключить из дальнейшего рассмотрения i-ую группу чисел и продолжить работу с оставшимися числами, согласно п. п. 1 и 2 алгоритма.
4. При наличии нескольких минимальных чисел — выбрать группу с меньшим номером. Если ti = τi, упорядочивать последовательность обработки трюмов по значению ti.

Ниже приведена программа для реализации алгоритма в среде MatLAB.

```
% sah2a. m
% Составление оптимального расписания выполнения
погрузочных работ.
% Исходные данные представлены матрицей AA (время
выполнения грузовых операций
% в относительных единицах). Первый столбец AA —
время погрузки в %трюмы листовой стали, второй
столбец — время погрузки лесоматериалов). Номер
% строки соответствует номеру трюма (см. рис. 1)
AA= [0.0153 0.5028;
      0.4451 0.4289;
      0.9318 0.3046;
      0.4660 0.1897;
      0.4186 0.1934;
      0.8462 0.6822;
      0.5252 0.3028;
      0.2026 0.5417;
      0.6721 0.1509;
      0.8381 0.6979];
```

A=AA

```
L=size(A); N=L(1)
Za=[]; Zb=[];
for I=1:L(1)-1;
[z1, I1]=min(A(:,1)); [z2, I2]=min(A(:,2));
S=[];
if z2<z1
    ab1=A(I2,:);
    Zb=[Zb; ab1];
s=I2;
elseif z1<=z2
    ab2=A(I1,:);
    Za=[Za; ab2];
    s=I1;
end
S=[S s]; k=S;
A1=[A(1:k-1,:); A(k+1:N-I+1,:)];
A=A1;
Za;
Zb;
S=[];
end
A1;
Zb1=flipud(Zb);
Aopt=[Za; A1; Zb1]
v=1:N;
```

```
plot(v, Aopt(:,1),'*',v, Aopt(:,2),'o'), grid
```

```
Решение
A = [0.0153 0.5028
      0.4451 0.4289
      0.9318 0.3046
      0.4660 0.1897
      0.4186 0.1934
      0.8462 0.6822
      0.5252 0.3028
      0.2026 0.5417
      0.6721 0.1509
      0.8381 0.6979]
```

N = 10. Работа программы завершается графическими построениями. Для оптимальной перестановки  $t_i$  на графике представляются знаком «\*», а время  $\tau_i$  — знаком «o».

В заключение приведена оптимальная перестановка, выполненная с помощью описанной выше программы и являющаяся, по существу, расписанием, соответствующим минимуму времени обработки судна.

С помощью алгоритма обеспечивается расчет минимума стояночного времени судов под обработкой, что способствует повышению экономической эффективности их использования и улучшению технологии работы перегрузочных средств порта.

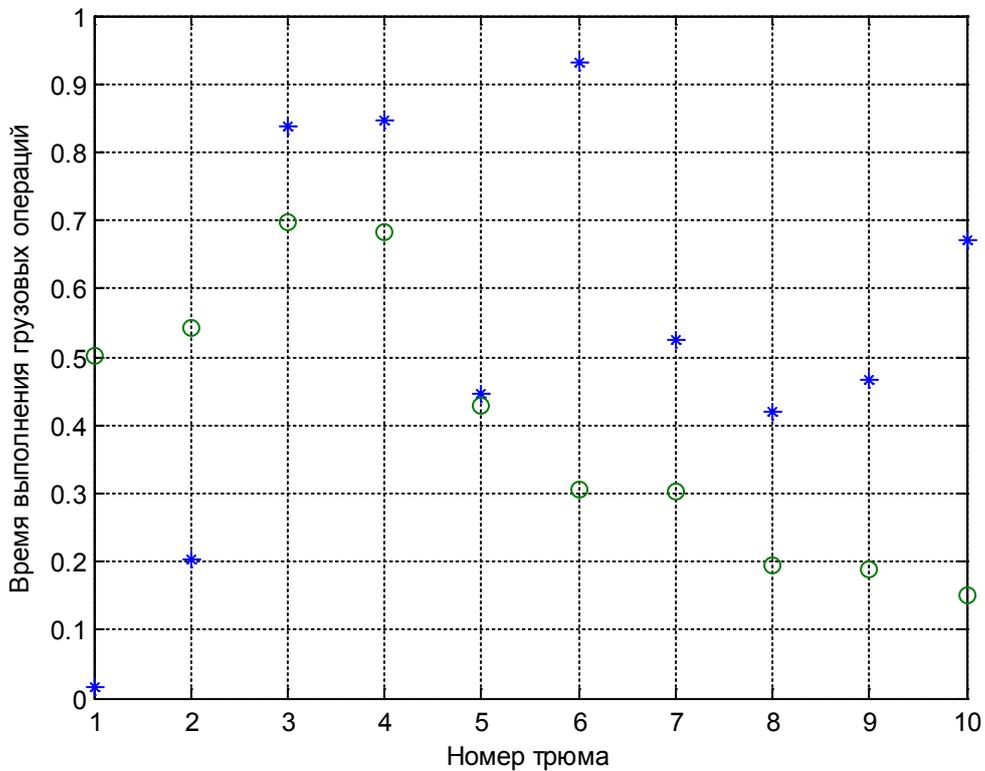


Рис. 2 Оптимальное расписание обработки судна

## Оптимизация конструктивных параметров спецодежды для эксплуатации в жарких климатических условиях

Туракулова Б.;

Пулатова Сабохат Усмановна, доцент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Для выбора оптимальных параметров спецодежды следует учитывать различные сочетания конструктивных параметров, что может быть достигнуто разработкой ее математических моделей с использованием статистических методов планирования эксперимента.

В качестве критериев оптимизации были выбраны единичные критерии внешнего  $Y_2$  (размах движений рук одетого человека  $P_2$ ) и внутреннего  $Y_1$  (уровень давления одежды на тело человека  $P_1$ ) динамического соответствия. В качестве факторов оптимизации с учетом выполненных ранее работ и результатов анализа существующих видов спецодежды и образцов национальной одежды были выбраны три конструктивных параметра:  $x_1$  — глубина проймы ( $B_{пр}$ ),  $x_2$  — прибавка на свободное облегание к полуобхвату груди  $P_{16}$ ,  $x_3$  — ширина участка изделия, равная сумме ширин спинки и проймы ( $Ш_{сп} + Ш_{пр}$ ).

Значения факторов оптимизации и уровни их варьирования были выбраны на основании анализа конструкции существующих видов курток специального назначения и национальной одежды рекомендаций ЦНИИШП и других авторов.

Для определения оптимальных конструктивных параметров спецодежды хлопкоробов, обеспечивающих высокие показатели динамического соответствия, был использован полный факторный эксперимент ПФЭ типа  $2^3$ . Уровни варьирования факторов при реализации ПФЭ  $2^3$  представлены в таблице 1.

Исследования динамического соответствия производили по вышеописанной методике. Определение количественных значений показателей внешнего и внутреннего

динамического соответствия производили посредством моделирования реальной деятельности человека. В качестве рабочего движения был выбран подъем обеих рук вперед — вверх.

Натуральные значения критериев оптимизации  $P_1$  (Па) и  $\alpha$  (град) определяли как среднеарифметическое из значений, отмечаемых в двух контрольных точках по трем сериям параллельных опытов.

На основании коэффициентов регрессии были составлены математические модели оптимизации конструктивных параметров куртки:

по критерию «уровень давления одежды на тело человека»

$$Y_1 = 0,69 + 0,17 X_1 + 0,19 X_2 + 0,03 X_3 + 0,13 X_{12},$$

по критерию «размах движения рук одетого человека»

$$Y_2 = 0,79 + 0,08 X_1 + 0,11 X_2 + 0,01 X_3 + 0,04 X_{12},$$

по комплексному критерию оптимизации

$$Y = 0,74 + 0,12 X_1 + 0,15 X_2 + 0,02 X_3 + 0,09 X_{12}$$

Полученные модели использованы для поиска оптимальных конструктивных параметров куртки спецодежды с помощью двухмерных сечений соответствующей поверхности отклика.

Анализ конструктивных линий равных значений отклика, построенных с учетом единичных  $Y_1$ ,  $Y_2$  и комплексного  $Y$  критериев оптимизации позволил выявить взаимодействие между изучаемыми конструктивными параметрами и определить область оптимальных их значений. Так, максимально возможному значению комплексного критерия оптимизации ( $Y=0,98...1,02$ ) при  $B_{пр}=const=30$  см соответствует область оптимальных значений конструктивных параметров  $P_{16}=14,0...15,0$  см,

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Факторы	Обозначение	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
		-1	0	+1	
Глубина проймы ( $B_{пр}$ )	$X_1$	24	27	30	3
Прибавка $P_{16}$	$X_2$	7,5	11,25	15,0	3,75
( $Ш_{с} + Ш_{пр}$ )	$X_3$	36,7	29,15	41,6	2,45

Таблица 2. Коэффициенты регрессии ( $b_i$ ) по единичным  $Y_1$  и  $Y_2$  критериям оптимизации

Критерий оптимизации	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$
$Y_1$	104	11,42	14,42	1,83	5,83
$Y_2$	8,21	-1,44	-1,84	-0,41	-0,65

$(Ш_{\text{сп}} + Ш_{\text{пр}}) = 40,0 \dots 41,6$  см. При постоянном значении второго параметра  $П_{16} = \text{const} = 15$  см наибольшее значение комплексного критерия оптимизации  $Y = 0,97 \dots 1,1$  достигается при значении конструктивных параметров  $В_{\text{пр}} = 29,0 \dots 30,0$  см,  $(Ш_{\text{сп}} + Ш_{\text{пр}}) = 36,7 \dots 37,0$  см.

При постоянном значении  $(Ш_{\text{сп}} + Ш_{\text{пр}}) = \text{const} = 41,6$  см, наибольшее значение комплексного критерия оптимизации ( $Y = 1,08 \dots 1,1$ ) достигается при значениях конструктивных параметров необходимо, кроме главного критерия оптимизации, учитывать дополнительный критерий — снижение материалоемкости изделия. Поэтому, учитывая

дополнительный критерий оптимизации следует считать значения конструктивных параметров  $В_{\text{пр}} = 29,5$  см,  $П_{16} = 14$  см,  $(Ш_{\text{сп}} + Ш_{\text{пр}}) = 41,0$  см.

Таким образом, в результате проведенных исследований определены оптимальные значения конструктивных параметров куртки специальной одежды, обеспечивающие высокий уровень динамического соответствия. Установленные оптимальные значения использованы в дальнейшем для разработки базовой основы конструкции спецодежды для работающих на открытом пространстве в условиях сухого жаркого климата.

## Эффективность применения пиролизной технологии для получения альтернативного топлива из местных органических отходов

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент;

Раббимов Рахим Тешаевич, кандидат технических наук, доцент;

Алиярова Лола Абдужаббаровна, ассистент;

Рахимов С. А., магистрант

Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Важнейшим направлением в энергосбережении является вовлечение в энергобаланс нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). В этом случае не только удовлетворяется часть потребности в энергоресурсах, но и уменьшается экологическая нагрузка на окружающую среду. Непрерывный рост цен на традиционные энергоносители (нефть, природный газ, уголь), вследствие усиливающегося энергетического кризиса, с 1973 года во всем мире способствовал интенсификации работ в использовании альтернативных источников энергии.

Поэтому внедрение альтернативных источников энергии является одним из важнейших задач в области энергосбережения и инновационного развития экономики нашей страны. Актуальность данного направления еще раз была подчеркнута в Указе Президента Узбекистана «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии» от 1 марта 2013 года [1].

Одним из возобновляемых источников энергии является биомасса, при переработке которой может быть получено жидкое и газообразное топливо. Особенно важное значение имеет тот факт, что биомасса в отличие от ископаемых источников энергии — нефти, природного газа и угля — представляет собой возобновляющийся источник энергии, и при правильной организации ее воспроизводства, сбора и переработки, доля энергии и топлива, получаемых из биомассы, может существенно возрасти.

Получение топлива и энергии из биомассы и местных органических отходов позволит: во-первых, решить проблему утилизации сельскохозяйственных и растительных отходов, во-вторых, получить дешевую энергию, в третьих снизить количество экологических вредных выбросов в атмосферу. Оценка возможности переработки био-

массы показывает широкие перспективы их энергетического использования.

Однако энергоемкость переработки биомассы в существующих установках достигает до 70—80% в общем тепловом балансе, что приводит к определенным трудностям внедрения и снижает их энергетическую эффективность.

Получение топлива и энергии из биомассы с помощью солнечной энергии, прежде всего, представляет интерес для автономных и удаленных потребителей систем централизованного энергоснабжения в виде небольших сельских жилых зданий, фермерских хозяйств и отдельных домов.

В настоящее время в условиях мирового финансово-экономического кризиса руководством нашей страны разработан комплекс мероприятий, направленный на решение ключевых задач, по сокращению энергоемкости технологических процессов и внедрению эффективных систем энергоснабжения, бесперебойному энергоснабжению автономных потребителей, реализации мер по ускоренному развитию на селе промышленного производства и строительства.

Создание и внедрение энергосберегающих установок по получению газообразных, жидких и твердых альтернативных топлив из местных отходов сельскохозяйственных растений и биомассы являются первостепенными задачами в системах автономного энергоснабжения локальных потребителей. Ресурсы биомассы в различных ее видах имеются практически во всех регионах нашей республики, и почти в каждом из них может быть налажено производство энергии и топлива из биомассы. Биомасса является классическим возобновляемым источником энергии. Ежегодно в земле при помощи фотосинтеза об-

разуется около 120 млрд. тонн сухого органического вещества, что энергетически эквивалентно более 40 млрд. тонн нефти. Принято, что 1 тонн биомассы эквивалентна 0,625 тонн условного топлива [2].

Поэтому переработка растительной биомассы для получения топлива, тепловой и электрической энергии и обеспечение ими сельских потребителей, особенно в труднодоступных и энергодефицитных районах, становится актуальной задачей.

Применение биомассы в натуральном виде связано с рядом проблем, основными из которых являются экология и недостаточная эффективность преобразования и использования сырья. Предварительная переработка биомассы в жидкую и газообразную формы представляется наиболее перспективной. Выработанное из растительной биомассы альтернативное топливо (жидкое, твердое и газообразное) более универсально, экологически приемлемо и имеет большое энергосодержание по сравнению с сырьём.

Термохимические технологии получения твердого, жидкого и газообразного альтернативного топлива из различных видов биомассы включает в себя следующие процессы: прямое сжигание, пиролиз, газификацию, синтез. Среди современных термохимических технологий биомассы пиролиз является наиболее универсальной, которая позволяет получать качественное, экологически безопасное твердое, жидкое и газообразное топливо практически из любого органического сырья.

В связи с этим нами разработана пиролизная установка для получения газообразных, жидких и твердых альтернативных топлив из органических отходов и биомассы (рис. 1). Установка предназначена для переработки всех видов органических отходов фермерского хозяйства, имеющего в своем хозяйстве 6–8 голов крупного рогатого скота и ресурсы биомассы (навоз, стебли хлопчатника, полевые отходы овощных и бахчевых культур, и т. п.), для получения биотоплива. Установка содержит реактор, солнечный концентратор, конденсатор-охладитель, газгольдер и ёмкость для сбора жидкого топлива. Биоэнергетическая установка работает автономно, используя часть выработанной энергии и энергию солнца на собственные нужды.

Использование данной установки позволяет повысить эффективность переработки биомассы на 20–30% по сравнению с аналогами и обеспечивает комплексное использование возобновляемых источников энергии, т. е. энергии солнца и биомассы. Получение топлива из местных органических отходов и биомассы, прежде всего, решает проблему бесперебойного энергоснабжения, представляет особенный интерес для автономных и удаленных потребителей энергии в виде небольших сельских жилых зданий, фермерских хозяйств и отдельных домов.

Необходимое сырье для переработки обеспечивается из собственного хозяйства фермеров, так как, одна единица крупного рогатого скота весом 200–250 кг обеспечивает навозом в сутки в количестве 10÷20 кг. Значит

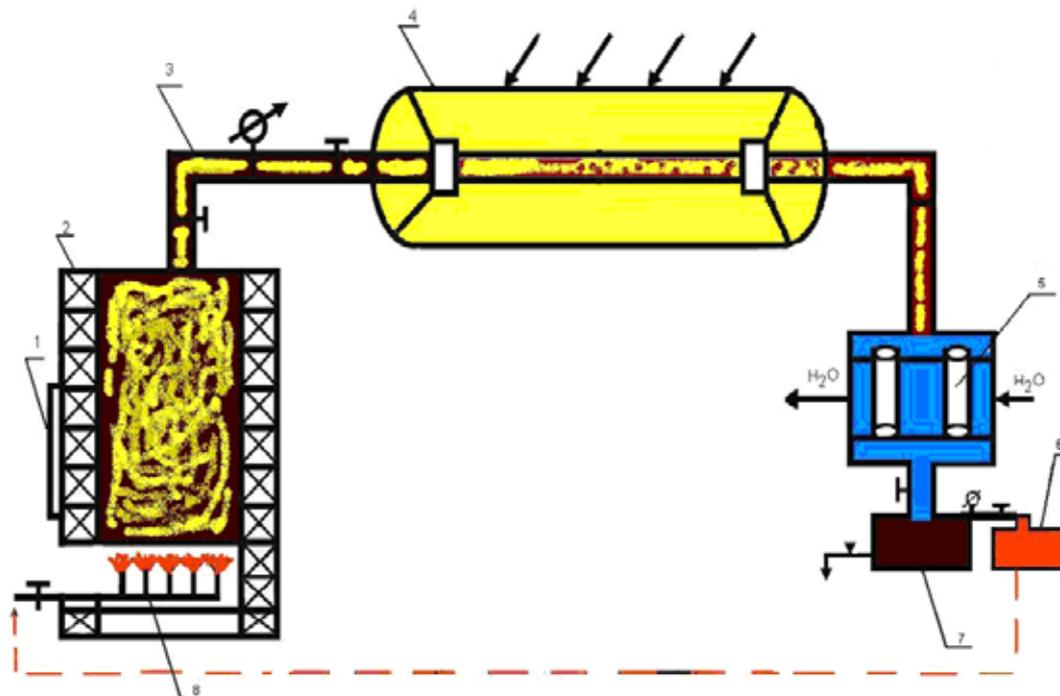


Рис. 1. Установка для получения альтернативных топлив из биомассы и местных органических отходов сельскохозяйственного производства: люк; реактор; выход первичного продукта пиролиза; параболацилиндрический солнечный концентратор; холодильник-конденсатор; неконденсируемый газ (пиролизный газ); бак для нефтеподобной жидкости (бионефть); газовая горелка реактора

8 единиц крупного рогатого скота обеспечить в среднем 120 кг в сутки экскремента, а в месяц —  $120 \times 3 = 3600$  кг (3,6 тонна).

Сырье для получения биотоплива имеется во всех регионах нашей республики, и почти в каждом из них может быть налажено производство энергии и топлива из биомассы. Для тех же целей возможна утилизация ботвы овощей, соломы, диких трав и др. В сельском хозяйстве Узбекистана на плодоовощную продукцию отведено свыше 600 тыс. гектар земли. Животноводство Узбекистана является основной сырьевой базой для развития производства биотоплива из органических местных отходов. В фермерских хозяйствах и других хозяйствах всех категорий республики имеются свыше 5806,4 тыс. голов крупного рогатого скота, в том числе 2546,3 тыс. коров, 10634,5 тыс. голов овец и коз, 16743,4 тыс. голов птиц. При переработке 1 тонн растительной биомассы (стебли хлопчатника) получены: 15–20 % древесного угля, 20–30 % пиролизного газа и до 65 % нефтеподобной жидкости. Внедрение предложенной установки позволяет повышению технологичности энергетического использования биомассы и уменьшению затраты тепловой энергии на процесс 15–25 %.

Для переработки биомассы в реакторе способом пиролиза требуется создание температурного режима в пределах

$$t_{II} = 275^{\circ}C \div 450^{\circ}C$$

Расход тепловой энергии для разложения биомассы (органические отходы) и создания требуемого температурного режима в реакторе определяется по формуле

$$Q_{номр} = C_{р6} \cdot m_6 \cdot (t_1 - t_2), \text{ кДж} \quad (1)$$

где,  $C_{р6}$  — удельная теплоемкость биомассы,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ;

$m_6$  — масса биомассы, кг;  $t_1$  — начальная температура биомассы (до переработки),  $^{\circ}C$ ;

$t_2$  — конечная температура биомассы (температура пиролиза)  $^{\circ}C$ ;

В качестве биомассы в установке использованы отходы хлопчатника (стебли хлопчатника, коробочки, незрелые сухие плоды и корни). Расход тепловой энергии для переработки отходов хлопчатника, при следующих данных равна:

$C_p = 1,4 \div 1,6 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$ ;  $m_6 = 100 \text{ кг}$ ;  $t_1 = 20^{\circ}C$ ;  $t_2 = 450^{\circ}C$ .

$$Q = 1,4 \cdot 100(450 - 20) = 60200 \text{ кДж};$$

$$Q_{потреб} = 60,2 \text{ МДж}.$$

Тепловой баланс установки имеет следующий вид:

$$Q = Q_{пер} + Q_{ном} - Q_p, \quad (2)$$

$Q$  — общий расход тепловой энергии, кДж;  $Q_{пер}$  — расход теплоты на переработки, кДж;  $Q_{потер}$  — потери тепловой энергии при переработки биомассы в реакторе, кДж;  $Q_p$  — количества солнечной энергии, подводимая на переработки, кДж.

Составим уравнение материального баланса:

$$G_{\sigma} = G_{\text{дв}} + G_{\text{тг}} + G_{\text{бн}} \quad (3)$$

где,  $G_{\sigma}$  — количество загружаемой биомассы, кг;  $G_{\text{дв}}$  — количество древесного угля, получаемая в процессе переработки, кг;  $G_{\text{тг}}$  — количество твердого топлива, кг;  $G_{\text{бн}}$  — количество бионефти, получаемая в процессе переработки, кг.

Биореактор имеет размеры  $d=0,8$  м и  $h=1,0$  м. Объем стального биореактора

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \cdot 1,0 = 0,5 \text{ м}^3.$$

Насыпная плотность древесных отходов, в т. ч. для отходов хлопчатника составляет около

$\rho_H = 130 \div 150 \text{ кг/м}^3$ . При искусственном уплотнении насыпная плотность растительных отходов (опилок, гуза-пай, камыш, диких полевых трав) может быть повышена на 30–50 %.

При насыпном плотности биомассы (отходы хлопчатника)  $\rho_H = 200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  и средней влажности 40 %

масса загружаемой биомассы в реактор составляет  $m=100$  кг. Экспериментом установлено, что при переработки 100 кг исходного сырья (отходы хлопчатника-биомассы) получены 15–20 кг древесного угля; 20–30 кг пиролизного газа и до 65 кг нефтеподобной жидкости (бионефть).

Таким образом, материальный баланс процесса: 100 кг биомасса = 15 кг древесной уголь + 20 кг биогаз + 65 кг бионефть.

При дневном режиме работы установки температурный режим переработки поддерживается параболацилиндрическим концентратором, установленный после реактора. При использовании ПСК затрат энергии на термическую переработку сырья сокращается до 25–30 %. При падающем солнечной радиации  $q_p = 800 \text{ Вт/м}^2$  в условиях г. Карши дополнительно можно получить тепловой энергии в ПСК с апертурой  $5 \text{ м}^2$ :

$$Q_p = q_p \cdot F_{\text{ап}} = 4000 \text{ Вт} = 4 \text{ кВт}, [3].$$

Таким образом, за счет концентрации солнечной энергии можно подвести дополнительно теплоту около  $4 \text{ кВт} \cdot \text{час} = 4 \cdot 3600 = 14400 \text{ кДж} = 14,4 \text{ МДж}$ .

$$\text{Это теплота} \left( \frac{14,4}{60,2} \cdot 100 = 24\% \right) \text{ составляет } 24 \%$$

от общего расхода тепловой энергии.

Произведем расчет экономической эффективности применения данной установки для фермерского хозяйства, имеющего в своем хозяйстве 6–8 голов крупного рогатого скота и ресурсы биомассы (стебли хлопчатника, солома, полевые отходы овощных культур и т. п.).

Продолжительность технологического процесса (цикл) переработки биомассы способом пиролиза с учетом загрузки и выгрузки реактора составляет  $\tau = 4$  часа. Количество циклов в сутки  $n = 6$  ( $24/4=6$  циклов). Установка перерабатывает в сутки  $100 \times 6 \text{ цикл} = 600 \text{ кг}$

биомассы, а в месяц  $600 \times 30 = 18000$  кг = 18 т (в год 216 тонн).

При пиролизе 100 кг стебли хлопчатника получено 15–20 кг (15–20 %) древесного угля, 65 кг бионефть и

20 кг или 28,57 м<sup>3</sup> пиролизный газ (биогаз). Теплота сгорания биогаза составляет около  $18 \div 20$  МДж/кг

$$\left( 4300 \div 5000 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \right)$$

Если учитывать, расход тепловой энергии на переработку 60,2 МДж. Тогда  $\frac{60,2}{20} = 3,01 \text{ кг}$  или 4,2 м<sup>3</sup>

полученный биогаз покрывает расход тепловой энергии на собственную нужду. С учетом неизбежных потерь энергии, например тепловых потерь в окружающую среду расход биогаза на собственную нужду принимаем 5 кг (25 % от полученного биогаза).

Таким образом, при переработке биомассы в сутки получены (с вычетом расход топлива на собственную нужду):

а) древесный уголь:  $15 \text{ кг} \cdot 6 \text{ цикл/сут} = 90 \text{ кг/сут}$ ;

б) бионефть:  $65 \text{ кг} \cdot 6 = 390 \text{ кг/сут}$ ;

За год будут получены:

а)  $90 \text{ кг/сут} \cdot 365 \text{ сут} = 32850 \text{ кг} = 32,85$  т древесного угля;

б)  $390 \text{ кг/сут} \cdot 365 \text{ сут} = 142,35$  т бионефть;

в)  $90 \times 365 = 32,85$  т биогаз или 32850 кг биогаз, при

плотности газа 0,7 кг/м<sup>3</sup>  $\frac{32850}{0,7} = 46930 \text{ м}^3$ .

Стоимость 1 тонн угля — 100 000 сум, тогда  $32,85 \times 110 000 = 3 285 500$  сум;

Литература:

1. Указ Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии» УП-4512 от 01.03.2013 г.
2. Раббимов, Р. Т., Узakov Г. Н., Яхшибоев Ш. Я., Хужакулов С. М. Способ переработки биомассы с использованием солнечной энергии // Молодой ученый. — Чита, Россия: 2010. — №8 — с. 136–140.
3. Даффи, Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: Мир. 1977—420 с.

## Анализ эффективности оборудования установки получения пропан-бутановой смеси на 3 и 4 очереди (Шуртан)

Уринов А. А.;

Ли Р. Ч., профессор

Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

В связи с высоким темпом развития народного хозяйства в Республике Узбекистан и ростом потребности в жидких углеводородах увеличение глубины извлечения ценных компонентов из природного газа является важной проблемой.

Стоимость бионефть:  $142,35 \times 0,8 \times 10^3 \times 1000 = 113 880 000$  сум;

Стоимость пиролизного газа  $46930 \cdot 151 = 7 086 430$  сум.

Для определения экономической эффективности пиролизной установки необходимо произвести расчет капитальных затрат на изготовлении и монтаж. Стоимость установки составит 30 000 000 сум.

Эксплуатационные затраты складывается из затрат исходного сырья, заработной платы обслуживающего персонала, расход воды и электрической энергии на собственные нужды. Количество обслуживающего персонала  $n=3$  чел. Всего годовые эксплуатационные затраты составит:  $\Theta = 27 844 000$  сум.

Годовая экономия энергии т. е. внутренний доход равна: 124 251 430 сум. Чистый доход составит: 96 407 000 сум. Срок окупаемости капитальных

вложений:  $\frac{30000000}{96407430} = 0,31$ ; (4,0 месяц).

Таким образом, использование альтернативного биотоплива из отходов сельского хозяйства позволит создать экологически чистое, безотходное производство, снизить себестоимость продукции, экономически эффективно использовать растительные отходы, экономно расходовать бюджетные средства, выделяемые на закупку топлива, а также развивать малый бизнес и создать дополнительные рабочие места.

Внедрение биоэнергетических установок является энергосберегающей, экономически оправданной технологий для обеспечения топливно-энергетическими ресурсами фермерских хозяйств и частных домов фермеров.

В настоящее время для увеличения глубины извлечения ценных компонентов из газа используются низкотемпературные процессы, основанные на охлаждении газа за счет его расширения турбодетандерных агрегатах, с получением пропан-бутановой смеси и углеводородного конденсата.

Для Узбекистана впервые ОАО «ЛЕННИИ-ХИММАШ» разработал технологию получения пропан-бутановой смеси для УДП «Шуртаннефтегаз», по которой пропан-бутановая смесь является основным продуктом переработки газа, а стабильный конденсат получают в виде побочного продукта. Технология была внедрена в 1997 году и предназначена для процесса извлечения пропан-бутановой фракции методом частичной конденсации природного газа, его сепарации при высоком давлении, охлаждения паровой части потока за счет эффекта расширения в турбодетандере с последующим разделением выделенного конденсата в двух ректификационных колоннах. В первой колонне извлекается метан-этановая фракция, а во второй происходит разделение жидкой фазы на пропан-бутановую фракцию и стабильный конденсат. Применение турбодетандерного агрегата, в котором происходит охлаждение газа при его изобарном расширении, позволило отказаться от внешних источников холода.

На сегодняшний день на Шуртане существует 4 очередей УППБС-1,2 составляет 70–74%, а на УППБС-3,4–78–80%.

Усовершенствование процесса переработки газа и получения из него пропан-бутановой фракции на сегодняшний день является актуальной проблемой.

Для улучшения качества получаемой продукции и эффективной работы оборудования необходимо провести исследования и на основании полученных данных анализ эффективности существующего оборудования.

Специалисты ОАО «УзЛИТИНефтегаз» совместно со специалистами СП ООО «Шуртангазмахсулот» и УДП «Шуртаннефтегаз» отобрали пробы на входе исходного газа на УПБС-3/3,4, с верхней части сепаратора С-1, на выходе отбензиненного газа с установок с целью определения компонентного состава потоков.

Данные результатов анализа проб исходного газа на входе УПБС-3/3,4, показывают, что молярная доля метана в исходном газе составляет 90,49% (по проекту — 91,12%), этана — 3,61% (по проекту — 3,78%), пропана — 0,98% (по проекту — 0,89%), бутана — 0,40% (по проекту — 0,37%).

Плотность газа при температуре 20 °С и 760 Hg mm — 0,758 kg/m<sup>3</sup>. Молекулярная масса газа — 18,161.

Данные результатов анализа проб отбензиненного газа на выходе УПБС-3/3,4 показывают, что молярная доля метана в отбензиненном газе 91,54–91,92% (по проекту — 92,095%), этана — 3,36–3,58% (по проекту — 3,817%), пропана — 0,44–0,46% (по проекту — 0,28%), бутана — 0,05–0,07% (по проекту — 0,027%). Плотность газа при температуре 20 °С и 760 Hg mm — 0,737–0,739 kg/m<sup>3</sup> (по проекту — 0,733 kg/m<sup>3</sup>). Молекулярная масса газа — 17,686–17,747 (по проекту — 17,597).

Данные показывают, что в составе сжиженного газа массовая доля этана составляет 3,71–3,97% (по проекту 0,2267%), пропана — 46,91–49,46% (по проекту 52,591%), бутана — 42,40–45,12% (по проекту

47,021%), C<sub>5+выс</sub> — 3,77–3,84% (по проекту 0,1611%). Также в составе сжиженного газа присутствуют углекислый газ и азот, массовая доля которых составляет CO<sub>2</sub>–0,04–0,06% и N<sub>2</sub>–0,34–0,38%. Плотность жидкости при 20 °С и 760 Hg mm, составляет 530 kg/m<sup>3</sup>.

Для извлечения целевых продуктов в пределах рассчитанных в проекте технологические параметры режимов работы УПБС-3/3,4 необходимо поддерживать в проектных режимах.

Материальный баланс по фракциям C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> и C<sub>5+</sub> в системе УПБС-3/3,4 Шуртан составлен по составам исходного газа, поступающего для переработки на УПБС-3/3,4, отбензиненного газа и сжиженного газа на выходе с УПБС-3/3,4.

Из материального баланса по фракциям C<sub>5+</sub> в системе УПБС-3/3,4 (таблица 10) видно, что содержание фракций C<sub>5+</sub> в составе исходного газа на входе в УПБС-3/3,4 Шуртан составляет 6,77 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,896% (по проекту 7,294 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,974%).

Потери фракций C<sub>5+</sub> с отбензиненным газом на выходе УПБС-3/3,4–0,3 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,041% (по проекту 0,03 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,004%). Унос фракций C<sub>5+</sub> с СУГ — 0,743 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,098% (по проекту 0,03 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,004%).

Количество извлекаемых фракций C<sub>5+</sub> на УПБС-3/3,4 составляет 5,727 g/m<sup>3</sup> или массовая доля — 0,757% (по проекту 7,234 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,066%).

Таким образом, удельное количество конденсата, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, составляет 5,727 g/m<sup>3</sup> газа. Средняя молекулярная масса стабильного конденсата — 100 kg/kmol, плотность — 0,685 kg/m<sup>3</sup>.

Учитывая вышеизложенное, количество стабильного конденсата, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, составляет в среднем 1746,7 kg/h при переработке газа в объеме 305000 m<sup>3</sup>/h (по проекту 2397,5–2734 kg/h при переработке газа в объеме 375000 m<sup>3</sup>/h).

Из материального баланса по фракциям C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> в системе УПБС-3/3,4 (таблица 11) видно, что содержание фракций C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> в составе исходного газа на входе в УПБС-3/3,4 Шуртан в среднем составляет 27,64 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 3,659% (по проекту 23,250 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 3,103%).

Потери фракций C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> с отбензиненным газом в среднем — 9,704 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 1,317% (по проекту 4,013 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,536%). Унос фракций C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> с конденсатом не наблюдается (по проекту 0,047 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,006%).

Количество извлекаемых фракций C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> в среднем — 17,94 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 2,34% (по проекту 19,190 g/m<sup>3</sup> газа или массовая доля — 2,561%).

В процессе ректификации в колонне К-2 в состав получаемого СУГ переходят фракции C<sub>5+</sub> в количестве

0,743 г/м<sup>3</sup> газа (по проекту 0,03 г/м<sup>3</sup> газа или массовая доля — 0,004%). Кроме того, согласно результатам анализа, в составе получаемого СУГ присутствуют C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> в количестве 0,83 г/м<sup>3</sup> газа.

Таким образом, удельное количество СУГ, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, составляет 19,513 г/м<sup>3</sup> газа.

Учитывая вышеизложенное, количество СУГ, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, в среднем составляет 5951,5 кг/ч при переработке газа в объеме 300000 м<sup>3</sup>/ч (по проекту 7226,6 кг/ч при переработке газа в объеме 375000 м<sup>3</sup>/ч). По результатам анализа режима работы отдельных элементов, узлов, и всей УПБС-3/3,4 выявлено:

Производительность УПБС-3/3,4 по исходному газу составляет 325 · 10<sup>3</sup> м<sup>3</sup>/ч или 86% от проектной производительности (по проекту — 375,0 · 10<sup>3</sup> м<sup>3</sup>/ч).

Давление исходного газа на входе в установку составляет 4,29–4,43 МПа (по проекту 4,7–4,9 МПа), что объясняется снижением давления на входе ГС Шуртан.

Снижение давления на входе установки ниже проектного уровня не позволяет получить необходимый холод для конденсации фракций C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>. Так же влияет на режим

работы сепаратора С-2 и колонны К-1 и приводит к увеличению уноса пропан-бутановой фракции из верхней части аппаратов.

На основании результатов проведенных газоконденсатных исследований и расчетов получено:

Расчетное удельное количество СУГ, извлеченного на УПБС-3/3,4, в период проведения газоконденсатных исследований в среднем составляет 19,513 г/м<sup>3</sup> (на 1,0 м<sup>3</sup> исходного газа).

Расчетное удельное количество стабильного конденсата, извлеченного на УПБС-3/3,4, в период проведения газоконденсатных исследований составляет 5,727 г/м<sup>3</sup> (на 1,0 м<sup>3</sup> исходного газа).

Ожидается, что использование низкотемпературных процессов, основанных на охлаждении газа за счет его расширения в турбодетандерных агрегатах должен обеспечить создание благоприятных условий для развития отрасли, привлечения инвестиций в сферу регионального газоснабжения и прежде всего для модернизации местных газораспределительных сетей, внедрении новых ресурсосберегающих наукоемких технологий.

## Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений: характерные проблемы

Фадеева Галина Дмитриевна, доцент;

Гарькин Игорь Николаевич, аспирант, эксперт по промышленной безопасности ООО ЦНЭПБ «ПРОМТЭК»  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Забиров Али Ильясович, доцент

Пензенская государственная сельскохозяйственная академия

*В статье представлен разбор характерных проблем при проведении экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений, а так же указывается возможные варианты их решений. Статья основана на фактическом материале, который получен опытным путём.*

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, экспертиза, обследования зданий и сооружений.

**В** настоящее время, как и новые, так и реконструированные промышленные здания, эксплуатируются с большой вероятностью обрушения [1]. Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций, и оперативного их устранения, необходимо периодически проводить *экспертизу промышленной безопасности зданий и сооружений*.

Экспертиза промышленной безопасности (ЭПБ) — это оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение. В настоящее время ЭПБ могут проводить экспертные организации, имеющие необходимые разрешительные документы [2], после проведения ЭПБ, по её результатам делается заключение и регистрируется в территориальном органе Ростехнадзора. Такая схема взаимодействия ор-

ганов исполнительной власти и бизнеса, с одной стороны позволяет максимально полно охватить промышленные предприятия для контроля ситуации в области промышленной безопасности, с другой порождает ряд проблем. А именно:

1. Территориальные органы Ростехнадзора при оценке состояния технических устройств, зданий и т. д, опираются на заключение экспертных организаций, которое в свою очередь не всегда отвечает действительности;
2. При выборе организации для проведения ЭПБ, промышленные предприятия часто ориентируются только на стоимость проведения экспертизы, не учитывая качество проведения работ;
3. Не всегда требования ФЗ, ПБ и РД есть возможность исполнить в срок.

Остановимся на каждой проблеме более подробно.

В настоящее время идёт тенденция сокращения штата в государственных структурах, из-за этого на инспекторов Ростехнадзора нагрузка всё возрастает. Даже в относительно небольших областях (к примеру, Пензенская область) существуют сотни функционирующих зданий с зарегистрированными ОПО, не говоря уж о технических устройствах, счёт которых идёт на тысячи. В более промышленно развитых регионах цифры просто огромны. В связи с этим у инспекторов нет даже физической возможности лично осмотреть и проверить состояние строительных конструкций (и состояния технических устройств). Вследствие чего им приходится опираться только на данные экспертизы промышленной безопасности. Здесь возникает следующая проблема, а именно когда для минимизации расходов организации, эксплуатирующих ОПО выбирают экспертную организацию лишь исходя соображения экономии, не рассматривая объективность проведения экспертизы. Конечно, соображения экономии всегда присущи любому предприятию, как в государственном, так и особенно в частном секторе. Но всегда нужно помнить, что безопасность должна стоять на первом месте. Исходя из этого, можно посоветовать обратить при выборе экспертной организации на следующие вещи:

1. Количество положительно утверждённых (зарегистрированных) экспертиз промышленной безопасности в территориальном органе Ростехнадзора;
2. По возможности изучить отзывы контрагентов экспертной организации;
3. Изучить специальные разрешительные документы. Только изучив выше перечисленные документы можно приступать к тендеру (конкурсу и т.д.) на проведение

ЭПБ зданий и сооружений, в котором будут участвовать уже проверенные хорошо зарекомендовавшие себя экспертные организации.

Другое дело, что когда организация добросовестно проводит экспертизу, и в ходе работы выясняется, что, к примеру, строительные конструкции требуют усиления и внепланового капитального ремонта, то экспертной организации зачастую приходится закрывать на это глаза. Т. к. экспертиза считается завершённой, когда все выявленные замечания будут устранены в течение хода проведения экспертизы (3 месяца). Серьёзный ремонт в такой короткий срок невозможно провести даже чисто физически не говоря уж об экономической составляющей вопроса. В тоже время если до конца следовать букве закона, то необходимо остановить производство до устранения замечаний, а такая остановка фактически означает банкротство предприятия. Если же, это скажем объекты городской инфраструктуры, то их остановка невозможна в принципе (котельные и трубы в отопительный сезон [3]). Здесь явное противоречие логики, здравого смысла и федерального закона. Надеемся что данная ситуация рано или поздно заинтересует законотворческие органы власти, общественные объединения и самих экспертных организаций.

При выполнении же, работ по реконструкции и усилению строительных конструкций нужно ориентироваться на надёжность будущей конструкции (и отдельных её элементов) [4], а так же на новые перспективные виды строительных материалов и конструкций [5], [6].

Таким образом, грамотное проведение экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений способствует снижению появления аварийных ситуаций на промышленных предприятиях в различных отраслях народного хозяйства РФ.

#### Литература:

1. Гарькин, И. Н. Анализ причин обрушений промышленных зданий // Мат. междунар. заоч. конф. «Технические науки: проблемы и перспективы» — СПб: Изд-во Молодой учёный 2011 г. с. 27–29.
2. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
3. Кузьмишкин, А. А., Гарькин И. Н. Обследование дымовых промышленных труб [Текст] // Молодой ученый. — 2014. — № 1. — с. 94–95.
4. Нежданов, К. К., Кузьмишкин А. А., Гарькин И. Н. Повышение долговечности неразрезных подкрановых балок: способ снижения локальных напряжений [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 6. — с. 102–104.
5. Гарькин, И. Н., Фолимагина О. В. Нанотехнологии в производстве строительных материалов. Региональная архитектура и строительство — Пенза: ПГУАС. — № 1 (6). 2009 — с. 111–112.
6. Нежданов, К. К., Кузьмишкин А. А., Гарькин И. Н. Перспективные профили для строительных конструкций // Новый университет № 5–6 2013, изд. Коллоквиум, г. Йошкар-Ола с. 14–18

## Прокладка трубопроводов без разрытия траншей

Фетисова Мария Александровна, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Горшков Дмитрий Николаевич, студент;

Страхов Кирилл Александрович, студент

Орловский государственный аграрный университет

Технология бестраншейной прокладки трубопроводов подразумевает подводку различного рода коммуникаций к тем или иным объектам в обход перекапыванию территорий. Это позволяет исключить расходы на восстановление прилегающих территорий, а так же сократить сроки проведения работ. Основным принципом, на котором базируются бестраншейные технологии, является сквозное прохождение через пласты почвы в любом направлении. Методы бестраншейной прокладки подразумевают применение определенной техники, агрегатов, работающих за счет энергии сжатого воздуха. Особенно актуальны такие методы для городской черты, для секторов, с хорошо развитой инфраструктурой. Там, где уже организованы дороги, уложен асфальт, а так же на поверхности имеется множество построек различного рода, вскрывать поверхностные слои и рыть траншеи просто нецелесообразно. Именно поэтому прокладка бестраншейным способом так распространена сегодня.

Прокладка трубопроводов бестраншейным способом может осуществляться следующими способами:

- проколом грунта;
- горизонтально направленное бурение;
- способом металлического футляра (микротоннирование).

Выбор способа обусловлен природными и прочими условиями, такими, как плотность грунта и состав почвы, дальность коммуникаций, диаметр прокладываемых труб.

Прокол грунта производится с помощью специального пневматического пробойника с определенным для каждого вида грунта и прокола наконечником. Для производства работ нет необходимости в том, чтобы рыть большие траншеи, достаточно небольшого руста размером около двух-трех квадратных метров, в который будет погружена установка. Прокол может осуществляться на длину до 20–25 метров с наибольшей точностью и эффективностью, так как управление направлением его во время движения пробойника — невозможно. В случае если нужно

пройти более 30 метров, наиболее актуальным будет метод горизонтального прокола с помощью бурильной машины, так как в этом случае можно наиболее точно пройти намеченное расстояние.

Прокол грунта, в сравнении с траншейной прокладкой, может показаться изначально более дорогостоящей процедурой. Однако это не совсем так. К примеру, есть ситуация, в которой необходимо подвести к строящемуся зданию воду, источник которой лежит в пятидесяти метрах. Однако между зданием и источником воды пролегает городская автодорога. Траншейный метод укладки труб подразумевает вскрытие дорожного полотна, приостановку дорожного движения по шоссе, а так же дополнительные затраты на ремонт дороги в том месте, где осуществлялось ее вскрытие. Прокол методом ГНБ полностью исключает необходимость в таких дополнительных тратах и неудобствах, как приостановка движения и ремонт дорожного полотна. Это и позволяет сэкономить значительную сумму. Такой метод прокола позволяет так же значительно экономить на времени проведения работ. В итоге получается, что прокол грунта оказывается наиболее выгодным, экономичным и «гуманным» по отношению к ландшафту способом подводки коммуникаций бытового или промышленного назначения на любых территориях.

Такой метод весьма актуален в местах, где коммуникации должны пролегать под уже построенными дорогами, путями железнодорожного сообщения. Любой метод земляного прокола позволяет справиться с поставленными задачами на порядок быстрее, а так же дает значительную экономию материальных средств.

Технология горизонтально — направленного бурения буквально за пятнадцать лет завоевала популярность во всем мире. Еще недавно она была инновацией, а теперь используется практически везде. Горизонтально-направленное бурение впервые было опробовано в 70-х годах прошлого века в Калифорнии и уже в 80-х годах появилось в Европе. Тогда оно называлось — «последо-

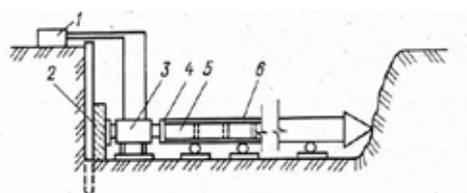


Рис. 1. Схема выполнения прокола: 1 — масляный насос, 2 — опорная конструкция, 3 — гидравлический домкрат, 4 — нажимная плита, 5 — шомпол, 6 — труба

вательно управляемый горизонтальный способ бурения с промывкой».

Первое в Европе горизонтально-направленное бурение было использовано в 1986 году для прокладки кабелей и трубопроводов. В 1987 году по методу ГНБ был совершен первый прокол под офисным зданием. В 1989 году была разработана первая ГНБ-установка, работающая с буровой жидкостью. В 1991 году началось производство больших машин ГНБ. В 1993 году разработана технология затягивания новой трубы в старую при помощи ГНБ с одновременной изоляцией межтрубного пространства. Успешно распространяясь по всему миру, метод, наконец, пришел и в Россию. В 1995 году произошло первое применение установок ГНБ в нашей стране. В настоящее время технология ГНБ завоевала настоящую популярность и с успехом используется по всей стране.

Конструкция установок ГНБ позволяет изменять направление бурения на всем протяжении пилотной скважины. Буровая коронка с гибкой буровой штангой может обходить подземные препятствия сверху, снизу и сбоку. Для изменения направления бурения штанга проталкивается без вращения, при прямолинейном бурении штанга проталкивается с одновременным вращением. Таким образом, буровая нитка изгибается по команде оператора установки. Специальный буровой раствор закачивается в скважину, образуя суспензию с размельченной породой, уменьшающую трение на буровой штанге и головке.

После проходки пилотной скважины устанавливается расширитель обратного действия, который протягивается с вращением, расширяя пилотную скважину. Одновременно протягивается трубопровод. Проходка выполняется с помощью установки ГНБ и включает следующие три этапа:

1. Устройство пилотной скважины. Буровая головка, которой выполняется бурение на этом этапе, снабжена навигационной системой, позволяющей задавать и контролировать направление бурения.

2. Расширение скважины до необходимого диаметра. Выполняется расширителем обратного действия, который проходит через пилотную скважину в сторону буровой установки и увеличивает ее.

3. Протягивание трубопровода. Установка затягивает трубу при обратном движении в направлении стартового котлована. Преимущества ГНБ перед традиционным траншейным методом неоспоримы. Буровые комплексы ГНБ, не нарушая покрытия, проходят все наземные и подземные препятствия: районы плотной жилой застройки, автотрассы, железнодорожное полотно, реки, дамбы, каналы, без нарушения режима их функционирования.

Способ продавливания футляра стального (микротоннелирование), заключается в следующем, пневмоударная машина располагается на стартовом лафете рабочего котлована. К машине через систему специальных насадок закрепляется стальная труба, которая забивается в грунт. После того как труба или её часть уже забита, машина отсоединяется, к уже забитой части футляра приваривается новая секция, и машина вновь прикрепляется уже к наращенной трубе, и все повторяется, пока стальной футляр не будет забит на всю требуемую длину. После того как труба забита, её очищают при помощи сжатого воздуха от того же компрессора. Стальные футляры небольшого диаметра (до 20 см) забиваются с закрытым концом и прочистки не требуют.

Преимущества метода прокладки коммуникаций в стальном футляре:

- возможен широкий диапазон диаметров прокладываемых футляров,
- для продавливания стальных футляров не требуется опорная стенка, рабочим котлованом может служить существующая траншея, это значительно сокращает сроки и стоимость подготовительных работ;
- малые габариты и небольшой вес оборудования позволяют прокладывать футляры из подвалов зданий, где невозможно использование грузоподъемной техники;
- забивание стальных футляров часто оказывается эффективнее других методов (а зачастую, единственно возможным) при работах в слабых грунтах и плывунах, при забивании трубы таким способом исключены провалы грунта при дальнейшей эксплуатации трубопровода;
- прокладка труб в стальном футляре защитит любые коммуникации от разрушительного воздействия окружающей среды.

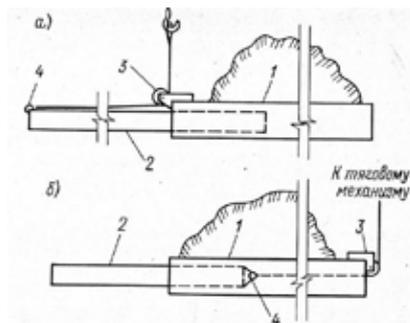


Рис. 2. Способы прокладки труб в футляре: а — проталкивание, б — протаскивание, 1 — футляр, 2 — рабочий трубопровод, 3 — устройство с блоком, 4 — захватное устройство

Прокладка трубопроводов канализации в стальном футляре применяется при необходимости прохождения подземных коммуникаций под железными или автомобильными дорогами. В этом случае стальной футляр является защитным кожухом. Наибольшее распространение технология получила при устройстве самотечных канализаций, требующих четкого соблюдения прямых линий и углов уклона, в ненадежных грунтах и пльвунах.

Бестраншейный способ прокладки труб определяется специалистами. Сначала производится геологическая разведка, специалисты определяют плотность грунта, наличие твердых пород и прочих примесей. Затем определяется дистанция, которую необходимо будет пройти. Уже после этого подбирается соответствующий метод.

Бестраншейные технологии прокладки труб исклю-

чают возможность просадки грунта, также они дают человеку возможность работать в таких местах, в которых ранее провести коммуникации представлялось просто невозможным.

Установки для горизонтального направленного бурения несколько больших размеров, конечно, однако это не сравнится с тем количеством техники и людей, которые задействованы в организации траншей под коммуникации и трубопроводы различного типа.

Но все же главным плюсом является то, что бестраншейные технологии прокладки труб позволяют беспрепятственно проходить под дорогами, готовыми постройками, путями железнодорожного сообщения, небольшими водоемами и прочими преградами, с которыми можно было бы столкнуться на поверхности.

#### Литература:

1. Вильман, Ю. А. Технология строительных процессов и возведение зданий. Современные прогрессивные методы: Учебное издание. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005 г. — 336 с.
2. Бреннер, В. А. [и др.]. Щитовые проходческие комплексы. М.: Изд-во «Мир горной книги», 2009. 447 с.
3. Бондаренко, И. С., Баранникова И. В. Анализ факторов, влияющих на выбор технологии строительства коммуникационного тоннеля // Горный информ.-аналит. бюл. Вып. № 10: Информатизация и управление-1. 2008. с. 124–129.
4. Ишин, А. В., Корчак А. А. Анализ факторов, влияющих на эколого-экономическую эффективность использования подземного пространства реконструируемых городских территорий // Горный информ.-аналит. бюл. Вып. № 9. 2009. с. 165–170.

## О построении структурных линий рельефа

Хаитов Бафо Усманович, кандидат технических наук  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье приведено описание структурных линий рельефа и их математическая интерпретация для последующего цифрового и геометрического моделирования.*

**Ключевые слова:** горизонтали, линии наибольшего ската, водоразделы, тальвеги, линии изохрон.

Большинство инженерных задач, связанных с проектированием поверхности для строительства инженерных сооружений, градостроительства, ландшафтной архитектуры, сельскохозяйственной мелиорации связано с анализом и преобразованием геометрических данных топографической поверхности (ТП). Построение сети специальных линий на ТП необходимо в практике проектирования. На современном уровне имеются следующие типы структурных линий ТП:

- профильные сечения;
- горизонтали поверхности (изолинии);
- линии наибольшего ската;
- линия водораздела (линия хребта);
- линия тальвега (водослив);

Современные ГИС-программы имеют возможность автоматизации построения профильных сечений и гори-

зонтальных линий поверхности по предварительно заданным параметрам, но не имеется возможности автоматизированного построения линий наибольшего ската, водораздела, тальвега. Очевидно, проблема состоит в нерешенности определений данных терминологий, что создает проблемы при их программировании. Построение профильных сечений и изолиний в ГИС-программах рассматривается как пересечение плоскости с некоторым множеством — интерполяционной поверхностью, заданной матрицей  $X, Y, Z$  данных.

Если рассматривать ТП как некоторое множество, то следует установить определения структурных линий на базе подмножеств, классов.

Для ТП выделение одного класса подмножества основывается на условии выделения базового класса. Следует определить тот базовый класс подмножества, ко-

торый впоследствии будет основой для выделения других классов.

**Подмножество 1-го класса.** Множество ТП имеет подмножество совокупности всех точек одного уровня  $h$  (значения  $Z$ ), которое определяет горизонтальную плоскость, пересекающую множества и образующую плоскую кривую.

Данная плоская кривая называется горизонтальной линией и ГИС-программы, очевидно, основываются на данном определении при построении изолиний.

Несколько элементов подмножества данного класса составляют некоторое семейство. Условием создания семейства является:

$$h_n - h_{n-1} = h (const.),$$

что устанавливает параметр — уровень проведения изолиний.

**Подмножество 2-го класса.** Интерполяция точек, расположенных в семействе подмножества 1-го класса с наименьшим интервалом между уровнями  $h_n, h_{n-1}, \dots, h_0$  является линией, называемой «линия наибольшего ската» [1–4], «линия падения» [4].

Условие «с наименьшим интервалом» устанавливает направление нормали между двумя уровнями. Условие  $h_n, h_{n-1}, \dots, h_0$  устанавливает последовательность направления нормали в убывающем порядке.

**Подмножество 3-го класса.** Интерполяция точек, расположенных в семействе подмножества 1-го класса в положительных дугах максимальной кривизны между уровнями  $h_n, h_{n-1}, \dots, h_0$  является линией, называемой «водораздел», «линия хребта» [4].

Условие «в положительных дугах» выделяет дуги, центры которых принадлежат множеству ТП.

$h_n, h_{n-1}, \dots, h_0$  — условие последовательности действий.

**Подмножество 4-го класса.** Интерполяция точек, расположенных в семействе подмножества 1-го класса в отрицательных дугах максимальной кривизны между уровнями  $h_n, h_{n-1}, \dots, h_0$  является линией, называемой «водослив», «тальвег» [4] (Рис. 1).

Условие «в отрицательных дугах» выделяет дуги, центры которых не принадлежат множеству ТП, они расположены за пределами поверхности.

$h_n, h_{n-1}, \dots, h_0$  — также условие последовательности действий.

Водораздел и тальвег являются частными случаями линии наибольшего ската. Выделение подмножеств 3-го и 4-го класса из множества ТП выделяет так называемые особые линии поверхности.

**Особенность 1.** Водяные струи, распределяясь по поверхности, всегда стремятся от линии водораздела к линии водослива [4].

**Особенность 2.** В узлах линии водораздела могут иметься три и более нормали, направленных к нижнему уровню (рис. 1, точка W).

**Особенность 3.** В окрестностях тальвега имеются линии наибольшего ската, примыкающие к нему и образующие пучок линий (Рис. 1 точка S).

Так как линии наибольшего ската, по сути, являются траекториями движения некоторой материальной точки по поверхности, то выделение подмножеств по вышеуказанным определениям способствуют выделению другого, пятого класса.

**Подмножество 5-го класса.** Интерполяция точек семейства подмножества 2-го класса (линии наибольшего ската) в заданном промежутке вре-

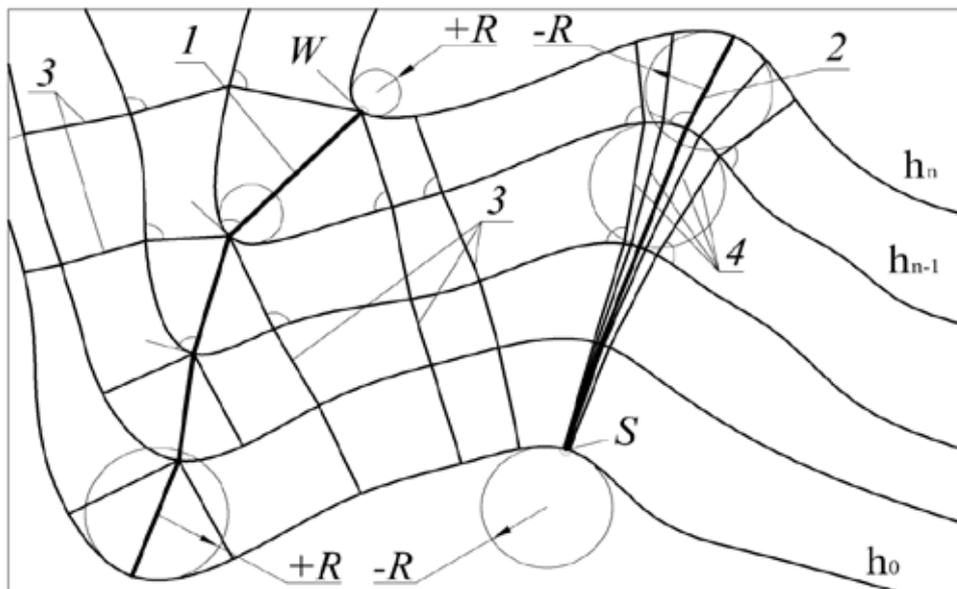
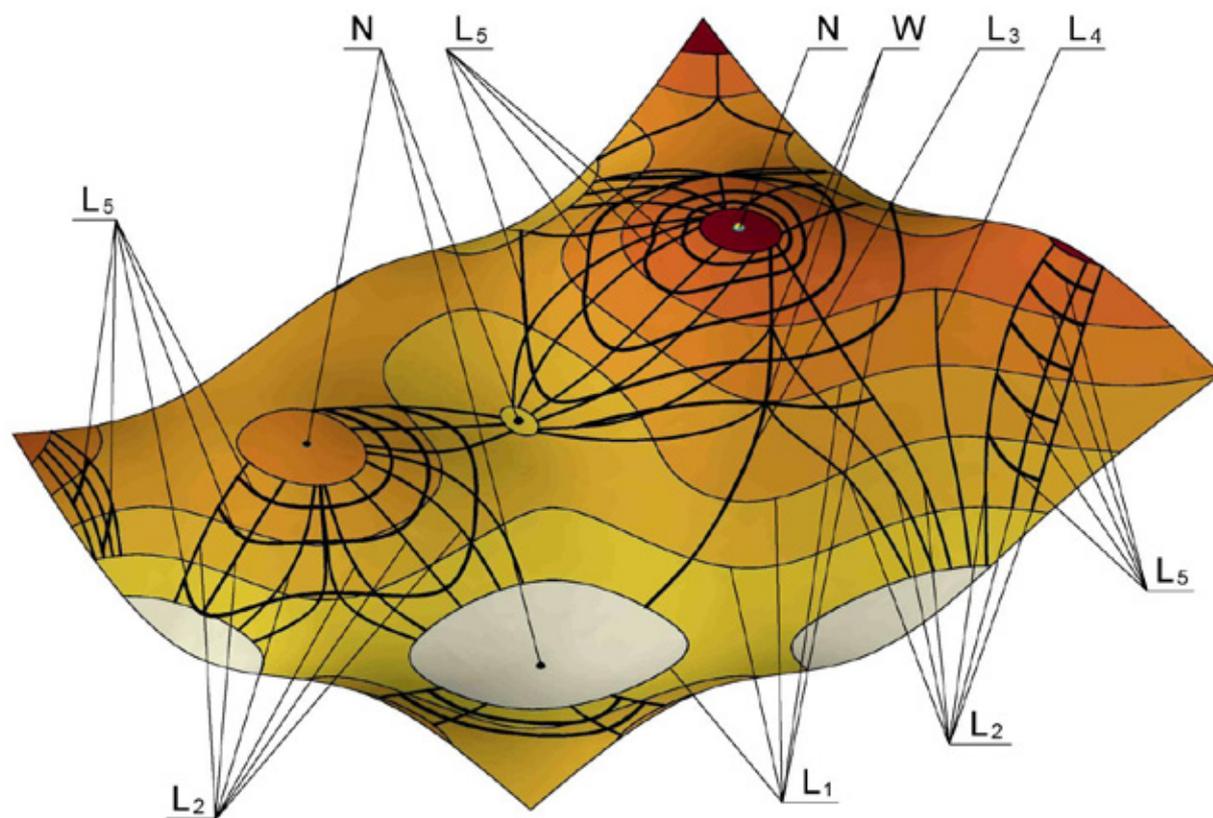


Рис. 1. Особые линии поверхности: 1 — Водораздел; 2 — Тальвег; 3,4 — линии наибольшего ската. W — перекресток линий наибольшего ската; S — пучок линий наибольшего ската



**Рис. 2. Построение сети специальных линий ТП. N — критическая точка; W — перекресток; L1 — горизонтали; L2 — линии наибольшего ската; L3 — водораздел; L4 — тальвег; L5 — линии изохрон**

мени является линией, называемой «линия изохрон», «линия равного добегания».

Этот класс подмножества выделяет узлы интерполяции на линиях наибольшего ската, при этом условием выделения является пройденный путь материальной точки за определенный промежуток времени. Следует отметить, что нужно выбрать стартовую линию для начала отсчета, каковым является изолиния высшего порядка. Если рассматривать материальную точку как некоторую массу воды,

то очевидно линия изохрон определит линию равного добегания воды по поверхности, что наиболее важно при решении инженерных задач, связанных с проектированием водоотводной сети с поверхности, определением участков, наиболее подверженных водной эрозии и т. д. (Рис. 2)

ЦМР, построенная по вышеуказанным специальным линиям ТП, является наиболее информативной для решения ряда инженерных задач, связанных с проектированием проектной поверхности.

Литература:

1. Крылов, Н. Н. и др. Начертательная геометрия. — М.: Высшая школа, 1990. — с. 79–103.
2. Фролов, С. А. Начертательная геометрия. — М.: Машиностроение, 1978. — с. 30–92.
3. Климухин, А. Г. Начертательная геометрия. — М.: Стройиздат, 1973. — с. 50–68, 89–92.
4. Брилинг, Н. С. Строительное и топографическое черчение. — М.: Просвещение, 1980. — с. 140–167.

## Геометрическое моделирование рельефа для задач выбора оптимальной проектной поверхности и водоотведения

Хаитов Бафо Усманович, кандидат технических наук  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье изложено преимущество выбора проектной поверхности на основе структурных линий рельефа в инженерно-проектных задачах вертикальной планировки, водоотведения.*

**Ключевые слова:** проектная поверхность, рельеф, структурные линии, линии изохрон.

В современной практике инженерного проектирования задачи связанные с вертикальной планировкой — преобразованием рельефа местности в проектную поверхность (ПП) ведутся на основе ГИС технологий, имеющие различные условия визуализации. Цифровые модели рельефа (ЦМР) для инженерных задач визуализируются на основе структурных линий — это изолинии, водоразделы, тальвеги и т. д.

Под цифровой моделью географического объекта понимается определенная форма представления исходных данных и способ их структурного описания, позволяющий «вычислять» (восстанавливать) объект путем интерполяции, аппроксимации или экстраполяции [1].

Решение инженерных задач, связанных с вертикальной планировкой и водоотведением базируются на структурных линиях рельефа. Они несут различную информацию о количественно-качественных характеристиках рельефа. Для определения оптимальных границ участка ПП известные структурные линии оказываются недостаточными. Для решения поставленной задачи требуются дополнительные структурные линии — линии изохрон, линии равного добега [2]. Они несут информацию об ускорении материальных частиц по по-

верхности. Если уклоны на участках поверхности равномерны, то линии изохрон свидетельствуют о возможности преобразования данного участка к наклонной плоскости и границ ее приемлемости [3]. Очевидно, что изолинии поверхности не способствуют для оптимального выбора проектной поверхности, в связи с этим на данное время востребована новая модель рельефа, более полноценная для выбора оптимальной ПП. Математические расчеты объема земляных работ оптимальны лишь при условии, если выбранный участок способствует к проектированию под одну наклонную плоскость. Задача усложняется, если на предлагаемом участке требуется проведение ПП под ряд наклонных плоскостей для водоотведения. Становятся востребованными структурные линии несущие информацию об уклонах поверхности (Рис. 1).

В предлагаемой новой модели информация об изолиниях преобразована в шкалу высот (на рисунке справа), по цветам шкалы сопоставляются высотные данные. Под масштабной линейкой приведена информация об образовании линий изохрон.  $t_1=10$  означает стартовое время начинающее с десятой единицы и последующие линии изохрон образуются с интервалом 5 единиц. Измеряя из произвольного участка интервалы линий изо-

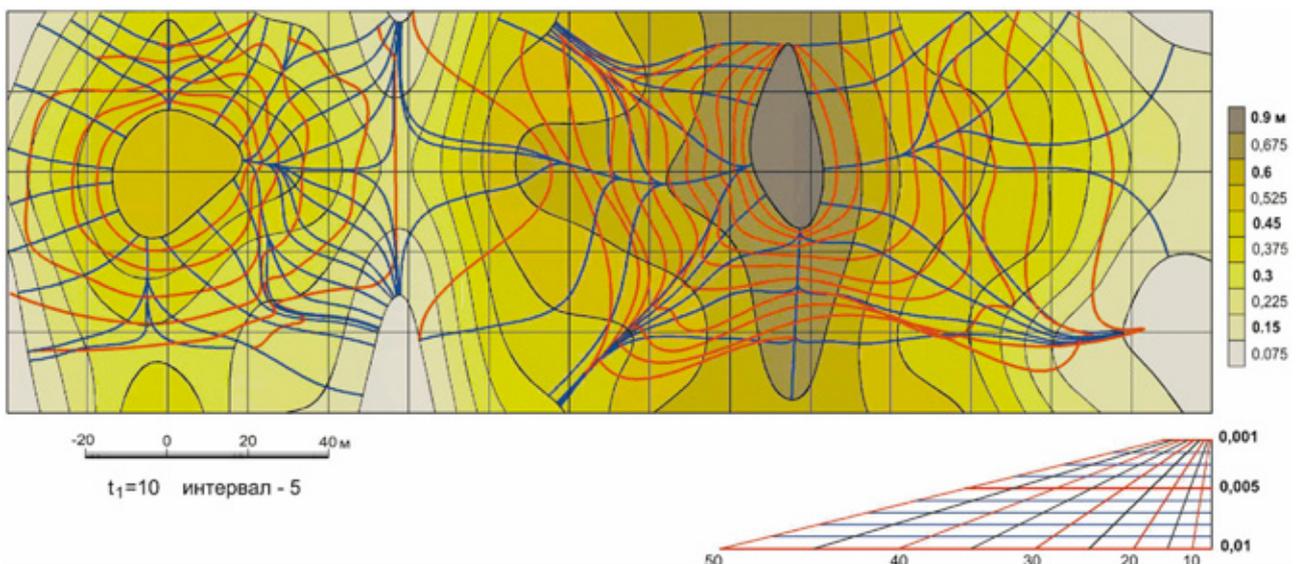


Рис. 1. Предлагаемая новая модель рельефа дополненная линиями изохрон

хрон следует сопоставить их со строкой предлагаемой номограммы (в нижнем углу справа) и определить общий уклон данного участка по вертикальной шкале. Следует отметить что номограмма позволяет определить малые наклоны в пределах  $0,01 \div 0,001$ .

Для выбора оптимальной ПП линии водораздела и тальвега являются продольной границей, а изохроны определяют протяженность участка и являются поперечной границей относительно уклона местности.

По структурным линиям можно определить наиболее оптимальное положение границ проектной поверхности.

Особое значение они имеют при выборе проектной поверхности под ряд наклонных плоскостей в условиях сложной местности (Рис. 2).

При исследовании линий изохрон следует обратить внимание на расстояние между линиями и интенсивности их изменений. Если интервал между линиями равномерно растущий и относительно других участков поверхности имеет малые интервалы (Рис. 3 участок 1), то данный участок поверхности имеет самый малый уклон по отношению к другому (участок 2) который имеет также, интенсивный рост но, с более значительными интервалами.

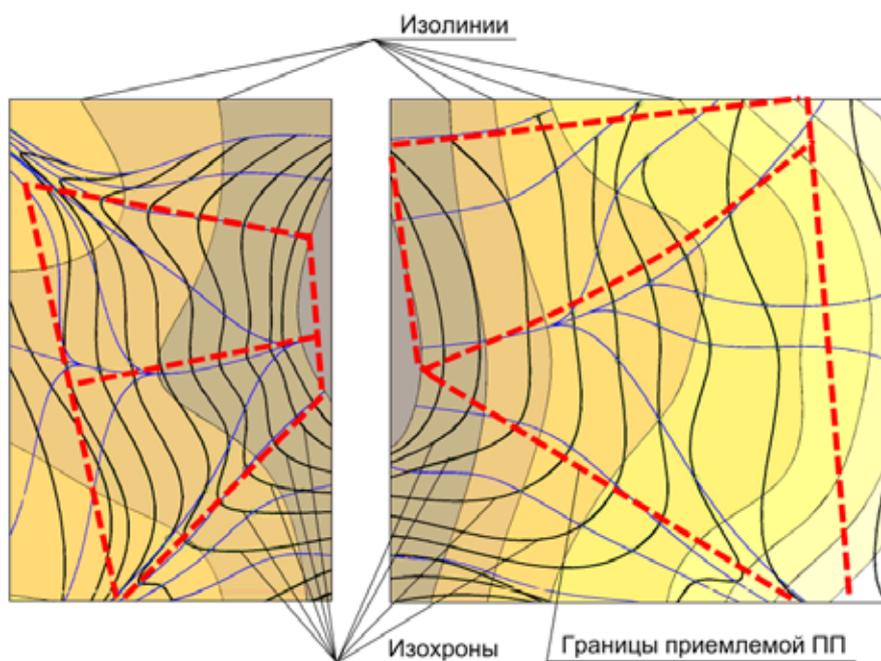


Рис. 2. Изохроны поверхности

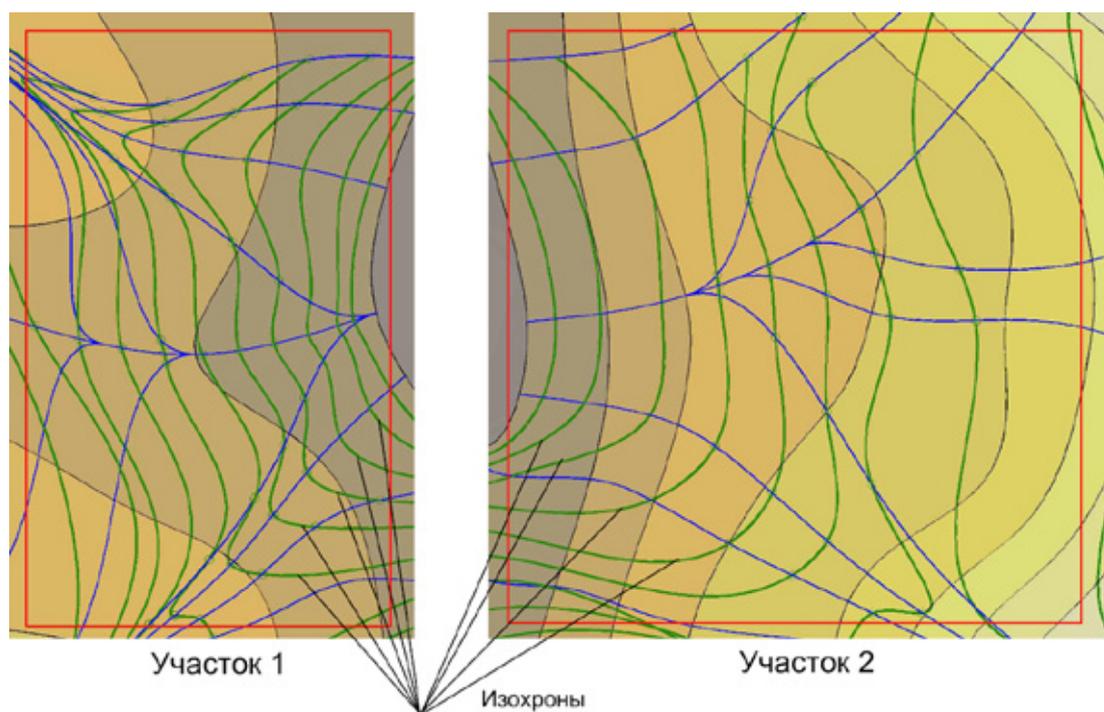


Рис. 3. Изохроны поверхности

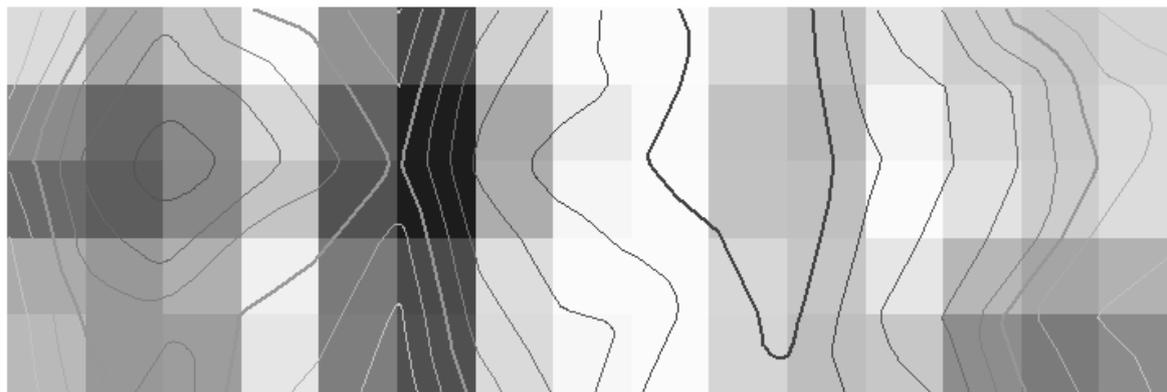


Рис. 4. Картограмма сложности рельефа

Можно подтвердить вышесказанное сравнивая обе участки отношением количества горизонталей на изохрон: на первом участке  $3/11=0.272$ , во втором  $7/8=0.875$ . Имея в виду что, на горизонтальной плоскости количество линий изохрон равны нулю, то первый участок имеет наименьший уклон по отношению ко второму.

Анализируя данную поверхность с помощью программного приложения «Сложность рельефа» можно подтвердить итоги визуально, так как программа обеспечивает визуализацию сложности участков поверхности в виде картограммы (Рис. 4) [4,5].

Сравнивая картограмму сложности рельефа с предлагаемой топографической картой, можно убедиться, что темные пятна картограммы образуются именно на линиях водораздела и тальвега, а линии изохроны предлагаемой карты имеют деградацию в этих участках. Также заметны, относительно спокойное развитие линий изохрон карты в светлых участках картограммы.

Предлагаемая модель рельефа на базе структурных линий является наиболее информативной по отношению к топографическим картам. Также она способствует выбору различных вариантов решения задач водоотведения.

#### Литература:

1. Мусин, О. Р. Цифровые модели для ГИС // Информационный бюллетень. ГИС-Ассоциация. 1998. №4 (16). С. 30.
2. Хаитов, Б. У. Геометрический способ построения линий изохрон на топографической поверхности // Межвузовский научно-технический сборник. — Киев, 2010. — Вып. 83. — с. 173–176.
3. Хаитов, Б. У. Изохронный анализ топографической поверхности // САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами. Сб. науч. трудов. — Ташкент: НИЦ МКВК, 2010. — с. 188–191.
4. Хаитов, Б. У. Геометрическое и цифровое моделирование степени сложности рельефа // Прикладна геометрія та інженерна графіка: Межвузовский научно-технический сборник. — Киев, 2010. — вып. 85. — с. 227–231.
5. Хаитов, Б. У. Цифровое моделирование рельефа для инженерно-проектных задач вертикальной планировки // Научный журнал «Молодой ученый». — Казань, 2014. — №1 (60). — с. 131–135.

## Методы планирования эксперимента в аппроксимации функций многих переменных

Хнаев Олег Анатольевич, студент;  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Приводится практическая реализация методов планирования эксперимента при составлении аппроксимационной модели функций многих переменных.*

**Ключевые слова:** имитаторы динамики полета, аэродинамические коэффициенты функции многих переменных, аппроксимационные модели, методы планирования эксперимента.

При разработке авиационных тренажеров используется таблично-графическое представление функций многих переменных, в частности, аэродинамических коэффициентов [1...4]. Для уплотнения данных можно воспользоваться аппроксимационными моделями. Ниже приводится один из возможных методов аппроксимации с использованием методов планирования эксперимента [5].

Рассмотрим функцию  $\chi = \chi(y, m, z, p, n, k)$ . В результате анализа представленной информации удалось выявить переменные  $m, z, k$ , принимающие только два значения (нижний и верхний уровни; используются индексы «н» и «в» соответственно).

Введем

$$m_0 = \frac{m_n + m_v}{2}, z_0 = \frac{z_n + z_v}{2}, k_0 = \frac{k_n + k_v}{2};$$

$$I_m = m_v - m_n, I_z = z_v - z_n, I_k = k_v - k_n;$$

$$\tilde{m} = \frac{m - m_0}{I_m}, \tilde{z} = \frac{z - z_0}{I_z}, \tilde{k} = \frac{k - k_0}{I_k}.$$

Предполагается:

$$m_n = 0,15, m_v = 0,4; z_n = 20, z_v = 35; k_n = 0, k_v = 32;$$

$$m_0 = 0,275, I_m = 0,125; z_0 = 27,5, I_z = 7,5; k_0 = 16, I_k = 16.$$

Кодированные значения нижних и верхних уровней переменных будут равны  $\tilde{m}_n, \tilde{z}_n, \tilde{k}_n = -1, \tilde{m}_v, \tilde{z}_v, \tilde{k}_v = +1$ , а для центра эксперимента —  $\tilde{m}_0, \tilde{z}_0, \tilde{k}_0 = 0$ .

Будем искать аппроксимационную модель в виде

$$\chi = a_0(y, p, n) + a_m(y, p, n)m + a_z(y, p, n)z + a_k(y, p, n)k.$$

Воспользуемся ортогональной матрицей планирования (вид в натуральных переменных — табл.1). Следствием ротатабельности матрицы является равная точность линейной модели во всех направлениях относительно центра  $(m_0, z_0, k_0)$ .

Таблица 1. Матрица планирования

№ опыта	$m$	$z$	$k$	$\chi(y, p, n)$
1	0,15	20	0	$\chi_1$
2	0,4	20	0	$\chi_2$
3	0,15	35	0	$\chi_3$
4	0,4	35	0	$\chi_4$
5	0,15	20	32	$\chi_5$
6	0,4	20	32	$\chi_6$
7	0,15	35	32	$\chi_7$
8	0,4	35	32	$\chi_8$

В кодированных переменных получим модель вида

$$\chi(y, \tilde{m}, \tilde{z}, p, n, \tilde{k}) = \tilde{a}_0(y, p, n) + \tilde{a}_m(y, p, n)\tilde{m} + \tilde{a}_z(y, p, n)\tilde{z} + \tilde{a}_k(y, p, n)\tilde{k};$$

$$\tilde{a}_0(y, p, n) = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \chi_i(y, p, n),$$

$$\tilde{a}_m(y, p, n) = \frac{1}{8} [(\chi_2 + \chi_4 + \chi_6 + \chi_8) - (\chi_1 + \chi_3 + \chi_5 + \chi_7)],$$

$$\tilde{a}_z(y, p, n) = \frac{1}{8} [(\chi_3 + \chi_4 + \chi_7 + \chi_8) - (\chi_1 + \chi_2 + \chi_5 + \chi_6)],$$

$$\tilde{a}_k(y, p, n) = \frac{1}{8} [(\chi_5 + \chi_6 + \chi_7 + \chi_8) - (\chi_1 + \chi_2 + \chi_3 + \chi_4)]$$

Переходя к натуральным переменным, получим

$$\chi(y, m, z, p, n, k) \approx a_0 + a_m m + a_z z + a_k k;$$

$$a_0 = \tilde{a}_0(y, p, n) - \frac{m_0}{I_m} \tilde{a}_m(y, p, n) - \frac{z_0}{I_z} \tilde{a}_z(y, p, n) - \frac{k_0}{I_k} \tilde{a}_k(y, p, n),$$

$$a_m = \frac{1}{I_m} \tilde{a}_m(y, p, n), \quad a_z = \frac{1}{I_z} \tilde{a}_z(y, p, n), \quad a_k = \frac{1}{I_k} \tilde{a}_k(y, p, n).$$

При фиксированных значениях  $p$  и  $n$  коэффициенты модели будут функциями одной переменной  $y$  (табл. 2).

Таблица 2. Значения коэффициентов при  $p=40$  и  $n=20$

$y$	0,5	0,7	1,0	1,1
$a_0$	0,0697	0,0620	0,0543	0,0354
$a_m$	0,0100	0,00650	0,0110	0,0380
$a_z$	-0,00063	-0,00036	0,00025	0,0013
$a_k$	0,00033	0,000707	0,00128	0,00136

В дальнейшем после аппроксимации коэффициентов  $a_0(y), a_m(y), a_z(y), a_k(y)$  полиномами Лагранжа была получена модель

$$\chi = a_0(y) + a_m(y)m + a_z(y)z + a_k(y)k,$$

$$a_0(y) = -0,73y^3 + 1,63y^2 - 1,2y + 0,354,$$

$$a_m(y) = 0,954y^3 - 2,03y^2 + 1,38y - 0,292,$$

$$a_z(y) = 0,033y^3 - 0,0712y^2 + 0,0509y - 0,0124,$$

$$a_k(y) = -0,00471y^3 + 0,0104y^2 - 0,00547y + 0,00105.$$

Если полученные модели в выбранных интервалах варьирования факторов окажутся не адекватными, то возможны их уточнения с учетом эффектов взаимодействия (табл.3):

$$\chi = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_m \tilde{m} + \tilde{a}_z \tilde{z} + \tilde{a}_k \tilde{k} + \tilde{a}_{mz} \tilde{m} \tilde{z} + \tilde{a}_{mk} \tilde{m} \tilde{k} + \tilde{a}_{kz} \tilde{k} \tilde{z}.$$

Таким образом, для фиксированных значений  $p$  и  $n$  по матрицам планирования будет осуществлена аппроксимация функции  $\chi = \chi(y, m, z, p, n, k)$ , как функции четырех переменных.

Если используются полиномы Лагранжа второго порядка, то аппроксимационные модели для случая  $p=0, n=20$  имеют вид:

$$\tilde{a}_0 = 0,541y^2 - 0,514y + 0,125,$$

$$\tilde{a}_m = 0,148y^2 - 0,156y + 0,034,$$

$$\tilde{a}_z = 0,104y^2 + 0,0965y + 0,018,$$

$$\tilde{a}_k = -0,0072y^2 + 0,00272y - 0,0056,$$

$$\tilde{a}_{mz} = 0,0221y^2 - 0,0175y + 0,0049,$$

$$\tilde{a}_{mk} = 0,0246y^2 - 0,0268y + 0,0057,$$

$$\tilde{a}_{zk} = 0,0171y^2 - 0,019y + 0,0043.$$

Приведенная методика эффективно использовалась для подготовки баз данных имитаторов динамики полета (уточнение на каждом шаге интегрирования начальных условий задачи Коши при решении уравнений динамики полета методом Рунге-Кутты).

Литература:

1. Andreev, A. N., Danilov A. M., Klyuev B. V., Lapshin E. V., Blinov A. V., Yurkov N. K. Information models for designing conceptual broad-profile flight simulators/Measurement Techniques. August 2000. — Vol. 43. Issue 8. — P. 667–672.
2. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Иващенко Н. Ю. Аппроксимация таблично-графически заданных функций: модели аэродинамических коэффициентов/Московское научное обозрение. — №3 (31). — 2013. — с. 9–18.
3. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Домке Э. Р. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 296 с.
4. Будылина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Сухов Я. И. Некоторые подходы к анализу и синтезу сложных систем/Молодой ученый. — №10 (57). — 2013. — с. 105–107.
5. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Прошин А. П., Соколова Ю. А. Планирование эксперимента. Обработка опытных данных: монография. Под ред. проф. А. М. Данилова. — М.: Палеотип. — 2005. — 272 с.

## Электропечь для обжига керамики и огнеупоров

Шибек Роман Владимирович, старший преподаватель;

Соколов Евгений Олегович, студент

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

*Описывается электропечь для обжига керамики и огнеупоров, которая представляет собой печь конвейерного типа с тремя внутренними секциями. Для экономии энергии 1 и 3 секции соединяются воздуховодом. Сквозь печь, проходит конвейер с поддонами, на которые ставятся детали для обжига массой до 30 кг. Контроль за процессом обжига осуществляет микроконтроллерная система. Режимы обжига задаются клавиатурой и отображаются на ЖК-дисплее.*

**Ключевые слова:** печь, керамика, огнеупоры, микроконтроллер, секции обжига.

Слово керамика (от греческого *keramos* — глина) происходит из греческого языка, и в узком смысле обозначает глину, прошедшую обжиг. Однако современное использование этого термина расширяет его значение до включения всех неорганических неметаллических материалов.

Исторически керамические изделия были жёсткими, пористыми и хрупкими. Изучение керамики приводит к разработке все новых и новых методов для решения данных проблем, уделяя особое внимание сильным сторонам материалов, а также и необычному их использованию.

Материал и технология, которые используются как в декоративно-прикладном искусстве (разнообразные сосуды, мелкая пластика), так и в скульптуре (рельефы, статуэтки), в монументальном искусстве (панно), в строительстве (кирпич, черепица, изразцы). Керамика известна с глубокой древности и является, возможно, первым созданным человеком материалом. Время появления керамики относят к эпохе мезолит и неолита. Различными видами керамики являются терракота, майолика, фаянс, каменная масса, фарфор.

Область применения керамики. Созданы типы керамики, которые можно использовать в самых разных областях промышленности. Так, керамическую основу спрессовывают и спекают с металлической пудрой. В результате получается жаростойкий материал, называемый керметом. Керметы используют для изготовления головных обтекателей и теплоизоляционных покрытий космических челноков, деталей ракетных и реактивных двигателей. Керамические де-

тали автомобильных двигателей намного легче, прочнее и долговечней чем металлические.

Некоторые виды керамики, содержащие оксид меди, являются сверхпроводниками при сверхнизких температурах. Сейчас ученые разрабатывают аналогичные сверхпроводники и для более высоких температур. В строительстве широко применяется цемент — один из видов керамики, сырьем для которого служат глина и известняк, смешанный с водой.

Огнеупорные материалы — это материалы применяемые для проведения металлургических процессов (плавка, отжиг, обжиг, испарение и дистилляция), конструирования печей, высокотемпературных агрегатов (реакторы, двигатели, конструкционные элементы и др.). Огнеупорные материалы отличаются повышенной прочностью при высоких температурах, химической инертностью. По составу огнеупорные материалы это керамические смеси тугоплавких окислов, силикатов, карбидов, нитридов, боридов. В качестве огнеупорного материала применяется углерод (кокс, графит). В основном это неметаллические материалы, обладающие огнеупорностью не ниже 1580°C, применяются практически везде, где требуется ведение какого-либо процесса при высоких температурах.

Представляется электропечь для обжига керамических изделий. Печь представляет собой устройство конвейерного типа с тремя внутренними секциями, каждая из которых имеет размер 1,5x1,5x1,5 м. Печь имеет сзади, спереди и внутри между секциями закрываемые дверцы.

Сквозь печь, а также по 5 м. до и после печи проходит конвейер с поддонами, на которые ставятся детали для обжига массы до 30 кг. на поддон. На боковой поверхности печи расположены ЖК-дисплей и клавиатуры при помощи которых задается следующие параметры:

- температура в первой секции предварительного прогрева;
- время выдержки изделия в первой секции;
- температура во второй секции основного обжига;
- время выдержки изделия во второй секции;
- температура третьей секции медленного остывания;
- время выдержки изделия в третьей секции;
- количество обжигаемых изделий.

Нагревательные элементы расположены во всех трех секциях. Однако внутри секции основного обжига расположен вентилятор, который включается, если разница температур внутри секции достигается 1°C. Также первая и последняя секция соединены воздуховодом, оснащенный задвижками и вентилятором. Данные устройства позволяет тепло остывающих изделий частично передавать для нагрева прогреваемых изделий.

Ввод данных производится при помощи клавиатуры:

-  - перемещение курсора по строке;
-  - перемещение курсора на следующие строки;
-  - увеличение и уменьшение числовых значений величины.

Перемещение курсора циклично. Диапазон задаваемых температур для первой и третьей камеры от 100 до 5000С, а для второй от 5000С до 10500С, с шагом 10С. Факт входа изделия в первую секцию фиксируется фотодатчиком.

На рис. 1 изображен вид дисплея, который расположен на боковой стенке печи.

<b>ТЕМПЕРАТУРА I СЕКЦИИ</b>	<b>230°C</b>
<b>ВРЕМЯ ВЫДЕРЖКИ</b>	<b>10 мин 40 сек</b>
<b>ТЕМПЕРАТУРА II СЕКЦИИ</b>	<b>650°C</b>
<b>ВРЕМЯ ВЫДЕРЖКИ</b>	<b>10 мин 20 сек</b>
<b>ТЕМПЕРАТУРА III СЕКЦИИ</b>	<b>300°C</b>
<b>ВРЕМЯ ВЫДЕРЖКИ</b>	<b>20 мин 40 сек</b>
<b>ЧИСЛО ИЗДЕЛИЙ</b>	<b>10</b>

Рис. 1. Вид дисплея

Система информирует персонал об окончании обжига отдельного изделия и всей партии, так же об аварийных ситуациях:

- не закрываются (не открываются) дверцы на входе (выходе) секции;
- не закрываются (не открываются) задвижки воздуховода между первой и третьей секции;
- не работает вентилятор;
- не движется конвейер;
- не достигается заданная температура в секции (не работает нагревательный элемент);
- не следующего изделия на конвейере.

Информирование идет звуковым способом и на дисплее. На рис. 2 представлена структурная схема системы.

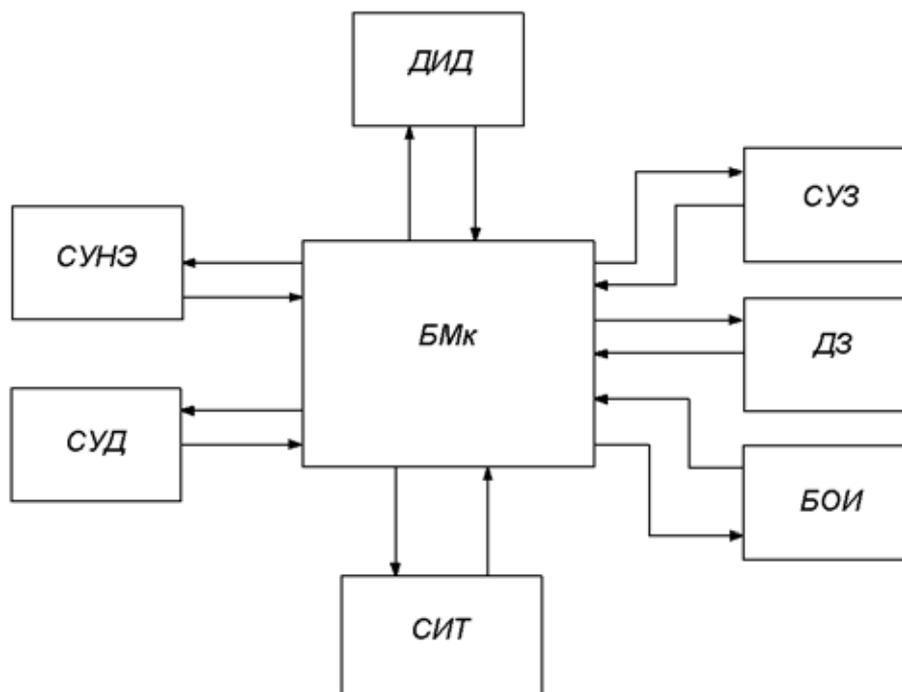


Рис. 2. Структурная схема системы

Структурная схема системы состоит из блоков:

- СУНЭ — схема управления нагревательными элементами;
- СУД — схема управления двигателями;
- СИТ — схема измерения температуры;
- ДИД — датчики исправности двигателей;
- СУЗ — схема управления задвижками воздуховода;
- ДЗ — датчик положений задвижек;
- БОИ — блок отображения информации;
- БМк — блок микроконтроллера.

Функциональная схема представлена на рис. 3 и состоит из блоков:

- Т — таймер реального времени;
- ФД 1 ÷ 3 — фотодатчики секции;
- ДТ 1С, 2С, 3С — датчик температуры секций;
- ДЗД 1,2,3,4 — датчик закрытия дверей;
- ДОД 1,2,3,4 — датчик открытия дверей;
- ДОЗд — датчик открытия задвижек воздуховода;
- ДЗЗд — датчик закрытия задвижки воздуховода;
- Н — нагревательный элемент;
- LCD — жидко-кристаллический дисплей;
- К — клавиатура;
- ШД — шинный драйвер;
- ТК — транзисторный ключ;

- РГд — регистр обслуживания двигателей;
- ДЗ — драйвер звука;
- УВХ — устройство выборки и хранения;
- СНС — схема начального сброса;
- ДК — двигатель конвейера;
- ДД1-4 — двигатели дверцы 1,2,3,4;
- ЭК — электронный коммутатор;
- РГэл — регистр электронного коммутатора;
- ДЗ — двигатель задвижек;
- ДВ2С — двигатель вентилятора второй секции;
- ДВВ — двигатель воздуховода;
- ДРВВ — датчик работы вентилятора воздуховода;
- ДРВ2С — датчик работы вентилятора второй секции.

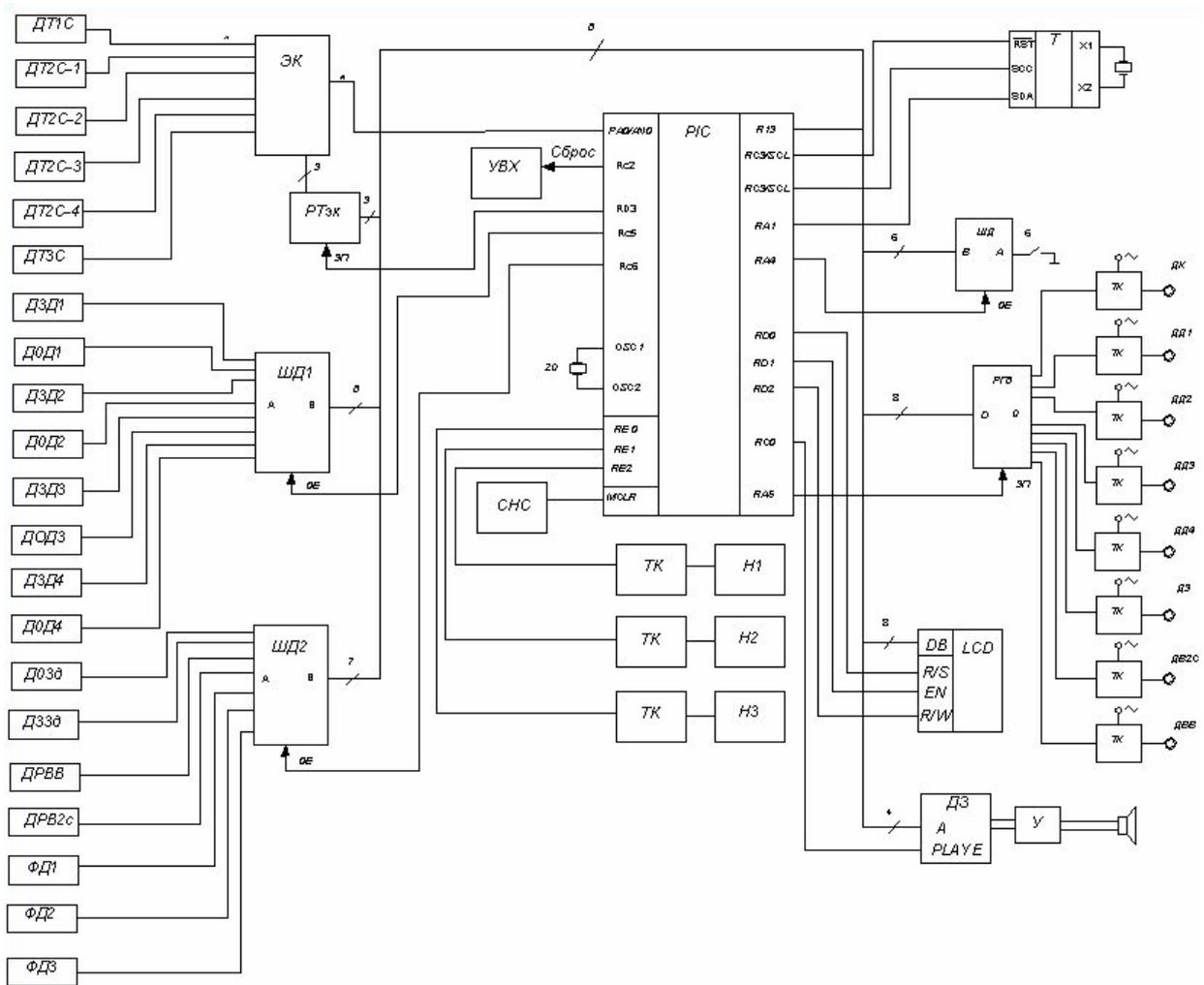


Рис. 3. Функциональная схема системы

Схема работает следующим образом. Центральным звеном является микроконтроллер. Опрос аналоговых датчиков ведется через электронный коммутатор. Для этого контроллер загружает код в регистр электронного коммутатора и к аналого — цифровому преобразователю подключается один из датчиков. Далее сигнал с датчика фишируется УВХ и оцифровывается. Измерение происходит 10 раз и вычисляется среднее значение, которое принимается за окончательный результат измерения. Данная процедура позволяет снизить случайную погрешность в  $\sqrt{10}$  раз. Аналогичным способом опрашиваются все датчики.

Дискретные датчики опрашиваются через шинные драйверы. Порядок подключения определяется микроконтроллером.

Обращение к таймеру происходит по интерфейсу I<sup>2</sup>C по специальным выводам.

Опрос клавиатуры ведется через соответствующий шинный драйвер.

Данные на включение двигателей микроконтроллер загружает в регистр. Включение двигателей производится при помощи транзисторных ключей.

Литература:

1. Желудько, А. П. Художественная керамика/А. П. Желудько — М.: ДиС, 1988. — 342 с.
2. Фурманов, В. Д. Автоматика в строительстве/В. Д. Фурманов — М.: Высшая школа, 1985. — 208 с.
3. Денисов, П. П. Обжиговые печи/П. П. Денисов — М.: Энергия, 1983. — 256 с.

# Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 4 (63) / 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметова Г. Д.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Авдеюк О. А.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Игнатова М. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенюшкин Н. С.  
Ткаченко И. Г.  
Яхина А. С.

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Козырева О. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru)

<http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

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