

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

научный журнал

Two Worlds  
True and False  
Democracy

After-Peace

important step, far-reaching  
taken when man first  
ings themselves and  
er than in powers and  
hat persists amid  
ry of man's work

This desire of knowledge and the wonder which it  
are the driving power behind all the changes that  
with careless, question-begging inference, call pro

man was first asked, What  
was about to dawn in the

Science is a subordinate category.  
When science offers itself as the final stage of  
it is guilty of a false quantity, in that it puts th  
which belongs elsewhere, upon the penultima

"An expert is one who knows more  
and more about less and less."

Why Should we Change  
our Form of Government

"Optimism is essential to achievement and it is also the foundation of courage and true prog

"Necessity does the work of courage."

*Nicholas Henry Butler*

Those people who think in terms of themselves, are hopelessly uneducated. They are no  
no matter how instructed they may be."

"One of the embarrassments of being a gentleman is that you are  
not permitted to be violent in asserting your rights"

7  
2015  
Часть II

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 7 (87) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

*На обложке изображен Николас Мюррэй Батлер (1862–1947) — американский теоретик и практик педагогики, политик, публицист; лауреат Нобелевской премии мира 1931 года.*

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

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

Тираж 1000 экз.

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

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

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

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

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

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

**Международный редакционный совет:**

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

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

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

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

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

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

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

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Бурьянов Павел Яковлевич

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Даровских И. А., Бобрышев А. Н., Лахно А. В.**  
Кластерная структура в дисперсно-наполненных композитах ..... 115
- Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Коровченко И. В.**  
Использование золы ТЭС в технологии геополлимерных строительных материалов ..... 117
- Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Коровченко И. В.**  
Технология получения геополлимерного вяжущего на базе магматических горных пород ..... 120
- Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Тымчук Е. И.**  
Структурообразование геополлимеров ..... 123
- Жуков А. Н., Фади́на А. А.**  
Последовательность тензометрических испытаний внутренних элементов железобетонных конструкций ..... 126
- Захаров Ю. А., Головин А. И.**  
Ремонт топливопроводов высокого давления топливной системы двигателей внутреннего сгорания автомобилей ..... 129
- Захаров Ю. А., Головин А. И.**  
Устройство для восстановления геометрии уплотнительного конуса топливопроводов высокого давления ДВС автомобилей ..... 131
- Захаров Ю. А., Головин А. И.**  
Приспособление для замены наконечников топливопроводов высокого давления топливной системы ДВС автомобилей ..... 135
- Ильина И. Е., Исхаков М. М., Кокарев П. И., Пожидаева Е. С.**  
Обеспечение безопасности пешехода в условиях недостаточной видимости ..... 138
- Калмыков Б. Ю., Скудина А. А., Дмитриенко Н. А.**  
Using intellectual transport systems in monitoring transport streams ..... 141
- Камалов Т. С., Ишназаров О. Х.**  
О модели степени износа насосных агрегатов горно-металлургической промышленности .... 144
- Кириченко И. С., Алексахин А. В., Серегин А. Н.**  
Особенности и тенденции рынка лома нержавеющей сталей ..... 148
- Кобилев Х. Х., Гойибова Д. Ф., Назарова А. П.**  
Низкотемпературная сепарация углеводородов из природного и нефтяного попутных газов... 153
- Кобилев Х. Х., Гойибова Д. Ф., Назарова А. П.**  
Основные уравнения процесса перегонки жидких смесей ..... 155
- Когай Г. Д., Каюмов Д. С.**  
Создание единой информационной сети в Казахстане в условиях интеграции в информационное общество ..... 158
- Колчев А. В., Скорняков В. А.**  
Модульные принципы моделирования работы бортовой радиотелеметрической системы в задачах автоматизированного анализа состояний ..... 162
- Кочеткова М. В., Алёнкина Е. С.**  
Численные исследования работы ростверков под колонну при многорядном расположении свай ..... 165
- Мастепаненко М. А., Воротников И. Н., Гурковский А. А., Тарануха Д. С.**  
Аппаратно-алгоритмический комплекс информационно-измерительной системы контроля уровня топлива на основе емкостных датчиков ..... 168

<b>Мастепаненко М. А., Воротников И. Н., Шарипов И. К.</b> Алгоритмы оценки постоянной времени измерительной цепи с использованием цифрового дифференцирования .....	172	<b>Романенко И. И., Романенко М. И.</b> Роль крупного заполнителя на формирование цементного камня на основе шлакощелочного вяжущего .....	200
<b>Мохов А. И., Рафальская Т. А.</b> Расчет и сравнение характеристик пластинчатых теплообменников .....	176	<b>Рязанова К. С., Елисеева М. В., Гаврилова Е. В.</b> Показатели качества мясных рубленых полуфабрикатов с начинками .....	202
<b>Мухамедханов У. Т., Муминов Р. Р.</b> Автоматизация регулирования основных параметров процесса ректификационной колонны.....	180	<b>Салимова И. И., Сенюшкин Н. С., Рожков К. Е., Белобровина М. В.</b> Работа турбины авиационного ГТД в условиях повышенной температуры воздуха за камерой сгорания и нарушенного охлаждения рабочей лопатки .....	204
<b>Нашивочников В. В., Гарькина И. А.</b> Классификация кинетических процессов второго порядка в дисперсных системах .....	182	<b>Титов Е. А., Сафронов М. А., Кочергин А. С., Таланова С. Ю.</b> Комбинированная технология удаления аммонийного азота и органических примесей из сточных вод.....	208
<b>Нурлибаева З. М., Турсунова З. Н., Холикова Н. Ш.</b> Изучение технологического процесса влажно-тепловой обработки деталей одежды с целью дальнейшего улучшения их формоустойчивости .....	185	<b>Файзуллаева Г. Ш., Темирова Н. Э., Саидова Г. Ш., Пулатова С. У.</b> Совершенствование технологической операции втачивания рукавов в пройму изделия .....	211
<b>Олимов К. Т., Узакова Л. П., Тураева Н. А.</b> Новые возможности в передаче дизайнов вышивки современных вышивальных швейных машин Janome Memory Craft .....	187	<b>Чурикова Л. А., Рамазанов М. М.</b> Эффективность применения противотурбулентных присадок при перекачке газового конденсата по магистральному трубопроводу .....	213
<b>Ольшевский В. А.</b> О дополнительных процессуальных гарантиях для специалистов по охране труда .....	189	<b>Чурикова Л. А., Смагулов М. Б.</b> Анализ методов и средств очистки внутренней полости магистральных газопроводов.....	216
<b>Полубарова Ю. В., Шитова И. Ю., Самошина Е. Н.</b> Теоретические основы выбора аппретирующего материала для блокировки поверхности активного наполнителя .....	191	<b>Шарипова С. И.</b> Вариационный ряд антропометрических признаков студенток СППО города Бухары (Узбекистан) .....	219
<b>Романенко И. И., Романенко М. И., Петровна И. Н.</b> Строительстве автомобильных дорог в пензенской области с применением отходов металлургического производства .....	196	<b>Шевко Д. Г., Козюра В. Е., Павельчук А. В.</b> Способы построения гибридных систем управления .....	225
<b>Романенко И. И., Романенко М. И., Петровна И. Н.</b> Новые материалы в дорожном строительстве. 198		<b>Щадинский А. В.</b> Эффективность применения акустических экранов .....	226



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Кластерная структура в дисперсно-наполненных композитах

Даровских Илья Андреевич, аспирант;  
Бобрышев Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор;  
Лахно Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*В статье показано, что структура дисперсно-наполненных композитных материалов во многом зависит от качественного и количественного трансформирования кластеров в системе, и в частности от критического размера кластера.*

**Ключевые слова:** композит, дисперсный наполнитель, кластер, структура, пороги протекания.

Новые композиционные материалы, появляющиеся вследствие стремления к совершенствованию уже существующих материалов и изделий, открывают широкие возможности для реализации перспективных конструктивных решений, технологических процессов, а также использования эффективных методов анализа, моделирования и прогнозирования.

От степени точности анализа и дальнейшего прогнозирования необходимых параметров композитных материалов, используемых в различных условиях эксплуатации, зависят надежность, долговечность и другие физико-технические свойства [1–3]. В этой связи, исследование физико-химических и эксплуатационных свойств композитных систем, и разработка моделей их прогнозирования, основанных на современных теориях кластерообразования, перколяции, бифуркации, структурно-фазовых переходов являются очень перспективными [4–6].

К подобным системам можно отнести моделирование и прогнозирование дисперсно-наполненных полимерных композитов. Например, с позиций кластерного анализа можно рассматривать упрочнение композитов дисперсными наполнителями [6–9], которое непосредственно связано с возникновением кластерных образований, представляющих собой в грубом приближении скопление частиц наполнителя, взаимодействующих между собой через пленочные прослойки матричной среды. Отдельные кластеры по существу являются центрами формирования новой кристаллоподобной структуры композита, обладающей повышенной упругостью и прочностью. В процессе роста кластера за счет присоединения к нему отдельных частиц происходит его качественное трансформирование в новую фазу с кристаллоподобными свойствами [10]. Причем такой переход осуществляется через неустой-

чивые состояния, связанные с частичным или полным распадом кластера. Поэтому в новую фазу переходят лишь те кластеры, размер которых превышает критическое значение. Впоследствии глобальное развитие кластерной структуры композита происходит в результате укрупнения закритических кластеров, за счет присоединения к ним неустойчивых кластеров и кластерных осколков.

Критический размер кластера определяется методом итерационно-экстраполяционного анализа данных, найденных для решеточных систем, и заключается в следующем. Устойчивость кластеров в немалой мере обусловлена дальнедействующим взаимодействием между составляющими его частицами, распространяющимся на дальние координационные группы. В таблице 1 приведены пороги протекания по узлам решеток, в которых связи между узлами (частицами) распространяются до третьей координационной группы. Известно, что произведение  $M_s n_s$  в пределе стремится к критическому числу  $B_s = \lim_{M_s \rightarrow \infty} M_s n_s = 2,7 \pm 0,1$ , которое является универсальным и не зависит от типа решетки. Очевидно,

что в случае реализации предельного значения  $B_s = 2,7$  под величиной  $M_s$  подразумевается критическое число связанных узлов (частиц), которое в свою очередь определяет критический размер кластера. Для оценки критической величины  $M_s$  проанализируем данные табл. 1.

В результате несложных вычислений определим среднеарифметические значения  $\langle M_{si} / M_{si-1} \rangle = 1,41$ ;  $\langle n_{si-1} / n_s \rangle = 1,33$ , где  $i$  — номер решетки, указанный в табл. 1. Пользуясь данными средних значений и величинами  $M_{s8}$  и  $n_{s8}$  для последней из указанных в табл. 1 правильной решетки с плотнейшей упаковкой  $\eta = 0,74$ , имеющей номер 8,

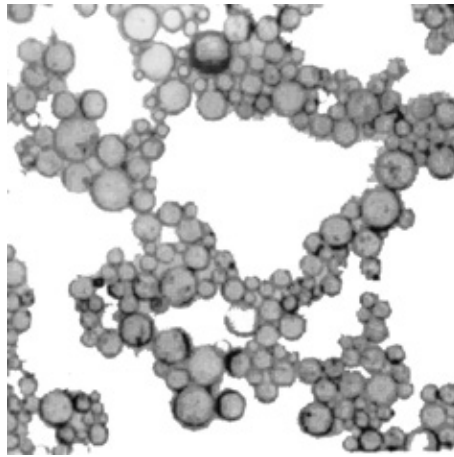


Рис. 1. Элемент кластера в дисперсно-наполненном полимерном композите

найдем  $M_{s9}$  и  $n_{s9}$  для решетки, связи между узлами которой распространяются до 4-й координационной группы  $M_{s9} = M_{s8} \cdot 1,41 = 59$ ,  $n_{s9} = n_{s8} / 1,33 = 0,046$ . Умножение найденных чисел  $M_{s9}n_{s9} = 2,71 = B_s$  дает весьма точное значение критического числа  $B_s$ , что подтверждает сделанный прогноз о структуре критического кластера.

Следует отметить, что приведенная оценка размера критического кластера, включающего 59 узловых элементов, незначительно отличается от величины (55 узловых элементов), найденной Мюллером-Крумбхааром [4]. Связность между частицами в критическом кластере распространяется до 4-й координационной группы, а порог протекания по узлам при этом равен  $n_s = 0,046$ . Условия критического кластера больше всего осуществимы в плотном клубковом кластере.

Поскольку взаимодействие центральной частицы клубкового кластера распространяется до 4-й координационной группы, можно сделать предположение,

что в критическом кластере проявляется сильная дальнедействующая корреляция, приводящая к его силовой стабилизации под действием среднего поля. Такие кластеры обладают повышенной устойчивостью в условиях гидродинамических воздействий и вибраций. Кроме того, в процессе перемещения в объеме системы критические и закритические кластеры, подобно большим частицам, способны захватывать и присоединять к себе отдельные частицы и малые кластеры.

Таким образом, размер критического кластера имеет большое значение при оценке эффективности поверхностно-активных веществ (ПАВ). В этой связи свидетельством неэффективности ПАВ будет являться наблюдение в структуре композитов критических и закритических кластеров. Динамика развития, стабилизации, коалесценции критических кластеров позволяет более детально судить об усилении прочности, трещиностойкости, проницаемости, электропроводности и других свойств дисперсно-наполненных композитов.

Таблица 1. Пороги протекания по узлам с дальнедействующим взаимодействием

Номер решетки	Тип решетки	Связанность координационной группы	Число связанных узлов $M_s$	Порог протекания по узлам
1	Тетраэдрическая	1	4	0,425
2	Простая кубическая	1	6	0,307
3	Объемноцентрированная кубическая	1	8	0,243
4	Гранецентрированная кубическая	1	12	0,195
5	Объемноцентрированная кубическая	2	14	0,175
6	Простая кубическая, гранецентрированная кубическая	2	18	0,136
7	Простая кубическая, объемно-центрированная кубическая	3	26	0,096
8	Гранецентрированная кубическая	3	42	0,061
9	Решетка с критическим значением порога протекания по узлам	4	59	0,046



## Литература:

1. Зубарев, П. А., Планирование оптимального соотношения компонентов в полиуретановой системе/П. А. Зубарев, В. О. Петренко, А. В. Лахно, Е. Г. Рылякин // Молодой ученый. 2014. — №6 (65). — с. 164–166.
2. Зубарев, П. А., Производственный процесс получения защитных полиуретановых покрытий/П. А. Зубарев, А. В. Лахно, Е. Г. Рылякин // Молодой ученый. 2014. — №5 (64). — с. 57–59.
3. Петренко, В. О. Моделирование оптимальной концентрации компонентов ремонтного клевого состава/В. О. Петренко, А. В. Лахно, Е. В. Новиков // Международный технико-экономический журнал. 2011. №3. с. 110–112.
4. Мюллер-Крумбхаар, Х. Моделирование малых систем/Х. Мюллер-Крумбхаар // Методы Монте-Карло в статистической физике. — М.: Мир, 1982. — с. 216–246.
5. Бобрышев, А. Н. Анализ критического содержания наполнителя в композите с позиций теории перколяции/А. Н. Бобрышев, А. В. Лахно, П. В. Воронов, А. А. Бобрышев, Е. В. Новиков // Международный технико-экономический журнал. 2013. №6. с. 93–98.
6. Бобрышев, А. Н. Структура и свойства дисперсно-наполненных композитных материалов/А. Н. Бобрышев, А. В. Лахно, Р. В. Козомазов, А. А. Бобрышев. — Пенза: Изд-во ПГУАС, 2012. — 160 с.
7. Лахно, А. В. Некоторые аспекты усиления полимерных композитов/А. В. Лахно, А. Н. Бобрышев, П. А. Зубарев, В. О. Петренко, Е. В. Новиков // Международный технико-экономический журнал. 2012. №5. с. 100–105.
8. Новиков, Е. В. Кластеро- и трещинообразование в композитах/Е. В. Новиков, А. В. Лахно, А. Н. Бобрышев, П. А. Зубарев // Международный технико-экономический журнал. 2012. №5. с. 96–99.
9. Бобрышев, А. Н., Анализ распределения наполнителя в структуре композитов // А. Н. Бобрышев, П. А. Зубарев, П. И. Кувшинов, А. В. Лахно // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2012. №1 (20). с. 28.
10. Воронов, П. В. Оценка кинетики фазовых переходов в твердеющих гетерогенных материалах/П. В. Воронов, А. Н. Бобрышев, А. В. Лахно, П. И. Кувшинов, Н. Н. Туманова // Региональная архитектура и строительство. 2010. №2. с. 58–66.

## Использование золы ТЭС в технологии геополлимерных строительных материалов

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь;

Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;

Коровченко Игорь Валерьевич, магистрант

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Приведены данные о эффективности применения золы ТЭС в производстве геополлимерных вяжущих строительного назначения. Показано, что в России и других странах, не имеющих развитой индустрии утилизации промышленных отходов, применение золы в технологии геополлимерных вяжущих является наиболее перспективным направлением ее использования.*

**Ключевые слова:** геополлимер, строительное вяжущее, зола ТЭС, утилизация.

Геополлимерные вяжущие и материалы на их основе — активно развивающееся в последние годы направление создания ресурсо- и энергосберегающих технологий строительных материалов. В качестве сырья для получения геополлимеров использовались алюмосиликатные материалы, которые подвергались термической обработке при температуре 750...850°C. Это позволяло, в сравнении с портландцементом, сократить на 70...90% расход энергии и выбросы углекислого газа при производстве вяжущего [1]. Еще менее энергозатратны технологии геополлимерных материалов на основе золы-уноса и доменного гранулированного шлака, так как эти промышленные отходы в процессе образования уже прошли термическую обработку.

Анализ многочисленных публикаций, посвященных геополлимерным материалам, позволяет сделать вывод о том, что перспективным сырьем для производства этих материалов являются золы ТЭС. Объемы производства топливных зол во всем мире достигают 800 млн т [2], что намного больше по сравнению с производством доменных шлаков, микрокремнезема и других материалов, используемых в технологии геополлимерных материалов.

Золы ТЭС представляют собой неорганическую часть угля после кратковременной температурной обработки. В золе содержится неорганическое и органическое вещество. Последнее представлено несгоревшим углем. Основными минералами золы являются глинистые мине-

ралы, а также слюды и кварц. Химический состав зол представлен в основном оксидами кремния, алюминия и кальция. В качестве второстепенных зола содержит оксиды железа, магния, серы, натрия и калия. Минеральный состав включает стекловидные фазы, а также кристаллические составляющие, такие, как различные модификации кварца, мелилит, волластонит и др. Частицы золы имеют сферическую форму с размером от 1 до 100 мкм [3] и развитую внутреннюю поверхность, что облегчает помол золы.

При быстром охлаждении золы в ней образуется значительная доля стекловидных фаз, что, наряду с высокой удельной поверхностью золы-уноса — 200...600 м<sup>2</sup>/кг, является причиной проявления вяжущих или пуццолановых свойств золы. Реакционная способность золы определяется содержанием в ней термодинамически менее устойчивой стеклофазы, кристаллические минералы обычно инертны.

Основное преимущество золы в сравнении с другими сырьевыми материалами — значительная доля в ее составе стекловидных фаз алюмосиликатного состава и высокая дисперсность. Эти два фактора позволяют получать на основе золы геополимеры с высокими техническими характеристиками [1, 4–7] без температурной обработки сырья и его измельчения.

Химико-минералогический состав золы и зольность углей могут значительно различаться, однако в пределах каменноугольных бассейнов и месторождений состав зол имеет схожие черты. По химическому составу золы классифицируются на кислые и основные. Классификационным критерием является содержание в золе СаО. При содержании оксида кальция до 10% зола относится к кислым, а свыше 10% — к основным.

В зарубежной практике по содержанию СаО золы в соответствии со стандартом ASTM С618 Американского общества по материалам и их испытаниям делятся на два класса: класс С и класс F. При содержании в золе оксида кальция менее 10% она относится к классу F, а при большем содержании СаО — к классу С.

Далеко не все золы обладают химико-минералогическим составом, пригодным для получения геополимерных материалов. В основном используются кислые золы с низким содержанием СаО и высоким содержанием оксида алюминия и кремния [6, 7]. Jaarsveld с соавторами [8] отмечают, что активность, сроки схватывания и твердения вяжущего зависят от вида золы-уноса. Зола-унос с высоким содержанием СаО обладает высокой прочностью в ранние сроки твердения, потому что формируются гидроалюминаты кальция.

Имеются данные [9] об успешном использовании для производства геополимерного бетона низкокальциевой золы-уноса, содержащей до 80% алюмосиликатных оксидов, при соотношении Si/Al = 2. В этой золе количество оксида железа составляло около 10...20%, оксида кальция менее 5%. Содержание углерода, определяемое по потере при прокаливании, в золе-уносе было менее

2%. В золе-унос содержалось 80% частиц с размером менее 50 мкм.

Содержание несгоревшего угольного остатка является важным фактором, влияющим на механические свойства геополимерных вяжущих. Согласно Jaarsveld и др. [8], чем выше содержание несгоревших остатков угля, тем ниже прочность при сжатии и больше пористость геополимеров. Однако требования к содержанию этого снижающего качества золы компонента для производства геополимера менее жесткие по сравнению с требованиями, предъявляемыми при использовании золы в качестве компонента композиционного вяжущего на основе портландцемента.

Европейские стандарты EN 206–1 и EN 206–2 ограничивают содержание в золе-уносе несгоревшего угольного остатка (потери при прокаливании) до 2...5%. Результаты испытания золы, содержащей до 80% аморфного алюмосиликата и 23% несгоревшего угля, показали, что она не может быть использована в производстве армированного бетона. Однако эта зола с успехом применяется для синтеза геополимера [1].

Многими исследованиями установлено, что к основным факторам, влияющим на прочность геополимерных вяжущих, относятся вид и количество активатора твердения, соотношение в сырьевых материалах Si/Al, режимы твердения.

Для производства геополимерного вяжущего на основе золы в качестве модифицирующего компонента используется доменный гранулированный шлак, доля которого в вяжущем достигает 50% и более. При таком высоком содержании этого компонента вяжущее можно считать гибридным. Шлак целесообразно вводить в состав вяжущего при использовании высококальциевой золы и активации твердения гидроксидом натрия. Применение добавки шлака позволяет повысить прочность вяжущего и темпы ее набора, а также снизить усадочные деформации.

В качестве активатора процесса геополимеризации используются два вида щелочных соединений — щелочи (NaOH и KOH) и жидкое стекло (натриевое, калиевое или смешанное). Скорость протекания геополимерных реакций выше, если щелочным активатором служит раствор гидроксида щелочного металла, силиката натрия или силиката калия, в сравнении со скоростью реакций при использовании только гидроксида щелочного металла.

Для смешанных вяжущих на основе золы-уноса и шлака, активированных силикатом натрия, предпочтительны нормальные условия твердения, а также низкотемпературная тепловлажностная обработка (20...80 °С) в течение непродолжительного периода времени. На этапе тепловой обработки важно не допускать сухого прогрева [10], который затрудняет процессы гидратации шлака и снижает прочность геополимерного вяжущего.

При использовании в качестве активаторов только щелочей для геополимерных вяжущих на основе золы-уноса или метакаолина следует применять только тепловую об-

работку, а при наличии в составе добавки шлака могут быть выбраны и нормальные условия твердения, и тепловлажностная обработка.

Геополимерные вяжущие на основе золы-уноса обладают [1] свойствами:

- усадка при схватывании <math><0,05\%</math>;
- прочность на сжатие — более 90 МПа через 28 сут, а для быстротвердеющих высокопрочных геopolyмеров — 20 МПа через 4 часа;
- прочность при изгибе — 10...15 МПа через 28 сут, а для быстротвердеющих высокопрочных геopolyмеров — 10 МПа после 24 часов;
- модуль упругости — более 2 ГПа;
- после 180 циклов замораживания-оттаивания потеря массы менее 0,1 %, потеря прочности менее 5 %;
- после 180 циклов увлажнения-высушивания потеря массы менее 0,1 %;
- выщелачивание в воде после 180 дней —  $K_2O$  менее 0,015 %;
- водопоглощение — менее 3 %;
- гидравлическая проницаемость — 10 м/с;
- потеря массы под действием 10 % раствора серной кислоты — 0,1 % в сут;
- потеря массы под действием 50 % КОН — 0,2 % в сут.

Ежегодно на российских тепловых электростанциях образуется около 50 млн т отходов сжигания твердого топлива, а доля их утилизации не превышает 10 % [2]. В ре-

зультате в золоотвалах накопилось более 1 млрд т золошлаковых отходов [2]. В связи с этим в нашей стране золы-унос — самое перспективное сырье для организации производства геopolyмерных вяжущих.

Геopolyмеры на основе зол и шлаков в настоящее время в некоторых странах используются только в порядке опытно-промышленного применения. Наибольшая перспектива роста промышленного производства этих материалов имеется в развивающихся странах, где рынок утилизации отходов еще не сложился и золы и шлаки в основной массе не находят применения, в отличие от промышленно развитых стран.

Значительная часть золы в промышленно развитых странах в настоящее время используется для различных целей — в качестве добавок при производстве цемента, добавки в бетоны, при производстве рулонных кровельных материалов, для замены грунта при различных видах строительства и др.

В связи с этим в промышленно развитых странах со сформировавшимися рынками использования этого отхода в качестве сырья для различных технологий не следует ожидать бурного роста производства геopolyмерных материалов на основе золы. В развивающихся странах, где существует индустрия утилизации угольной золы, а также зол от сжигания рисовой шелухи, отходов производства пальмового масла, эти материалы можно рассматривать в качестве перспективного сырьевого ресурса для производства геopolyмерных вяжущих.

#### Литература:

1. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and applications/J. Davidovits // 3rd edition. — France, Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2011. — 614 p.
2. Энтин, З. Б., Нефедова Л. С., Стржалковская Н. В. Золо ТЭС — сырье для цемента и бетона // Цемент и его применение. 2012. — №2. — с. 40–46.
3. Иванов, И. А. Легкие бетоны с применением зол электростанций [Текст]/И. А. Иванов. — М.: Стройиздат, 1986. — 136 с.
4. Ерошкина, Н. А., Коровкин М. О., Коровченко И. В. Свойства геopolyмерного вяжущего на основе Томь-Усинской ГРЭС // Новый университет. Серия: Технические науки. 2014. №12 (34). с. 30–34.
5. Ерошкина, Н. А. Геopolyмерные строительные материалы на основе промышленных отходов: моногр./Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин. — Пенза: ПГУАС, 2014. — 128 с.
6. Bakharev, T. Thermal behaviour of geopolymer prepared using class F fly ash and elevated temperature curing // Cement and Concrete Research. 2006. Vol. 36. P. 1134–1147.
7. Hardjito, D. Development and Properties of Low-Calcium Fly Ash-based Geopolymer Concrete. Research Report GC1/D. Hardjito, B. V. Rangan. — Perth: Curtin University of Technology, 2005. 103 p.
8. Jaarsveld, J. G. S. The effect of composition and temperature on the properties of fly ash and kaolinite-based geopolymer/J. G. S. Jaarsveld, J. S. J. Deventer, G. C. Lukey // Chemical Engineering Journal. 2002. Vol. 89. Iss. 1–3. P. 63–73.
9. Gourley, J. T. Geopolymers, opportunities for environmentally friendly construction material/J. T. Gourley // Proceedings of the International Conference and Exhibition on Adaptive Materials for a Modern Society (Materials '03). — Sydney, Australia, 2003.
10. Fernández-Jiménez, A. High-Temperature Resistance in Alkali-Activated Cement/A. Fernández-Jiménez, J. Y. Pastor, A. Martín, A. Palomo // Journal of the American Ceramic Society. 2010. Vol. 93, Iss. 10. P. 3411–3417.

## Технология получения геополимерного вяжущего на базе магматических горных пород

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь;

Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;

Коровченко Игорь Валерьевич, магистрант

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Рассмотрена технология производства геополимерного вяжущего и бетонов на его основе. Изложены преимущества этой технологии. Приведены эксплуатационные характеристики геополимерных бетонов.*

**Ключевые слова:** геополимерный бетон, технология, магматические горные породы, доменный шлак, отходы горной промышленности.

Производство геополимерных вяжущих — наиболее перспективная альтернатива технологии портланд-цемента [1]. Одной из разновидностей геополимерных вяжущих являются вяжущие на основе магматических горных пород. В нашей стране для таких материалов используется термин «минерально-щелочное вяжущее» [2]. В качестве сырья для производства этих вяжущих щелочной активации могут быть использованы измельченные магматические горные породы. Важным преимуществом такого сырья являются значительные запасы дисперсных отсевов дробления щебня и отходов обогащения руд.

Некоторые исследователи считают перспективными для получения вяжущих более активные при взаимодействии с щелочными активаторами излившиеся (вулканические) породы [3, 4], однако на основе глубинных пород также были получены вяжущие с достаточно высокими характеристиками [2, 5].

Измельченные горные породы твердеют при активации комплексным активатором, состоящим из жидкого стекла и щелочи. При введении в состав вяжущего добавки доменного гранулированного шлака оно твердеет как при тепловлажностной обработке, так и в нормальных условиях [2, 5]. Без добавки шлака твердение происходит только в результате прогрева при температуре 60 °С и выше. Существенным недостатком вяжущих без добавки шлака является их низкая водостойкость — при длительном насыщении водой их прочность снижается на 65–85%, что не позволит использовать такие вяжущие во влажных условиях [5].

Твердение геополимерных вяжущих на основе магматических горных пород с модифицирующей добавкой — доменным гранулированным шлаком происходит под действием комплексного активатора, включающего силикат и гидроксид натрия. Высокую прочность и быстрое твердение в сочетании с низкой усадкой обеспечивается при силикатном модуле активатора в интервале от 1,3 до 1,5.

Существенным преимуществом минерально-щелочных вяжущих на основе магматических горных пород в сравнении с минерально-шлаковыми, геотрашевыми и геосинтетическими вяжущими на основе осадочных пород

является возможность приготовления жестких и малопластичных бетонных смесей, пригодных для формирования с помощью виброуплотнения сборных железобетонных конструкций в условиях заводского производства. При этом такие бетоны являются водостойкими [2] в отличие от изделий на основе геотрашевых и геосинтетических вяжущих, которые могут иметь прочность 90–160 МПа [6].

Технология производства бетонных изделий на минерально-щелочном вяжущем состоит из двух этапов: на первом этапе осуществляется измельчение компонентов минерально-сырьевой смеси, на втором — смешивание измельченных компонентов вяжущего с активирующим раствором и заполнителем. Технологическая схема производства бетона на основе такого вяжущего приведена на рис. 1.

В качестве основного компонента минерально-щелочного вяжущего используются измельченные горные породы магматического происхождения, отходы горной промышленности. Использование этих материалов позволяет снизить стоимость сырья, за счет снижения затрат на его поиск, разведку и разработку. В предлагаемой технологии возможно использование огромных запасов добычи и переработки горных пород: только при дроблении щебня ежегодно образуется несколько миллионов тонн дисперсных отходов, которые практически не используются и накапливаются в отвалах. За многие годы добычи щебня вблизи карьеров скопились десятки миллионов тонн отходов дробления.

Применение отходов в производстве минерально-щелочных вяжущих не только обеспечит предприятия дешевым сырьем, но и позволит решить одну из экологических проблем, связанных с добычей полезных ископаемых.

Другим источником сырья для минерально-щелочного вяжущего могут быть отходы обогащения руд — хвосты. Эти материалы также находятся в измельченном состоянии, что позволяет значительно снизить расходы энергии на их помол. Объемы накопившихся хвостов составляют сотни миллионов тонн.

Кроме горных пород в состав безобжигового вяжущего входит доменный гранулированный шлак в количестве

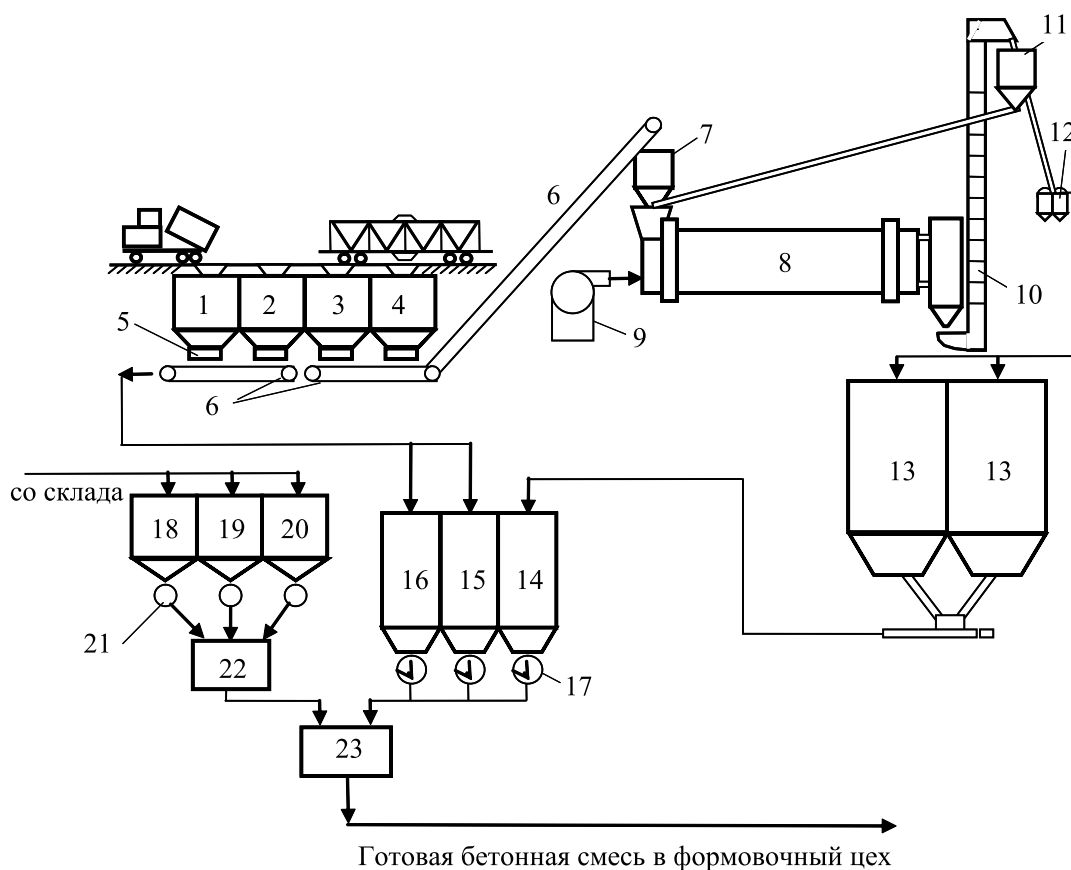


Рис. 1. Технологическая схема производства бетона на основе минерально-щелочного вяжущего (обозначения в тексте)

10...25% от массы вяжущего [2]. Добавка шлака является важным компонентом вяжущего, так как она обеспечивает повышение прочности; кроме того, вяжущее без этой добавки твердеет только в условиях тепловой обработки. Но самое главное, введение шлаков позволяет получить водостойкое вяжущее. Без добавки шлака коэффициент размягчения находится в интервале от 0,1 до 0,5, в зависимости от горной породы, а при введении его в оптимальном количестве вяжущее после продолжительного насыщения водой не теряет прочности [7, 8].

Для снижения транспортных затрат при выборе места размещения производства минерально-щелочного вяжущего необходимо учитывать расстояние до предприятий по добыче щебня или обогащения руды — металлургических комбинатов — поставщиков шлаков и потребителей вяжущих и бетонных изделий на их основе.

Как уже отмечалось, в качестве активатора твердения минерально-щелочного вяжущего используется натриевое жидкое стекло с силикатным модулем 1,3...1,5. Жидкое стекло с таким низким модулем получают из товарного стекла с модулем 2,2...3 путем введения в его состав необходимого количества NaOH. Расход активатора в пересчете на сухое вещество составляет 10...13%.

Твердые компоненты вяжущего и бетона поступают на предприятие по производству минерально-щелочного вяжущего и бетона автомобильным (обычно это песок)

и железнодорожным транспортом (крупный заполнитель; отсев камнедробления; шлак) и выгружаются в соответствующие приемные бункера 1–4 (см. рис.).

Гранулированный доменный шлак и отходы добычи гранита, находящиеся на складе в бункерах 3, 4, дозируются 5 и подаются ленточным конвейером 6 в расходный бункер 7 шаровой мельницы 8. После измельчения в шаровой мельнице одновременного помола и сушки топочными газами из подтопка 9 сырьевые компоненты поступают в элеватор 10, подающий порошок в центробежный сепаратор 11. Тонкие частицы транспортируются пневмокамерным насосом 12 в силосы 13, грубые частицы возвращаются на домол. Тонкоизмельченный минерально-шлаковый порошок из силосов транспортируется пневмовинтовым насосом в расходный бункер 14 бетоносмесительного узла, в котором также размещаются расходные бункера песка 15 и щебня 16. Находящиеся в расходных бункерах 18, 19, 20 жидкое стекло, щелочь и вода дозируются дозатором 21, подаются в смеситель активатора 22, где они перемешиваются. Приготовленный активатор поступает в бетоносмеситель 23, в который сначала подается минерально-шлаковый порошок из расходного бункера 14, отвешенный дозатором 17, а затем из расходных бункеров 15, 16 поступает мелкий и крупный заполнитель. Готовая бетонная смесь направляется в бетоносмесительный цех или отгружается стороннему потребителю.

Технология геополимерных вяжущих и бетонов на их основе характеризуется низкими затратами для ее организации. Компоненты вяжущего — магматическая горная порода и гранулированный доменный шлак могут поступать на предприятия, выпускающие бетонные изделия и конструкции. Если в регионе отсутствуют поставщики этих компонентов в измельченном виде, то на предприятии, использующем геополимерное вяжущее, возможна организация участка измельчения отсева дробления и шлака до необходимой удельной поверхности — 300...350 м<sup>2</sup>/кг.

Производство изделий и конструкций из геополимерного вяжущего на основе магматических горных пород с добавкой шлака возможно на технологических линиях по производству бетонов на основе портландцемента. Для производства продукции со стабильным качеством в таких технологических линиях необходимо предусмотреть

дополнительный смеситель для дозирования и однородного перемешивания измельченной горной породы со шлаком, а также установку для приготовления комплексного активатора путем растворения щелочи в жидком стекле.

Исследования характеристик бетона, полученного с применением геополимерного вяжущего на основе магматических горных пород, позволили установить, что этот материал характеризуется прочностью при сжатии 20...40 МПа, модулем упругости 15...35 ГПа [9], что позволяет использовать его в качестве конструктивного материала в современном строительстве. Исследования морозостойкости такого бетона показали, что он имеет марку по морозостойкости F<sub>1</sub>600 и F<sub>2</sub>200 и может быть рекомендован для изготовления наружных конструкций зданий и сооружений, а также в качестве дорожного бетона для большинства климатических районов России.

#### Литература:

1. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and applications/J. Davidovits // 3rd edition. — France, Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2011. — 614 p.
2. Ерошкина, Н. А. Минерально-щелочные вяжущие: моногр./Н. А. Ерошкина, В. И. Калашников, М. О. Коровкин. — Пенза: ПГУАС, 2012. — 152 с.
3. Ахвердиева, Т. А. Безобжиговые щелочно-минеральные вяжущие и бетоны на основе Джабраильского вулканического пепла // Естественные и технические науки. 2009. №2. с. 417–422.
4. Desarrollo de un cemento de base silicatada a partir de rocas volcánicas vítreas alcalinas: interpretación de los resultados preindustriales basada en la composición químico-mineralógica de los precursores geológicos/D. Gimeno, J. Davidovits, C. Marini, P. Rocher, S. Tocco and al. // bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio. 2003. Vol. 42. P. 69–78.
5. Ерошкина, Н. А., Коровкин М. О., Аксенов С. В. Влияние минерального состава магматических горных пород на активность геополимерного вяжущего // Региональная архитектура и строительство. 2013. №1. с. 84–89.
6. Мороз, М. Н., Калашников В. И., Суздальцев О. В. Геосинтетические строительные материалы // Современные научные исследования и инновации. 2014. №8–1 (40). с. 129–133.
7. Ерошкина, Н. А. Исследование вяжущих, полученных при щелочной активизации магматических горных пород // Строительство и реконструкция. 2011. №1. с. 61–65.
8. Ерошкина, Н. А., Коровкин М. О., Сурков А. Н. Оценка магматических горных пород в качестве сырья для получения геополимерных вяжущих // Молодой ученый. 2014. №20. с. 120–123.
9. Ерошкина, Н. А., Коровкин М. О. Исследование деформационно-прочностных свойств бетона на основе минерально-щелочного вяжущего // Вестник МГСУ. 2011. №2–2. с. 314.

## Структурообразование геополимеров

Ерошкина Надежда Александровна, кандидат технических наук, инженер-исследователь;

Коровкин Марк Олимпиевич, кандидат технических наук, доцент;

Тымчук Екатерина Ильинична, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Приводится анализ различных механизмов структурообразования геополимеров. Рассмотрены движущие силы растворения алюмосиликатных материалов в сильнощелочной среде и стадии химических превращений в процессе синтеза структуры геополимеров.*

**Ключевые слова:** геополимер, алюмосиликаты, щелочная активация, структурообразование.

Термин «геополимер» был предложен французским исследователем Дж. Давидовичем для объяснения структурообразования вяжущего на основе метаксаолина, твердение которого активировалось растворами щелочных силикатов [1]. Позднее этим ученым и другими исследователями было установлено, что во многих материалах могут проходить реакции геополимеризации. Термин геополимер в настоящее время все чаще используется для вяжущих щелочной активации на основе алюмосиликатных материалов: шлаков, зол, горных пород и др. [2]. Характеристики этих материалов позволяют рассматривать их в перспективе в качестве альтернативы портландцемента [1–3]. Однако дискуссии о том, какие материалы можно считать геополимерами и о механизмах геополимеризации в научной литературе не прекращаются [3, 4].

В соответствии с представлениями Дж. Давидовича [5, 6] геополимеры — искусственно синтезированные неорганические материалы полимерной структуры с повторяющимися в цепях атомами кремния и алюминия. В зависимости от чередования атомов кремния и алюминия геополимеры подразделяются [5, 6] на полисилаты, полисилато-силоксаны, полисилато-силоксано- (дисилоксано-).

В качестве активаторов твердения геополимеров используются гидроксид натрия или калия, а также метасиликаты натрия или калия с добавкой щелочи [1, 6].

Структурные элементы силатов имеют форму тетраэдров, в основании которых лежат атомы кремния и алюминия, связанные с четырьмя атомами кислорода [5]. Эти элементы способны образовывать двух- и трехмерные структуры. При синтезе атомы кремния и алюминия образуют прочные разветвленные цепи Si — O — Al — O, благодаря которым геополимеры не уступают по физико-механическим свойствам некоторым горным породам.

Первоначально геополимерами считались только материалы, полученные при щелочной активации метаксаолина. Однако, учитывая схожесть процессов протекающих при взаимодействии щелочей со шлаками, золами, термически обработанными полевошпатными горными породами и другими алюмосиликатными материалами, в научно-технической литературе вяжущие, полученные на основе этого сырья, также относят к геополимерам.

Геополимерные материалы образуются в ходе реакций геополимеризации алюмосиликатных соединений в силь-

нощелочной среде (рис. 1.). Согласно Дж. Давидовичу, реакция получения геополимеров протекает в три стадии [5]:

— на первой стадии происходит растворение оксидов кремния и алюминия в щелочной среде — концентрированном растворе NaOH или KOH;

— на второй — расщепление природных полимерных структур на мономеры;

— на третьей — схватывание и уплотнение в результате превращения мономеров в полимерные материалы.

В твердеющих геополимерах постепенно образуются трехмерные алюмосиликатные структуры с эмпирической формулой



где M — это атомы или катионы K, Na или Ca, n — степень поликонденсации, z равно 1, 2, 3 или более [4]. Структуру материала образуют тетраэдры  $[SiO_4]^{4-}$  и  $[AlO_4]^{5-}$  связанные между собой кислородными мостиками. Соединения Si — O — Al замыкаются в цепи и кольца (рис. 2). Положительный заряд ионов ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ) компенсируется отрицательно заряженным четырехкоординатным ионом алюминия.

Исследования геополимеров методами термического анализа, ядерного магнитного резонанса, ртутной порометрии и БЭТ позволили [7] уточнить структуру исследованного материала (рис. 3). В порах геополимера содержится вода и катионы натрия или калия химически с ним не связанные. При высушивании они мигрируют на поверхность материала и подвергаются атмосферной карбонизации [7].

Первым этапом структурообразования геополимеров является растворение алюмосиликатного сырья. По данным [8] растворение стекловидного алюмосиликата происходит следующим образом (рис. 3): в начале идет обмен ионов  $H^+$  на  $Ca^{2+}$  и  $Na^+$ , затем происходит гидролиз алюмосиликатных соединений, разрушение деполимеризованной стекловидной структуры и расщепление соединений кремния и алюминия на мономерные структуры.

Прочность геополимера [9] на основе метаксаолина и жидкого стекла с добавкой гидроксида натрия повышается с уменьшением расхода воды и отношения  $Na_2O/SiO_2$ . Методом ЯМР было установлено, что в составах с высоким расходом воды силикат натрия не полностью реагирует с метаксаолином, вследствие чего натрий





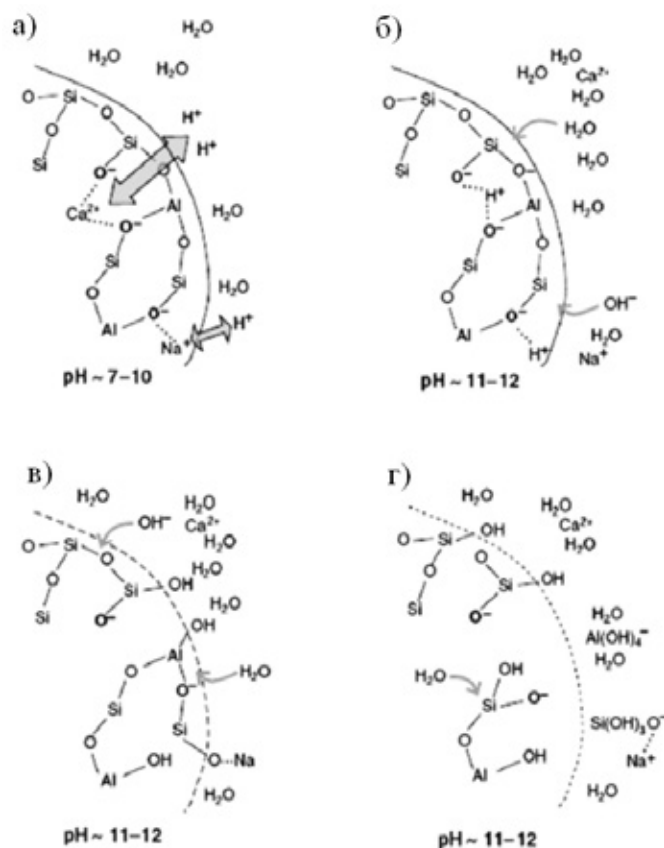


Рис. 4. Механизм растворения стекловидного алюмосиликата на ранней стадии реакции согласно [8]. Элементы Si и Al представлены тетраэдрами, соединенными между собой при помощи атомов кислорода

мигрирует к поверхности и вступает в реакцию с  $\text{CO}_2$  образуя на поверхности, вероятнее всего  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Provis J. L. и др. [10] предлагают более сложную модель химических процессов твердения геополимера. Они считают, что после нескольких стадий превращений из силикатного и алюминатного мономеров образуется аморфный алюмосиликатный гель и цеолитная фаза (рис. 4).

Практически все авторы отмечают, что структурообразование геополимерных материалов до конца не изучено.

Сложность изучения этой проблемы на сегодняшний день заключается в несовершенстве методов идентификации процессов и продуктов реакции геополимеризации. Отсутствие кристаллических фаз геополимерных вяжущих не позволяет использовать рентгеноструктурные методы для их исследований. Ядерно-магнитный резонанс, инфракрасная спектроскопия и дифференциально-термический анализ также не позволяют выявить фазовый состав материалов в процессе их геополимеризации.

Литература:

1. Davidovits, J. 30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications. Market Trends and Potential Breakthroughs // Geopolymer 2002 Conference, October 28–29, 2002, Melbourne, Australia.
2. Davidovits, J. Milestones in geopolymers // Concrete International. 1994. Vol. 16, N°12. P. 53–58.
3. Davidovits, J. High-Alkali Cements for 21st Century Concretes // Concrete Technology, Past, Present and Future: proceedings of Symposium. 1994. P. 383–397.
4. Škvára, F. Alkali activated materials or geopolymers? // Ceramics — Silikáty. 2007. N. 51 (3). P. 173–177.
5. Davidovits, J. Chemistry of Geopolymeric Systems Terminology // Geopolymer 1999. Saint-Quentin, France. P. 9–40.
6. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and sustainable Development. The Poly (sialate) terminology: a very useful and simple model for the promotion and understanding of green-chemistry // proceeding of the world congress Geopolymer 2005. France, Saint-Quentin, 2005. P. 9–15.
7. Barbosa, V.F.F., Mackenzie K.J.D., Thaumaturgo C. Synthesis and characterisation of materials based on inorganic polymers of alumina and silica: sodium polysialate polymers // Int. J. Inorg. Mater. 2000 Vol. 2, Iss. 4, 2. P. 309–317.

8. Duxson, P., Provis J. L. Designing precursors for geopolymer cements // J. Am. Ceram. Soc. 2008. N. 91 (12). P. 3864–3869.
9. Barbosa, V.F. F., Clelio D., Mackenzie K.J. Synthesis and Characterization of Sodium Poly (sialate) Inorganic Polymer Based on Alumina and Silica // Geopolymer '99: Proceedings of international conference. Saint-Quentin, France. 1999. P. 65–78.
10. Provis, J. L., Duxon P., Van Deventer J. S. J., Lukey G. C. The role of mathematical modeling and gel chemistry in advancing geopolymer technology // Chem. Eng. Res. Des. 2005. N. 83. P. 853–860.

## Последовательность тензометрических испытаний внутренних элементов железобетонных конструкций

Жуков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Фаина Александра Александровна, студент  
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В современных условиях, когда строительные конструкции имеют зачастую сложную форму, в результате чего достоверность и точность расчетов таких конструкций снижается, исследование прочностных и деформационных характеристик строительных конструкций целесообразно проводить с использованием тензорезистивных методов.

Получение достоверных результатов экспериментальных исследований обеспечивается измерением деформаций. При деформации электропроводящих материалов происходит изменение их удельного электрического сопротивления и, как следствие, — изменение сопротивления чувствительного элемента датчика. Переход от деформаций к напряжениям осуществляется посредством специальных зависимостей, в частности для тензометрических систем через закон Гука.

$$\sigma = \varepsilon \cdot E,$$

где  $\varepsilon$  — относительная деформация,  $E$  — модуль упругости.

Рассмотрим применение тензометрических методов исследования строительных конструкций на примере тензометрической станции ММТС.64.01. Предварительный этап исследований заключается в тарировке тензометрической станции. Для тарировки применяется стандартная тарировочная балочка с поперечным сечением 30x6 мм и длиной 340 мм. Схема устройства для тарировки представлена на рис. 1. Использовались 4 датчика на бумажной основе, наклеенные в зоне чистого изгиба тарировочной балочки (растяжение). Для тарировки применялись проволочные тензорезисторы с базой 20 мм на бумажной основе.

Целью данного испытания является выявление процента погрешности при измерении тензостанции по отношению к эталонным деформациям, задаваемым тарировочной балкой. Прогиб балки измерялся индикатором часового типа с точностью 0,01 мм. Известно, что при прогибе в 1 мм на поверхности балки, в зоне чистого изгиба,

возникают относительные деформации, равные  $\varepsilon = 60 \times 10^{-5}$ . В соответствии с законом Гука эталонные напряжения, возникающие на поверхности балочки в зоне чистого изгиба,

$$\sigma = \varepsilon \cdot E = 60 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 = 123,6 \text{ МПа.}$$

Зафиксированное напряжение на поверхности тарировочной балочки составило 131,34 МПа. Отношение полученных тензостанцией напряжений к эталонным напряжениям равно  $131,34/123,6 = 1,06$ , следовательно, тензостанция завышает напряжения на 6 %. Погрешность измерения равна 6 %, что вполне приемлемо. При переходе к напряжениям должна производиться корректировка полученных значений путем деления на коэффициент 1,06.

После тарировки тензометрической станции разрабатывается схема исследований и подготавливается исследуемая конструкция. Для исследования напряжений на арматуре каркаса необходимо наклеить тензометрические датчики на наиболее нагруженные по предварительным оценкам места конструкции. Тензорезисторы выполнены из константановой проволоки на бумажной основе с базой 20 мм (сопротивление  $R = 201,4$  Ом, коэффициент тензочувствительности  $K = 2,19$ ). Соединение тензодатчика с кабелем измерительной станции выполнено с помощью клеммы в пластиковой оболочке через провод типа МГТФ диаметром 0,7 мм. Кабели изготовлены из проводов МГТФ и БПВЛ. Общий вид тарировочной установки приведен на рис. 2.

Наклейка датчиков, которые будут впоследствии находиться внутри железобетонной конструкции, производится в следующей технологической последовательности [1]:

- поверхность арматуры зачищается наждачной бумагой № 100;
- поверхность промывается техническим ацетоном до полной очистки;
- кисточкой наносится тонкий слой клея БФ–2 на подготовленную поверхность арматуры и тензорезистор;

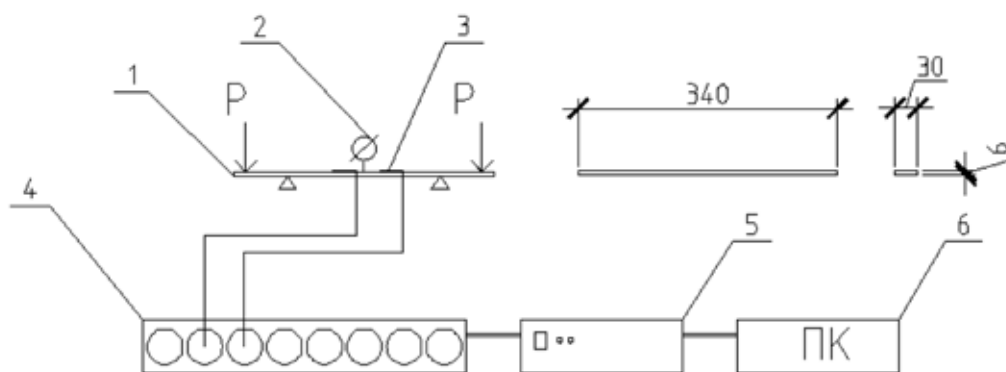


Рис. 1. Схема тарировочного испытания, где 1 — тарировочная балка; 2 — индикатор часового типа; 3 — тензорезистор; 4 — модуль подключения кабелей; 5 — интерфейсный блок; 6 — персональный компьютер

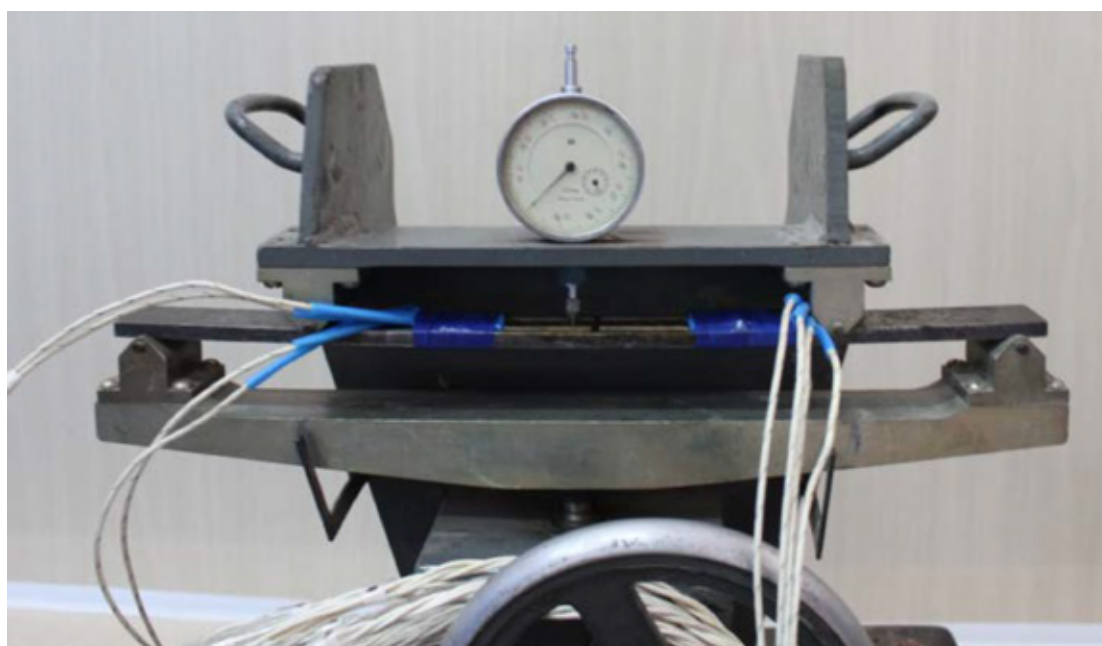


Рис. 2. Общий вид тарировочной установки

— в течение 30–40 секунд клей на поверхности арматуры и тензодатчика подсушивается феном при температуре 100–110 °С;

— наносится следующий слой клея на поверхность арматуры;

— тензодатчики приклеиваются к арматуре продольно (соосно);

— на датчик укладывается полиэтиленовая пленка и прижимается резиновым валиком для удаления излишка клея;

— производится просушка клея феном в течение 10–15 минут, после чего конструкции досушиваются в естественных условиях в течение 3–5 дней.

Для исследования напряжённо–деформированного состояния консоли датчики, приклеенные на арматуру, гидроизолируют следующим образом:

— выводы датчиков изолируют термоусадочной трубкой диаметром 2 мм, которая при нагревании открытым огнем уменьшается в размере в несколько раз, тем самым отсекая доступ влаги к тензорезистору (рис.3а);

— на каждый датчик наносится слой силиконового герметика (рис.3б);

— от проникновения влаги каждый тензорезистор должен быть защищён изоляционной лентой (рис.3в), вследствие чего герметик при обжати изоляционной лентой расширяется и заполняет все пустоты.

Для записи данных изменения деформаций с тензорезисторов использовалась «Многоканальная тензометрическая станция ММТС–64.01» производства НИИ им. Чаплыгина, г. Новосибирск (рис.4).

Микропроцессорная многоканальная тензометрическая система ММТС–64.01 обеспечивает сбор и изме-



Рис. 3. Последовательность гидроизоляции тензорезисторов: а — вид проводов, обжатых термоусадочной трубкой; б — вид датчика, обработанного силиконовым герметиком; в — вид датчика, защищённого изоляционной лентой



Рис. 4. Общий вид тензометрической системы

рение электрических сигналов с тензодатчиков, наклеенных на рабочую арматуру с целью контроля за упругими деформациями арматурных стержней, работающим в испытываемой конструкции, в дальнейшем относительные деформации регистрируют средствами вычислительной техники. Система ММТС–64.01 обеспечивает измерение по следующим схемам включения датчиков:

- измерение по схеме «1/4 мост»;
- измерение по схеме «термопреобразователь»;
- измерение по схеме «мост»;
- измерение по схеме «1/2 мост».

Тензометрическая система ММТС–64.01 рассчитана на работу в условиях умеренного климата при температурах окружающего воздуха от 10 °С до 35 °С, относительной влажности воздуха до 80 % при температуре + 25°С, атмосферном давлении от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм. рт. ст.).

Тензометрическая система ММТС–64.01, поставляемая по ТУ–02/2062.01.01, удовлетворяет требованиям ГОСТ 12997–84 в части к ним относящимся. Про-

граммное обеспечение для обслуживания ММТС–64.01 требует для работы операционную систему не ниже Windows XP.

Для проведения эксперимента в таблицу необходимо внести следующие данные:

- адреса датчиков в системе, начиная с  $n$ -го датчика, в зависимости от номера подключенного кабеля (шлейфа). Если подключение осуществляется с первого разъема, то с 1-го датчика, если со второго разъема — с 8-го датчика и т. д.;
- диапазон, характерный для этого типа датчиков (высчитывается автоматически);
- коэффициент тензочувствительности равный 2,19 (из паспорта датчика);
- модуль упругости для стали 206000МПа (21000 кг/мм<sup>2</sup>);
- коэффициент Пуассона для стали, равный 0,3;
- номинал сопротивления датчиков, равный 200 Ом.

Остальные столбцы таблицы принимаются в соответствии с рекомендациями инструкции по эксплуатации [1].

Таким образом, тензометрическая система готова к проведению физического эксперимента. К моменту проведения исследования необходимо подготовить план проведения испытаний, в котором определены шаг нагру-

жения, время выдерживания конструкции под нагрузкой для стабилизации деформаций и напряжений, максимальная и минимальная расчетная нагрузки и другие необходимые для исследования данные [2].

Литература:

1. Жуков А. Н. Восстановление работоспособности смешанных каркасов зданий первого класса ответственности диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.01; [Место защиты: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства] — Пенза, 2013. — 201 с.
2. Жуков А. Н. Экспериментальное исследование по восстановлению консолей колонн с использованием балансирующего устройства // Молодой ученый. 2012. № 3. С. 37–40.

## Ремонт топливопроводов высокого давления топливной системы двигателей внутреннего сгорания автомобилей

Захаров Юрий Альбертович, кандидат технических наук, доцент;  
Головин Андрей Игоревич, студент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Обеспечение топливной экономичности и технической готовности мобильной техники являются основными задачами хозяйств, эксплуатирующих автомобили, автобусы, специализированную технику, тракторы и так далее. Одной из статей расхода топлива является наличие проливов при заправке, обслуживании и эксплуатации мобильных машин. На величину проливов топлива в значительной мере оказывает влияние техническое состояние топливопроводов топливной системы машины, в особенности топливопроводов высокого давления. В статье рассмотрены основные дефекты топливопроводов высокого давления и методы их устранения.*

**Ключевые слова:** пролив, топливо, топливопровод, ремонт, расход топлива, топливная система, восстановление, топливная аппаратура.

Экономия топлива при эксплуатации автопарка всегда являлась и является актуальной задачей для хозяйствующих субъектов. Снижение годового расхода топлива эксплуатируемой техникой положительно сказывается не только на величине эксплуатационных затрат, но и на экологическом состоянии окружающей среды.

Неполное и неравномерное сгорание топлива является основной причиной загрязнения воздуха. В отработавших газах автомобилей и другой мобильной техники с ДВС содержится более 170 вредных веществ, примерно 160 и которых — производные углеводородов, тесно связаны с неполным сгоранием топлива [1].

Кроме того, экология страдает и от так называемых «проливов» топлива при заправке и эксплуатации мобильных машин. Проливы могут составлять до 15 процентов от общего уровня годового расхода топлива автомобилем.

Основными причинами наличия проливов топлива является небрежное выполнение операций при техническом обслуживании и ремонте топливной системы автомобиля и взаимосвязанных систем и механизмов, нарушение герметичности соединений узлов и агрегатов топливной си-

стемы, наличие дефектов трубопроводов высокого и низкого давления [1–2].

На общий расход топлива влияет техническое состояние машины и её систем, условия эксплуатации, качество топлива, окружающая среда и квалификация водителя.

Топливная система автомобиля предназначена для обеспечения своевременной подачи топлива в камеру сгорания цилиндров ДВС, и она является одной из самых важных систем современного автомобиля [1, 3–4]. Топливная система включает два основных контура — контур низкого и контур высокого давления. Отличием контуров является величина давления, при котором топливо протекает по ним.

Одной из основных неисправностей топливной аппаратуры мобильных машин является износ рабочих поверхностей наконечников трубопроводов высокого давления и, как следствие, нарушение герметичности, ведущей к появлению перерасхода топлива в виде проливов [1, 5].

Кроме того, нарушение герметичности контуров топливной системы ведет к снижению эффективности впрыска топлива в камеры сгорания и общему снижению КПД двигателя и машины в целом. То есть утечки топлива

в системе питания, кроме роста расхода, приводят к нарушению нормального режима работы двигателя [1–3].

На дизельных двигателях используются разъемные топливопроводы высокого давления, которые включают короткий топливопровод, промежуточный штуцер и длинный топливопровод. Для обеспечения надежной работы топливной системы топливопроводы крепятся к кронштейну при помощи клеммеров. Помимо этого, топливопроводы на выходе из топливного насоса высокого давления дополнительно скрепляются между собой алюминиевыми планками.

К характерным дефектам топливопроводов высокого давления относят:

- деформация уплотнительного конуса;
- уменьшение внутреннего диаметра на концах трубопроводов;
- изгибы с радиусом кривизны меньше допустимого;
- уменьшение длины трубопроводов при повторных насадках концов трубок;
- местные износы и вмятины на наружной поверхности трубок;
- повреждение гаек и штуцеров.

Наличие таких дефектов приводит к нарушению нормального функционирования топливной системы, из-за чего происходит снижение мощности и рост расход топлива.

Большинство подобных дефектов выявляют визуально — внешним осмотром.

Деформация (замытие) поверхности уплотнительного конуса приводит к потере герметичности контура топливной системы, появлению проливов, снижению эффективности топливоподачи и так далее.

Уменьшение внутреннего диаметра концов трубопровода проверяют нормальным калибром или калиброванной проволокой диаметром 1,7 мм, которую вставляют на глубину 20–25 мм от торца топливопровода. Уменьшение внутреннего диаметра топливопровода приводит к увеличению ее гидравлического сопротивления со всеми, вытекающими отсюда, последствиями.

Изгибы с малыми радиусами закруглений, как и наружная деформация трубопроводов, создают дополнительное гидравлическое сопротивление потоку топлива по трубопроводам, что приводит к снижению КПД системы, появлению лишней нагрузки на топливный насос и к общей дестабилизации работы двигателя.

Уменьшение длины в результате проведенных ремонтных воздействий или по другим причинам может привести к возникновению излишних напряжений растяжения трубопроводов топливной системы, что приведет к появлению трещин, разрывов, изломов и так далее, ведущее к потере герметичности системы.

Повреждение гаек и штуцеров также приводит к потере герметичности и появлению соответствующих последствий в виде снижения мощности, КПД и так далее.

Топливопроводы высокого давления восстанавливают путем пластической деформации (высадкой) или полной

заменой наконечника. Для осуществления высадки топливопровод с дефектным наконечником подвергают высокотемпературному отжигу при температуре 700..800 С°, для снижения прочности материала и придания ему пластичности. Затем, наконечник отрезают, а конец трубки очищают от заусенцев напильником или абразивным инструментом. Корпус высаживают на специализированных стендах или устройствах с применением гидравлических или механических прессов.

Для полной замены конусного наконечника конец трубки топливопровода с поврежденным наконечником отрезают и снимают с полученного торца заусенцы. Затем, предварительно изготовленный новый наконечник приваривают к обрезанному торцу топливопровода. Сварку в большинстве случаев используют газовую, торцы соединяемых трубок опиливают, уделяя особое внимание ровности среза и чистоте внутреннего диаметра трубопровода. Перед сваркой трубопровод необходимо продуть сжатым воздухом. После восстановления проверяют внутренний диаметр в месте сварки с помощью калибра или шарика соответствующего диаметра.

Комплект отремонтированных такими образом топливопроводов высокого давления необходимо испытать на пропускную способность (гидравлическое сопротивление).

Восстановленные газовой сваркой или вновь изготовленные топливопроводы должны быть проверены на прочность и выдержать давление топлива, превышающее на 50% максимальное давление впрыска топлива.

Пропускную способность топливопроводов высокого давления определяют на стене для испытания топливной аппаратуры. Для этого присоединяют поочередно к одной и той же секции работающего топливного насоса, проверяемые топливопроводы. Топливо необходимо собирать за одинаковые интервалы времени, при одной и той же частоте вращения вала при закрепленной в одном положении рейке насоса. Отклонение пропускной способности топливопроводов одного комплекта не должно превышать 5%.

Топливопроводы, которые имеют трещины и вмятины глубиной более 3 миллиметров, истирания (задиры) глубиной до 2 миллиметров, радиус изгиба менее 30 миллиметров или деформированный конусный наконечник, подлежат замене или ремонту.

Накидные гайки, которые имеют повреждения резьбы (более одного витка), а также смятие граней под ключ, подлежат выбраковке и замене.

Вмятины на трубопроводах устраняют правкой (прогонкой шарика определенного диаметра). При наличии трещин или переломов, а также истирания трубок дефектные места либо заваривают латуной с последующей зачисткой, либо вырезают с последующим соединением топливопроводов низкого давления — при помощи соединительных трубок, а высокого давления — сваркой встык. Если при этом длина трубопровода уменьшилась, то вставляют дополнительный кусок трубки.

Перед установкой на двигатель все топливные трубки должны быть тщательно промыты и хорошо продуты сжатым воздухом, а также опрессованы под давлением, для выявления негерметичности.

Таким образом, перерасход топлива при эксплуатации и обслуживании мобильных машин складывается из расхода топлива двигателем и проливов, образующихся в ре-

зультате наличия дефектов топливопроводов топливной системы.

Существующие методы восстановления и ремонта позволяют осуществлять восстановление работоспособности топливопроводов с сохранением основных технико-экономических показателей работы двигателей внутреннего сгорания и их систем.

#### Литература:

1. Захаров, Ю.А. Анализ оборудования, применяемого для диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных ДВС автомобилей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Молодой ученый. — 2015. — №2. — с. 154–157.
2. Захаров, Ю.А. Проверка, диагностика и испытание форсунок дизелей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.Г. Рылякин // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения): сборник статей Международной научно-практической конференции/МНИЦ ПГСХА. — Пенза: РИО ПГСХА, 2014. с. 43–47.
3. Захаров, Ю.А. Устройство для диагностики форсунок дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 45–47.
4. Захаров, Ю.А. Основные неисправности форсунок дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 43–44.
5. Захаров, Ю.А. Анализ оборудования, применяемого для диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных ДВС автомобилей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 29–33.

## Устройство для восстановления геометрии уплотнительного конуса топливопроводов высокого давления ДВС автомобилей

Захаров Юрий Альбертович, кандидат технических наук, доцент;

Головин Андрей Игоревич, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Годовой расход топлива автомобилем складывается из количества топлива использованного для обеспечения работы двигателя и потерь топлива в виде проливов и утечек. Одной из причин утечки топлива является потеря герметичности в элементах топливной системы, чаще всего в топливопроводах. В статье приводится описание конструкции и порядок работы с устройством для восстановления геометрии уплотнительных конусов (наконечников) пластическим деформированием.*

**Ключевые слова:** восстановление, топливопровод, топливная система, уплотнительный конус, наконечник топливопровода, пластическое деформирование, высадка.

Среди дефектов топливопроводов, приводящих к разрушению герметичности соединений и утечки топлива наиболее часто встречается нарушение геометрической формы и размеров уплотнительных конусов соединительных разъемов (наконечников) вследствие деформации поверхности [1–2]. Такие дефекты устраняются либо полной заменой деформированного наконечника путем удаления и замены его новым, либо путем форми-

рования нового наконечника непосредственно на ремонтируемом топливопроводе, если позволяет остаточная длина трубки. Формирование нового наконечника осуществляется путем пластического деформирования материала трубки (высадки) в специальных устройствах и придания ему требуемой геометрической формы и размеров.

Существующие устройства для высадки наконечников топливопроводов громоздкие и неудобные в ис-

пользовании, что приводит к снижению эффективности их применения и производительности процессов ремонта топливопроводов. Зачастую необходимо использовать гидравлические прессы, которые представляют достаточно сложный агрегат, что не в лучшую сторону сказывается на технологической надежности [3–5].

Предлагаемая конструкция устройства для высадки наконечника состоит из тринадцати деталей (рис. 1). К пластинам корпуса 1 приварена втулка 5 с внутренней резьбой под нажимной винт 4. На одном конце нажимного винта 4 имеется стыковочная часть квадратного сечения, на которую одевается вороток, состоящий из обоймы 3 и рукоятки 2. Другой конец нажимного винта 4 соединен с матрицей 10 стопорным кольцом 8.

Между матрицей 10 и нажимным винтом 4 находится направляющая втулка 7. В матрице 10 устанавливается центрирующий наконечник 9. Для снижения величины трения скольжения нажимного винта 4 по поверхности направляющей втулки 7 служит шайба 6. Высаживаемый трубопровод 14 фиксируется двумя половинками пуансона 11, которые вставляются в конусную втулку 12. В нижней части корпуса к пластинам 1 приваривается опора 13.

Работает устройство следующим образом (рис. 2).

При восстановлении неисправный наконечник отрезают от топливопровода и подрезают торец высаживаемого конца топливопровода перпендикулярно его оси. Затем высаживаемый конец топливопровода 14, через отверстие опоры 13 в нижней части корпуса устройства вставляют между половинками пуансона 11, которые установлены в конусной втулке 12. Для осадки пуансона 11 в конусной втулке 12 и более точного позиционирования высаживаемого топливопровода 14 применяют разрезную шайбу 15. Разрезная шайба 15 давит на пуансон 11, осаживая его в конусную втулку 12, тем самым, зажимая между половинками пуансона 11 высаживаемый топливопровод 14. Кроме того, высаживаемый топливопровод 14 необходимо позиционировать таким образом, чтобы его конец выступал над поверхностью разрезной шайбы 15 на 1–2 мм. Это позволит обеспечить необходимое положение высаживаемого трубопровода 14 в пуансоне 11.

Вращая вороток за рукоятки 2, перемещают нажимной винт 4 вниз, оказывая давление на матрицу 10 и разрезную шайбу 15. При этом происходит калибровка

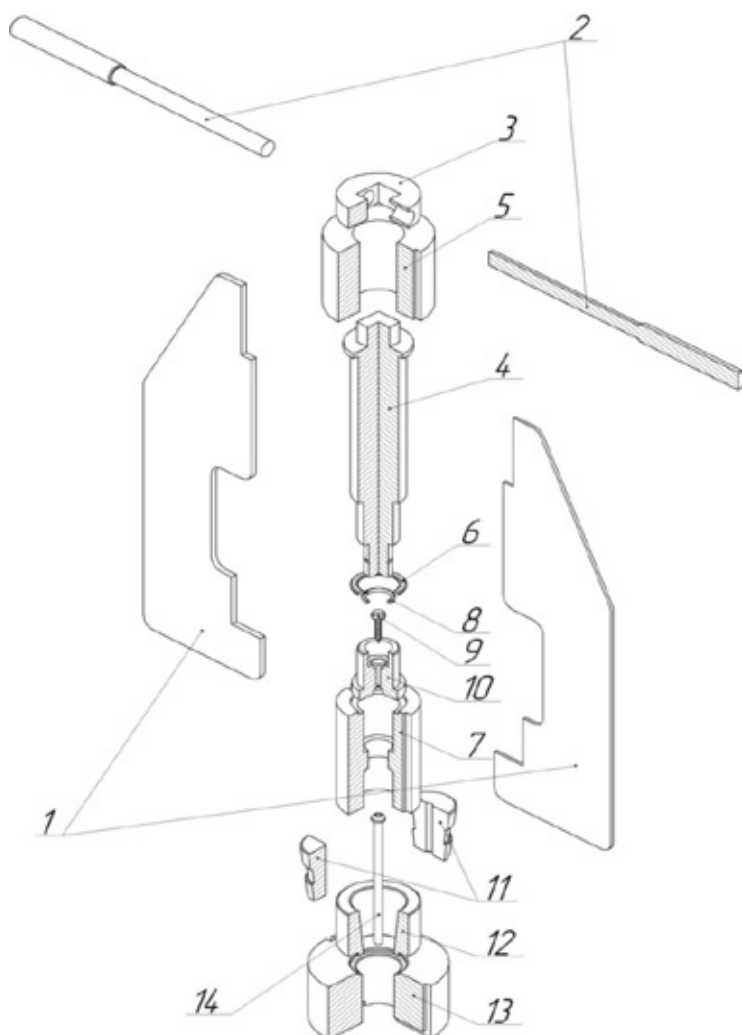


Рис. 1. Устройство для высадки наконечника топливопровода



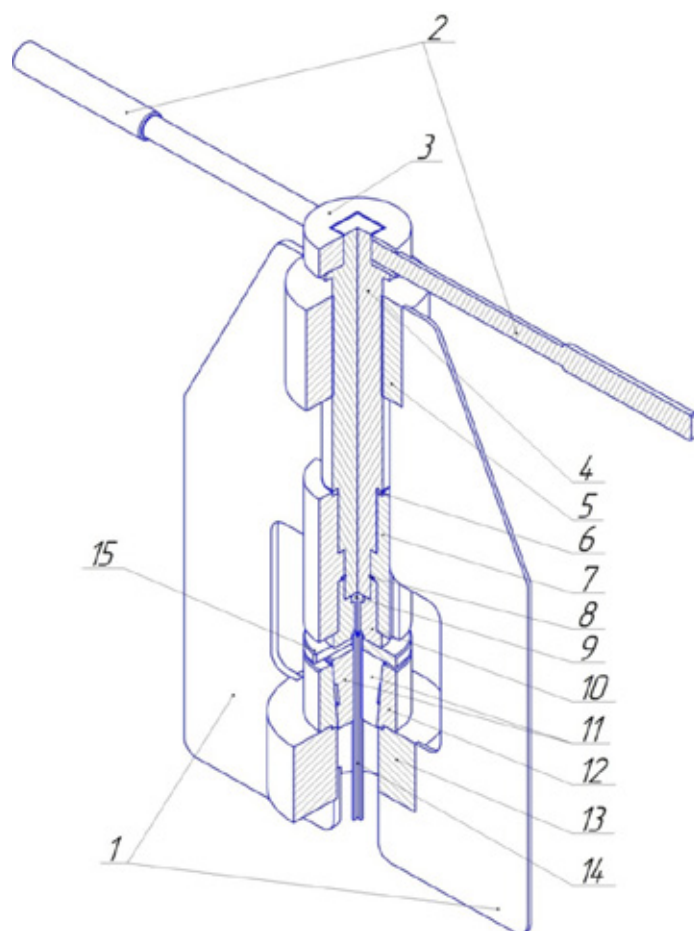


Рис. 2. Устройство для высадки наконечника топливопровода с разрезной шайбой

положения высаживаемого топливопровода 14, его фиксация в конусной втулке 12 посредством пуансона 11. После фиксации и калибровки высаживаемого топливопровода 14 разрезную шайбу 15 извлекают, сняв давление нажимного винта 4 путем его перемещения вверх. Затем, повторно нагружают матрицу 10, вращая вороток за рукоятки 2 и перемещая нажимной винт 4 вниз до полной высадки наконечника топливопровода 14 (рисунок 3).

Завершив высадку наконечника топливопровода 14, снимают нагрузку с матрицы 10, путем вращения воротка за рукоятки 2, поднимая нажимной винт 4 вверх. Для извлечения топливопровода 14 из пуансона 11, конусную втулку 12 приподнимают и, под нее, устанавливают разрезную шайбу 15. Между матрицей 10 и верхней поверхностью конусной втулки 12 устанавливают разрезную коронку 16. Вращая рукоятки 2, нагружают коническую втулку 12, через разрезную коронку 16. При этом половинки пуансона 11 упираются в разрезную шайбу 15 — происходит освобождение высажи-

ваемого топливопровода 14. Процесс высадки наконечника завершен.

Предлагаемая конструкция устройства для ремонта топливопроводов высокого давления направлена на устранение недостатков существующих приспособлений и обладает рядом преимуществ [6–7]:

1. Меньшая материалоемкость (особенно по сравнению с приспособлениями, использующими гидропрессы).
2. Высокая мобильность, ввиду малых габаритных размеров и массы.
3. Возможность применения практически в «полевых» условиях.
4. Простота и надежность конструкции.
5. Не требует специальных навыков и узкой специализации.
6. Возможность изготовления силами предприятия не располагающего широкой номенклатурой станочного металлообрабатывающего оборудования.
7. Низкая стоимость изготовления и эксплуатационных издержек.

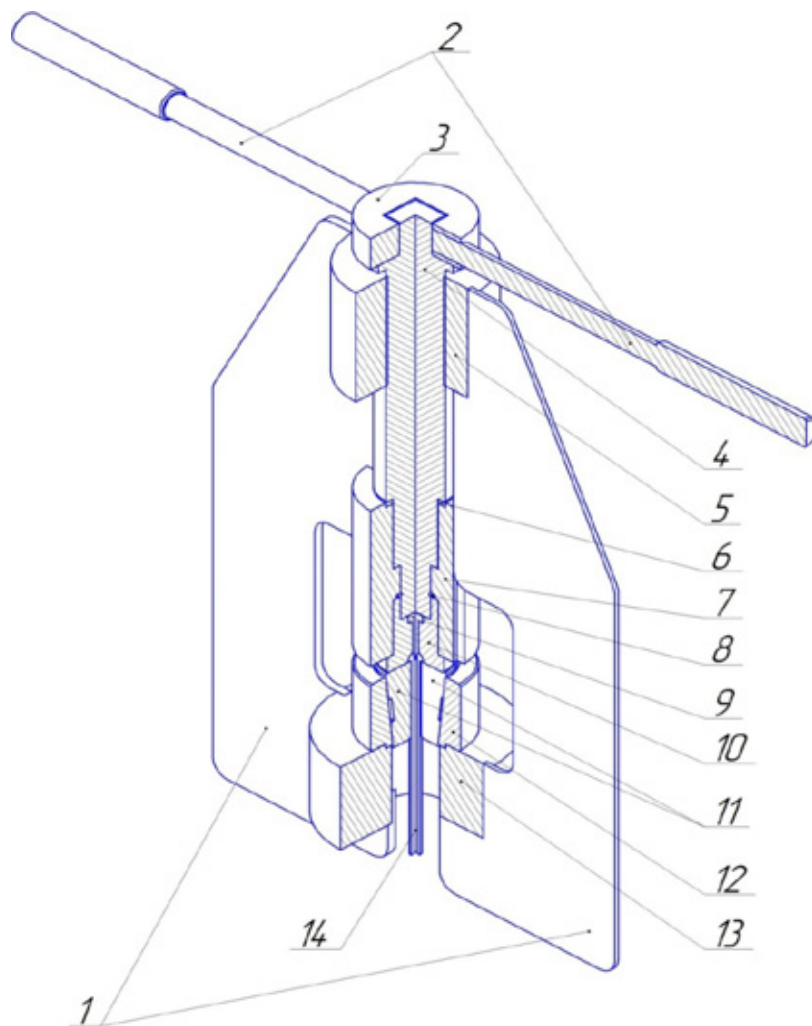


Рис. 3. Работа устройства для высадки наконечника топливопровода

#### Литература:

1. Захаров, Ю.А. Анализ оборудования, применяемого для диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных ДВС автомобилей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Молодой ученый. — 2015. — №2. — с. 154–157.
2. Захаров, Ю.А. Проверка, диагностика и испытание форсунок дизелей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.Г. Рьякин // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения): сборник статей Международной научно-практической конференции/МНИЦ ПГСХА. — Пенза: РИО ПГСХА, 2014. с. 43–47.
3. Захаров, Ю.А. Устройство для диагностики форсунок дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 45–47.
4. Захаров, Ю.А. Основные неисправности форсунок дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 43–44.
5. Захаров, Ю.А. Анализ оборудования, применяемого для диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных ДВС автомобилей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 29–33.
6. Захаров, Ю.А., Кульков Е.А. Актуальность проведения диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных двигателей мобильных машин // Современные научные исследования и инновации. 2015. №3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/50010> (дата обращения: 30.03.2015).

7. Захаров, Ю.А., Кульков Е.А. Технологический процесс проверки топливных форсунок дизелей автомобилей «КамАЗ» модернизированным устройством для диагностики и испытания форсунок дизелей // Современные научные исследования и инновации. 2015. №3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/49912> (дата обращения: 30.03.2015).

## Приспособление для замены наконечников топливопроводов высокого давления топливной системы ДВС автомобилей

Захаров Юрий Альбертович, кандидат технических наук, доцент;

Головин Андрей Игоревич, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*При ремонте и восстановлении топливопроводов высокого давления топливных систем автомобильных (и не только) двигателей, возникает необходимость восстановления геометрии уплотнительных конусов наконечников. Наибольшее распространение получило формирование нового наконечника вместо дефектного путем пластического деформирования обрезанной трубки топливопровода в специальных устройствах. Однако, такой способ предполагает наличие достаточной длины топливопровода. В противном случае прибегают к наращиванию нового наконечника путем приварки нового или изготовленного наконечника к торцу трубки топливопровода, подвергаемого ремонту. В статье описано приспособление, облегчающее процесс стыковки ремонтируемого топливопровода и нового наконечника для последующей их соединения с помощью сварки.*

**Ключевые слова:** восстановление, ремонт, уплотнительный конус, приспособление, топливопровод высокого давления, сварка.

Восстановление геометрической формы и размеров уплотнительного конуса наконечника топливопровода можно осуществить, формируя новый наконечник непосредственно на ремонтируемом топливопроводе. Для этого применяют пластическое деформирование материала трубки в специальном устройстве [1–3].

Однако при таком способе восстановления уменьшается длина топливопровода, что может привести к затруднению монтажа и даже к изменению угла опережения впрыска топлива. Поэтому, при отсутствии запаса длины у топливопровода, целесообразно применять другой способ восстановления геометрии наконечника [4–5].

В таких случаях на токарном станке или с помощью высаживающего устройства изготавливают наконечник длиной равной длине отрезаемого наконечника топливопровода или более (при необходимости). Затем новый наконечник приваривают к ремонтируемому топливопроводу. Сварка осуществляется встык и при этом очень важно обеспечить неподвижность и соосность свариваемых частей [6–7].

Для обеспечения этих условий предлагается применять приспособление для приварки наконечников топливопроводов высокого давления.

Предлагаемая конструкция приспособления для приварки наконечников топливопроводов высокого давления состоит из скобы 1, к которой с одной стороны приваривается втулка 3, в которую кручен зажимной винт 2 (рис. 1, 2).

На конце зажимного винта 2 располагается контргайка 4, а внутри него установлен центрирующий стержень 5. С другой стороны скобы 1 приварена направляющая втулка 7, внутри которой находятся два сухаря 8.

Направляющая втулка 7 несет на себе два фиксирующих винта 6.

Работает приспособление следующим образом.

Приспособление закрепляется в тисках на верстаке за скобу 1 (рис. 1, 2).

После чего, заранее подготовленный новый наконечник 10 топливопровода, устанавливают в устройство, уперев его отверстием конуса в центрирующий стержень 5.

Центрирующий стержень 5 выполнен сменным и может иметь различную конфигурацию заостренной части, вплоть до наличия центрирующе-калибрующей части диаметром 2 мм, на которую одевается наконечник топливопровода 10.

Затем ответная часть топливопровода 9 располагается между сухарями 8 и вместе с ними вводится в направляющую втулку 7. Установив ответную часть топливопровода 9 в необходимую позицию, фиксируют топливопровод в направляющей втулке 7 посредством зажима сухарей 8 винтами 6.

Впоследствии, вращая зажимной винт 2, осуществляют плотное прижатие наконечника 10 к ответной части топливопровода 9. При необходимости, в предполагаемое место сварки можно установить стержень диаметром 2 мм

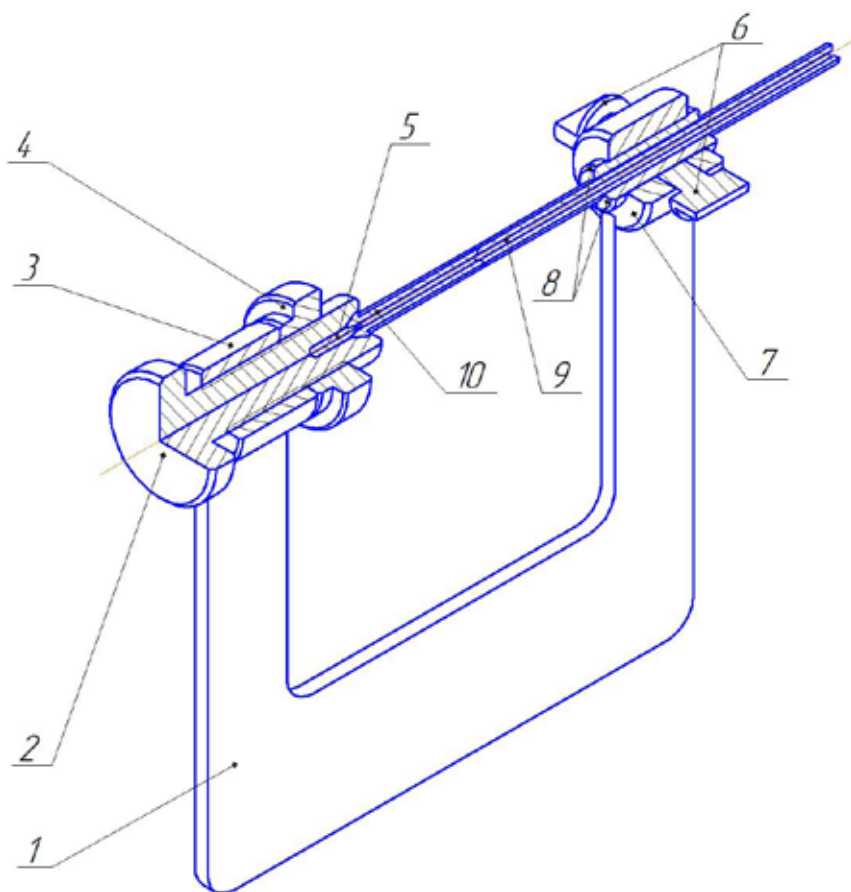


Рис. 1. Приспособление для приварки наконечника топливопровода высокого давления

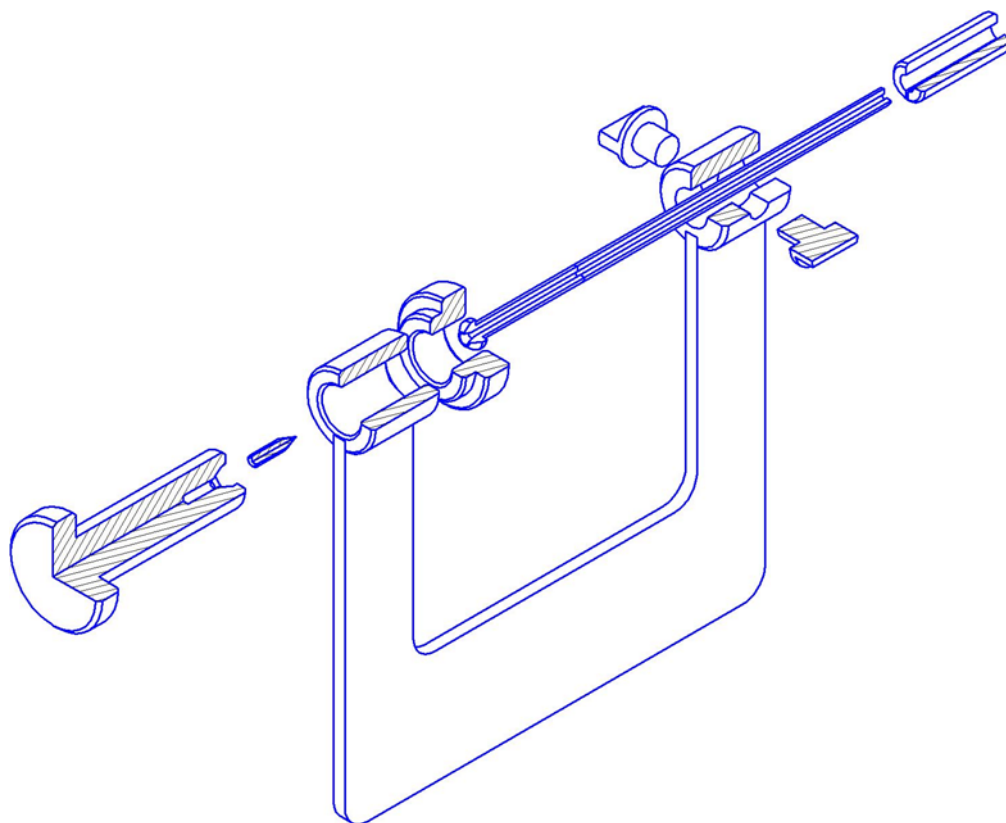


Рис. 2. Приспособление для приварки наконечника топливопроводов высокого давления с разнесенными деталями

для обеспечения наилучшего центрирования места стыка трубопровода с наконечником 10.

После достижения необходимого состояния сопряжения наконечника 10 с ответной частью 9 положение зажимного винта 2 фиксируют контргайкой 4, обеспечив тем самым надежную фиксацию деталей в приспособлении.

В процессе приваривания наконечника 10 к ответной части 9 может возникнуть необходимость в проворачивании свариваемых деталей в осевом направлении с целью обеспечения доступа к не проваренной поверхности стыка. Для этого, отпустив контргайку 4, и, отвернув зажимной винт 2, проворачивают на необходимый угол топливопровод с последующей его фиксацией в обратной последовательности.

По окончании сварки ослабляют винты 6, извлекают отремонтированный топливопровод вместе с сухарями 8 из направляющей втулки 7. Снимают сухари 8 с топливопровода и отправляют его на контроль сечения сварки.

Контроль сечения сварки осуществляют калибром диаметром 2 мм или шариком того же диаметра. При необходимости проводят рассверловку места стыка через отверстие наконечника сверлом диаметра 2 мм.

Основные отличия предлагаемой конструкции от существующих решений:

1. Меньшая материалоемкость.
2. Высокая мобильность, ввиду малых габаритных размеров и массы.
3. Возможность применения практически в «полевых» условиях.
4. Простота и надежность конструкции.
5. Не требует специальных навыков и узкой специализации.

#### Литература:

1. Захаров, Ю.А. Анализ оборудования, применяемого для диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных ДВС автомобилей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Молодой ученый. — 2015. — №2. — с. 154–157.
2. Захаров, Ю.А. Проверка, диагностика и испытание форсунок дизелей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.Г. Рылякин // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения): сборник статей Международной научно-практической конференции/МНИЦ ПГСХА. — Пенза: РИО ПГСХА, 2014. с. 43–47.
3. Захаров, Ю.А. Устройство для диагностики форсунок дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 45–47.
4. Захаров, Ю.А. Основные неисправности форсунок дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 43–44.
5. Захаров, Ю.А. Анализ оборудования, применяемого для диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных ДВС автомобилей [Текст]/Ю.А. Захаров, Е.А. Кульков // Materiály XI mezinárodní vědecko — praktická konference «Moderní vymoženosti vědy — 2015». — Díl 15. Technické vědy.: Praha. Publishing House «Education and Science» s. r. o — S. 29–33.
6. Захаров, Ю.А., Кульков Е.А. Актуальность проведения диагностики, испытания и проверки форсунок дизельных двигателей мобильных машин // Современные научные исследования и инновации. 2015. №3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/50010> (дата обращения: 30.03.2015).

6. Большая производительность и комфорт использования, по сравнению с приваркой наконечников с помощью подручных средств.

7. Возможность изготовления силами предприятия не располагающего широкой номенклатурой станочного металлообрабатывающего оборудования.

8. Низкая стоимость изготовления и эксплуатационных издержек.

Восстановление работоспособности топливопроводов высокого давления топливных систем автомобильных двигателей значительно дешевле, чем приобретение новых.

Кроме того, не всегда существует возможность приобрести новые топливопроводы и оперативно провести замену. Особенно это актуально, если ремонт производится непосредственно на машине в «полевых» условиях.

Немаловажное значение имеет тот факт, что восстановление таким способом работоспособности уплотнительных конусов топливопроводов можно проводить многократно с наименьшими финансовыми и трудовыми затратами.

Таким образом, рассмотренная конструкция позволяет осуществлять полную замену дефектного наконечника топливопровода высокого давления, с возможностью наращивания длины трубки топливопровода.

Простота конструкции обеспечивает долговечность и надежность приспособления в эксплуатации, а возможность транспортирования и крепления в подручных приспособлениях (тисках, струбцинах и так далее) повышает производительность и удобство работы с ним.

Изготовление подобного приспособления силами хозяйства с последующим его обслуживанием и ремонтом при эксплуатации не требует значительных вложений.

7. Захаров, Ю.А., Кульков Е.А. Технологический процесс проверки топливных форсунок дизелей автомобилей «КамАЗ» модернизированным устройством для диагностики и испытания форсунок дизелей // Современные научные исследования и инновации. 2015. №3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/49912> (дата обращения: 30.03.2015).

## Обеспечение безопасности пешехода в условиях недостаточной видимости

Ильина Ирина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Исхаков Марат Маликович, старший преподаватель  
Оренбургский государственный университет

Кокарев Павел Игоревич, студент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Пожидаева Екатерина Сергеевна, студент  
Оренбургский государственный университет

На протяжении последних лет прослеживается устойчивая тенденция снижения показателей аварийности с участием детей-пешеходов (табл. 1, рис. 1), но, несмотря на это проблема детского дорожно-транспортного травматизма имеет признаки катастрофы. [3]

В темное время суток фиксируется много дорожно-транспортных происшествий, среди которых основные — это наезды транспортных средств на пешеходов, велосипедистов. В условиях недостаточной освещенности человек воспринимает только 5% от того, что он может различить днем.

Таблица 1. Показатели аварийности с участием детей-пешеходов за 6 месяцев в период 2008–2014 гг.

	ДТП	Погибло	Ранено	Удельный вес ДТП с участием детей от всех ДТП
2008	5150	167	5158	54,4
2009	4524	162	4498	52,7
2010	4661	148	4655	53,0
2011	4172	129	4176	50,1
2012	4212	133	4210	46,3
2013	4008	102	4017	44,1
2014	3779	95	3793	43,1

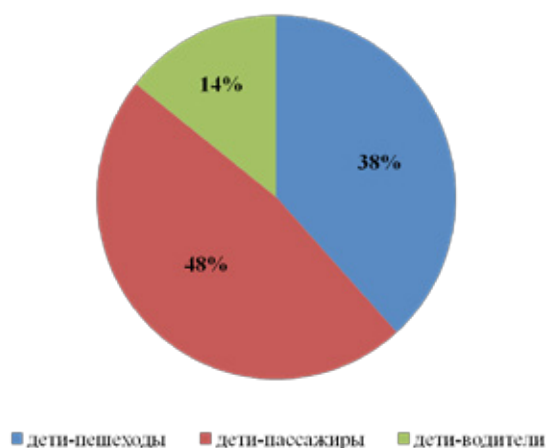


Рис. 1. Распределение аварийности по категориям участников дорожного движения с детьми и подростками за последние 5 лет на территории РФ

Примерно 50% дорожно-транспортных происшествий (ДТП) связанных с наездом автотранспорта на пешеходов (детей) происходит на улицах местного значения, 22% ДТП — на улицах общегородского значения, 20% ДТП — на улицах районного значения.

В силу своего возраста, психофизиологических особенностей и отсутствия опыта дети не соблюдают Правила дорожного движения, не ориентируются в дорожных ситуациях. Чаще всего ребенок попадает в ДТП на знакомой территории, там, где живет и учится. В данных местах наблюдательность его падает, он может не обратить внимания на приближающийся автомобиль. Закономерно, что дети-велосипедисты и те, которые управляют мопедом, скутером, мотоциклом попадают в ДТП в период с мая по сентябрь.

При переходе улицы, проезжей части дети чаще всего становятся участниками ДТП в летний и зимний период года. Это объясняется тем, что в летнее время у детей больше свободного времени и меньше контроля со стороны взрослых. В зимнее время рост количества наездов на детей-пешеходов можно объяснить недостаточной видимостью ребенка на проезжей части, обусловленной погодными условиями и темным временем суток.

Своевременное обнаружение водителем пешехода на проезжей части в темное время суток является основной причиной совершения ДТП. Ситуация усугубляется если пешеходы одеты в темную одежду, сливающуюся с фоном дорожного полотна и окружающей обстановкой. Ограничение скорости движения не приведет к значительному снижению таких аварий, так как водитель замечает пешехода на проезжей части с расстояния, не более, чем 25–30 м, и даже при скорости движения 50 км/ч остановочный путь автомобиля превышает данную дистанцию [1, 2].

В соответствии с пунктом 4.1 Правил дорожного движения Российской Федерации — при движении по обочинам или краю проезжей части в темное время суток или в условиях недостаточной видимости пешеходам рекомендовано иметь при себе предметы со световозвраща-

тельными элементами и обеспечивать видимость этих предметов водителям транспортных средств. К сожалению, не все пешеходы придерживаются данных рекомендаций.

Повысить уровень видимости и заметности пешеходов, а значит обезопасить себя в темное время суток от ДТП за счет увеличения расстояния до момента их обнаружения является главной целью использования световозвращающих элементов.

Принцип действия световозвращателя заключается в попадании света фар на специальную поверхность светоотражателя, преломления и отражения с очень высоким коэффициентом обратно в сторону автомобиля. Процесс светоотражения происходит в микропризмах, что усиливает эффект отражения.

В настоящее время существует две технологии изготовления световозвращающих материалов рис. 2а, рис. 2, б.

В настоящее время ассортимент товаров из светоотражающих элементов представлен достаточно широко: фликеры (подвески, наклейки, кулоны, значки, брелки), светоотражающие нарукавные повязки, тесьма и готовая одежда с деталями из светоотражающих материалов.

Цель и задача проводимых исследований заключалась в определении эффективности отражения световозвращающих материалов и заметности пешехода в темное время суток.

Исследование проводилось в темное время суток на дорогах с искусственным освещением и без освещения. В качестве оборудования использовали: контрольный автомобиль, автомобильный регистратор, измерительную рулетку и светоотражающие элементы (сигнальный жилет, специализированная рабочая одежда со светоотражающими элементами и фликеры).

Поочередно фиксировалась видимость ребенка без светоотражающего элемента и при его наличии при ближнем и дальнем свете фар автомобиля. Светоотражающие элементы были закреплены на ребенке одетого в темную одежду.

Результаты проводимых исследований представлены в табл. 2, 3 на рис. 3, 4.

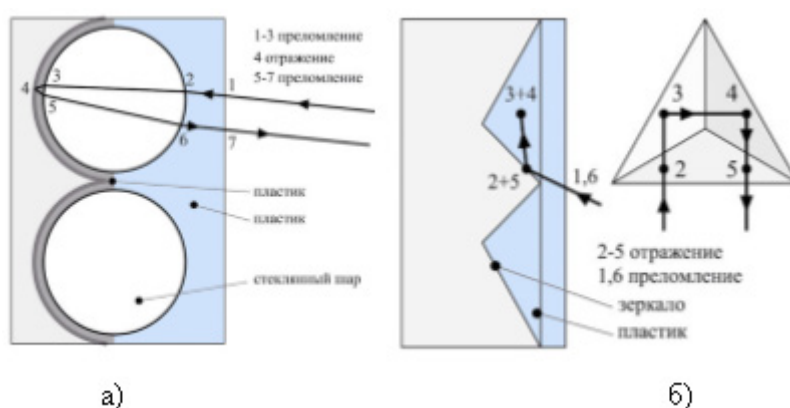


Рис. 2. Принцип действия светоотражения: а) на основе стеклянных шариков; б) на основе микропризм

Из представленных результатов становится очевидным, что водитель автомобиля обнаруживает пешехода, оснащенного световозвращающими элементами, со значительно большего расстояния по сравнению с пешеходом, не имеющим световозвращающих элементов. Так, при движении с ближним светом фар, расстояние видимости пешехода на дороге без искусственного освещения увеличивается с 25 до 100 метров, а при дальнем свете фар с 60 до 200 метров. При движении на дороге с искусственным

освещением видимость пешехода при ближнем свете фар увеличивается с 138 до 230 метров соответственно.

Исследования показали, что увеличение расстояния обнаружения пешеходов, использующего светоотражающий элемент, позволит снизить потенциальный риск ДТП.

В России рекомендации «при движении по обочинам или краю проезжей части в темное время суток или в условиях недостаточной видимости пешеходам иметь при себе

Таблица 2. Результаты исследования световозвращающих элементов на дороге без освещения

Видимость, м	Оснащенность пешехода			Световозвращающие наклейки, подвески
	Пешеход без световозвращающих элементов	Сигнальный жилет	Специализированная рабочая одежда с световозвращающими лентами	
Ближний свет фар	26	225	151	106
Дальний свет фар	63	400	247	237

Таблица 3. Результаты исследования световозвращающих элементов на дороге с искусственным освещением

Видимость, м	Оснащенность пешехода			Световозвращающие наклейки, подвески
	Пешеход без световозвращающих элементов	Сигнальный жилет	Специализированная рабочая одежда с световозвращающими лентами	
Ближний свет фар	138	230	195	138
Дальний свет фар	230	368	322	230



Рис. 3. Видимость пешехода со световозвращающими элементами на дороге без освещения

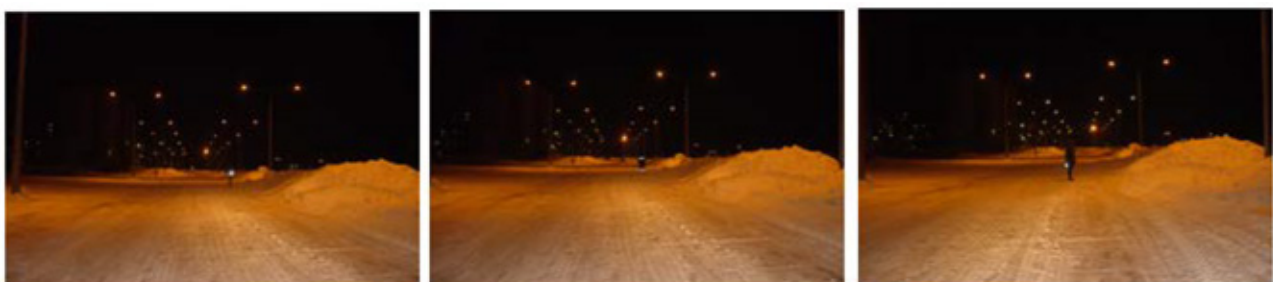


Рис. 4. Видимость пешехода со световозвращающими элементами на дороге с искусственным освещением



предметы со световозвращающими элементами и обеспечивать видимость этих предметов водителями транспортных средств» введены Постановлением Правительства РФ от 14.12.2005 N 767.

С 1 июля 2015 года вступят в действия изменения в Правилах дорожного движения — пешеход, передвигающийся по проезжей части вне населенных пунктов в темное время суток, должен будет носить на одежде светоотражающие элементы «фликеры».

Литература:

1. Вашкевич, А.В. Профилактика детского дорожно-транспортного травматизма в образовательных учреждениях/А.В. Вашкевич, Е.И. Толочко, М.М. Исхаков. Учебно-методическое пособие. СПб.: Изд-во СПб ун-та МВД России, ГБОУ ДОД ЦДЮТТ «Охта», 2012. — 224 с.
2. Исхаков, М.М. Некоторые аспекты обеспечения школьников на дороге/М.М. Исхаков, В.И. Рассоха, И.Е. Ильина, А.В. Вашкевич «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием); Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: Участок оперативной полиграфии ОГУ, 2015. — с. 221–225.
3. Официальный сайт Госавтоинспекция МВД России. [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/>

Кроме этого следует рекомендовать или обязать родителей повысить безопасность передвижения детей при недостаточной видимости не только вне населенного пункта, но и при передвижении их по улицам города путем ношения светоотражающих элементов. Самый простой и эффективный способ повысить безопасность пешехода на проезжей части в темное время суток — использование одежды и предметов личного пользования со светоотражающими элементами. [3].

## Using intellectual transport systems in monitoring transport streams

Калмыков Борис Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;

Скудина Александра Александровна, старший преподаватель;

Дмитриенко Надежда Алексеевна, кандидат педагогических наук, доцент  
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

Kalmykov Boris Yurevich, Candidate of technical Sciences, Associate Professor;

Skudina Alexandra Alexandrovna, master student;

Dmitrienko Nadegda Alexeevna, Associate Professor of English  
Don state technical University

*In article features of application of the theory of transport streams in intellectual transport systems, and also a method of monitoring of characteristics of a transport stream by means of floating data cars (FDC) are resulted. Results of an experimental research on a high system of city with use of «floating» cars are offered.*

**Key words:** characteristics of traffic flow, floating cars, the discreteness of the information received, the incident.

Development of methods of management of transport streams is the most important direction of researches in the field of organizing traffic safety. Traffic control is, first of all the solution of problems of information processing in real time, feasible by means of intellectual transport systems. One of the main directions of developing intellectual transport systems is information support of participants of the traffic movement. It is possible to distinguish the dynamic management of a route allowing to reduce road jams as main elements of a transport network by means of the redirecting transport streams to less loaded streets from functionality of intellectual transport systems. The operational personified road information is provided by means of signs with the changing messages (ZIS). [1, 3p.]

In the course of modeling traffic as a way of identification of optimum model of a route choice of the movement a dynamic distribution of transport streams is introduced, it was established that the parameter of estimating the capacity of a site of a road network has special impact. Changing values of this parameter, it is possible to reveal with the help of influencing criteria to a movement route choice at a given time: the condition of a street road network determining a choice of the smallest by time or the shortest route in distance, a delay of vehicles and length of turn on entrances to traffic light objects, or driver's desire to move only on highways of the city.

For search of effective strategy of transport streams management, and the organization of traffic needs a wide range of characteristics of a transport stream is to be considered,

regularity of influence of external and internal factors on dynamic characteristics of a mixed transport stream. [2, 38 p.]

Therefore one of the actual directions of developing functions of intellectual transport systems is researching methods of monitoring the characteristics of transport streams by means of «floating» cars. Information received from «floating» cars can be included data on location of the car and its speed, weather conditions, characteristics of transport streams, hindrances, and jam situations. After the corresponding processing and generalization of transport information have been done it can be used for management of traffic and transfer to other participants of the movement. Information concerning the volume and efficiency of its processing allow us to apply this method as traffic control in the real mode of time.

Thus, «floating» cars can be considered as means of improving information support of traffic. Functionality of intellectual transport systems allows us to make essential changes in methods of monitoring of transport streams characteristics and to increase the quality of road and transport information as a management traffic process.

For initial assessment of reliability of the received information by means of «floating» cars it is necessary to check, at what discreet and shares of «floating» cars essential distinctions occurred between the received speed after modeling «floating» cars and average speed on a stage. This task can be interpreted as one of typical tasks of the dispersive analysis, whether when it is required to establish influence of various factors or their interactions on parameters impacts

on processes which is considered to be essential measure against casual deviations.

For realization of this task a lot researches on means of micro modeling on a street road network were conducted. The program AIMSUN complex was applied to modeling it. (Figure 1)

The studied site of a street road network is characterized by the rectangular scheme with a detour. It includes 20 crossings in one level.

The street road network can be characterized as city value. The general extent of streets of the studied site of a network is 24,05 km.

Modeling period is 1 hour. Experiment was made for all levels of service.

The main objective of research was consisted in definition of necessary number of the «floating» cars which are constantly estimated in the street area and sufficient deviation from obtained information of «floating» cars. The analysis of the obtained data was carried out by means of the dispersive analysis.

Comparing the received F-values of criterion for the studied sources of obtaining information as the main characteristics of a transport stream and tabular value of criterion for acceptance of a zero hypothesis, it is possible to draw a conclusion that a choice of «floating» cars as the source of obtaining information doesn't influence on an assessment of the main characteristics of a transport stream. [3, 56p.]

The descriptive reasons results are given in table 1

Table 1. Influence of Data, received by means of «floating» cars as indicators of reliability of received information

Level of service	A share of «floating» cars in a stream, %	An interval of obtaining information from «floating» cars				
		12	24	40	60	120
A	2	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-
	10	+	+	+	-	-
	20	+	+	+	-	-
	50	+	+	+	+	+
B	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-
	5	+	-	-	-	-
	10	+	+	+	+	-
	20	+	+	+	+	+
C	50	+	+	+	+	+
	5	+	+	-	-	-
	10	+	+	+	+	-
	20	+	+	+	+	+
D	50	+	+	+	+	+
	5	-	-	-	-	-
	10	+	+	-	-	-
	20	+	+	+	+	-

E	5	-	-	-	-	-
	10	+	+	+	-	-
	20	+	+	+	+	+
	50	+	+	+	+	+
F	5	-	-	-	-	-
	10	+	+	-	-	-
	20	+	+	+	+	+
	50	+	+	+	+	+

- — the source influences reliability of the received information
- + — the source doesn't influence reliability of the received information

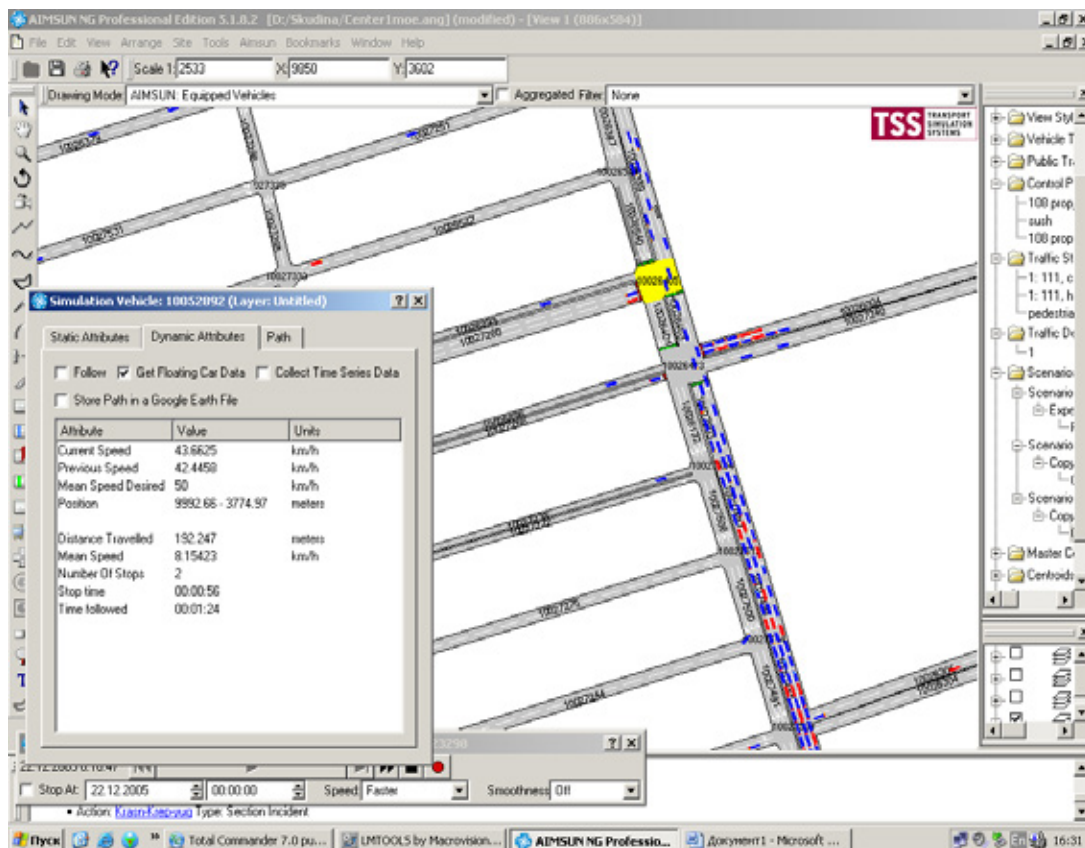


Figure 1 Obtaining information from floating cars in the simulation

For level of service D is the characteristic speed of traffic flow in urban environments from 18 to 23 km/h. In these conditions for obtaining reliable information from «floating» car following conditions are required: if the share of floating cars 10%, then the discreteness of the information received should not exceed 24 S., at 20% to 60 C., at 50% to 120 C. 5% floating cars is not sufficient, since in this case there is uneven coverage of the investigated road network floating cars.

At levels of service E and F to obtain reliable information from «floating» car (i. e. the source does not affect the accuracy) are sufficient for the following conditions: if the share of floating cars 10%, then the discreteness of the information received should not exceed 24 p., when the number of floating cars from 20 to 50% to 120 C. 5% floating cars is

not sufficient, since in this case there is uneven coverage of the investigated road network floating cars.

Conclusions which can be made by results of the dispersive analysis a set of results of supervision with various a share of «floating» cars are done and deviation in measurements for various levels of conveniences of the movement are performed that it is possible to carry out a speed assessment at a share of «floating» cars from 10% to 50% and deviation of measurement from 12s to 60s.

At the stage of research it is necessary to check at which discrete measurements and the share of floating cars become significant differences between speed, under normal conditions and скоростью in the formation of the incident. In other words, you receive the possibility of determining the incident at different levels of facilities.

The results show that service levels b and C have the ability to determine congestion. For the other levels of service, this is not possible, because at levels D, E, F traffic conditions close to congestion, making it impossible to identify the incident. At the service level A and the flow moves freely and when an incident occurs the velocity of the flow is not reduced on average.

## References:

1. Zyrianov V., Kocherga V., Estimation of efficiency of urban network operation with usage of floating vehicles. Proceedings of the international congress ITS in Europe. Bilbao, 2001, 18
2. Tarnoff P. A virtual case. Do we need operations centers? » Traffic technology international». Oct/Nov, 1998, 138 p.
3. Prigogine I., Herman R. Kinetic theory of velueulai tial'li. American Elsevier NY 1991. 112 p

## О модели степени износа насосных агрегатов горно-металлургической промышленности

Камалов Толяган Сиражиддинович, доктор технических наук, профессор;  
Ишназаров Ойбек Хайриллаевич, кандидат технических наук, заместитель директора по науке  
Институт энергетики и автоматизации Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент)

Эффективность работы технологических линий горно-металлургических предприятий в значительной мере определяется стабильностью рабочих режимов грунтовых насосов откачивающих пульпу. Однако при эксплуатации отмечается недостаточная долговечность грунтовых насосов, что вызывается повышенным гидроабразивным износом. Особенно этот недостаток проявляется при переработке сильноабразивных грунтов [1,2].

Для оценки эффективной работы грунтового насоса необходим показатель, учитывающий техническое состояние механизма и его возможности удовлетворять технологическим требованиям, а также экономическую целесообразность эксплуатации его в контролируемом режиме. Таким показателем может служить величина степени износа деталей насоса. Для определения величины степени износа деталей насоса воспользуемся методом планирования эксперимента, на основе которого создадим математическую модель степени износа грунтовых насосов.

Планирование эксперимента относится к одной из самых актуальных проблем научного исследования. Основная цель научного исследования состоит в том, чтобы показать статистическую значимость эффекта воздействия определенного фактора на изучаемую зависимую переменную и определение, при каком сочетании уровней внешних и внутренних факторов может быть получена наиболее полная и достоверная информация о поведении системы [3].

Построение математической модели технологического процесса в зависимости от поставленной задачи [4,5] может преследовать следующие цели: минимизировать износ деталей насосов, улучшить показатели надежности и т. п.; увеличить надежность и быстродействие управления, увеличить эффективность контроля качества, создать условия для автоматизации процесса управления и т. п.

Целевой функцией выберем параметр износа деталей насоса  $E$ .  $E$  должен соответствовать следующим требованиям:

- параметр должен измеряться при любом изменении (комбинации) режимов технологического процесса;
- параметр должен быть статистически эффективным, то есть измеряться с наибольшей точностью;
- параметр должен быть информационным, то есть всесторонне характеризовать технологический процесс;

На основе опытных [1, 2, 6, 5] и анализа полученных нами данных выявлено, что интенсивность износа  $E$  насосного агрегата является функцией

$$E = f(v, \rho, \delta, \mu, \alpha), \quad (1)$$

где факторы:  $v$  — скорость потока пульпы  $m/c$ ;  $\rho$  — плотность пульпы,  $kg/m^3$ ;  $\delta$  — предельная прочность изнашиваемого тела,  $Pa$ ;  $\mu$  — твердость частиц в пульпе,  $Pa$ ;  $\alpha$  — угол атаки вектора скорости потока пульпы.

За фактор примем величину, характеризующую то или иное свойство объекта или режим технологического оборудования. Эта величина, числовое значение которой измеряется в пределах (границах) изменения, должна влиять на износ деталей насоса.

Описание исследуемого объекта нельзя получить в виде точной формулы функции, справедливой во всем диапазоне существования аргументов. Оно может быть лишь приближенным и на небольшом участке в окрестностях выбранной базовой точки. Аппроксимация искомой математической зависимости представляет собой полином — отрезок ряда Тейлора, в который разлагается неизвестная зависимость [7]

$$Y = f(X_1 \dots X_2 \dots X_n) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i \neq j}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_{ii} + \dots \quad (2)$$

где

$$b_i = \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{\bar{x}=0}; \quad b_{ij} = \frac{\partial^2 f}{\partial X_i \partial X_j} \Big|_{\bar{x}=0}; \quad b_{ii} = \frac{\partial^2 f}{\partial X_i^2} \Big|_{\bar{x}=0}.$$

В силу наличия неуправляемых и даже неконтролируемых входных переменных  $X_i - (v, \rho, \delta, \mu, \alpha)$  изменение величины  $Y$  (E) носит случайный характер, а потому уравнение (2) не дает нам точной связи между входом и выходом объекта и является лишь условным математическим ожиданием случайной величины  $Y$ , т. е. уравнением регрессии.

Коэффициенты уравнения регрессии определяются следующей системой уравнений

$$\sum_{g=1}^N \left( Y_g - \bar{Y}_g \right)^2 = \sum_{g=1}^N \left( Y_g - \sum_{i=0}^d b_i x_{ig} \right)^2 = \min. \quad (3)$$

где  $Y_g$  — экспериментальные значения выходного параметра, полученные в  $g$ -й точке факторного пространства;  $d$  — количество членов в уравнении регрессии.

Выражение (3) является основным критерием проверки правильности найденного уравнения регрессии.

Система уравнений может быть представлена в виде матрицы, и необходимо, чтобы матрица была невырожденной, т. е. вектор — столбцы были линейно — независимы.

Матрица планирования должна отвечать следующим условиям [3]:

1. Ортогональность

$$\sum_{g=1}^N x_{ig} x_{jg} = 0 \quad (i \neq j).$$

2. Условие нормированности

$$\sum_{g=1}^N x_{ig}^2 = N.$$

3. Симметричность относительно центра экстремума

$$\sum_{g=1}^N x_{ig} = 0.$$

4. Координаты точек факторного пространства в матрице планирования должны подстраиваются так, что точность предсказания значения параметра оптимизации одинакова на равных расстояниях от центра эксперимента (базовой точки) и не зависит от направления.

Одним из важнейших положений современной теории планирования эксперимента является рандомизация. Поскольку многие условия проведения эксперимента могут измениться от опыта к опыту то, чтобы не возникали систематические смещения, следует рандомизировать, т. е. сделать случайными те систематически действующие факторы, которые трудно поддаются учету и контролю, для того, чтобы рассматривать их как случайные величины и учитывать статистически.

Матрица плана приведена в таблице 1.

При проведении расчетов воспользуемся пакетом прикладного программного обеспечения «STATISTICA» версии 8.0.

В таблице 2 приведены результаты дисперсионного анализа. В таблице 3 приведены результаты оценки эффекта дисперсионного анализа.

где

Effect — эффект значение вклада каждого фактора на износ насосного агрегата; Std. Err. — Стандартная ошибка оценки эффекта;  $t$  (df) and  $p$ -value — значение  $t$ -критерия и уровня  $p$ ;  $t$ -критерий используется для проверки гипотезы о равенстве нулю свободного члена;  $F$  — значения  $F$ -критерия;  $df$  — число степеней свободы  $F$ -критерия;  $p$  — уровень значимости; Coeff. — коэффициенты уравнения; Std. Err. Coeff. — стандартная ошибка коэффициентов (уравнения).

Таблица 1

номер строки g	Матрица планирования эксперимента: 2**(5-2) план					
	скорость v	твёрдость μ	плотность ρ	прочность δ	угол α	Износ E
5	-1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	0,86
6	1,000	-1,000	1,000	-1,000	1,000	0,93
3	-1,000	1,000	-1,000	-1,000	1,000	0,84
8	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,00
4	1,000	1,000	-1,000	1,000	-1,000	0,93
2	1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	0,85
7	-1,000	1,000	1,000	-1,000	-1,000	0,87
1	-1,000	-1,000	-1,000	1,000	1,000	0,84

Таблица 2

Фактор	Результаты дисперсионного анализа ANOVA VAR.:Износ;				
	SS	df	MS	F	p
(1)скорость	0,011250	1	0,011250	450,0000	0,002215
(2)твёрдость	0,003200	1	0,003200	128,0000	0,007722
(3)плотность	0,005000	1	0,005000	200,0000	0,004963
(4)прочность	0,002450	1	0,002450	98,0000	0,010051
(5)угол	0,001250	1	0,001250	50,0000	0,019419
Ошибка	0,000050	2	0,000025		
Total SS	0,023200	7			

Таблица 3

Фактор	Оценка эффектов; Перем.:Износ; R-sqr=0,99784; Adj:0,99246 2**(5-2) План; MS Вариация=,000025 DV: Износ					
	Effect	Std.Err.	t(2)	p	-95, % Cnf.Limt	+95, % Cnf.Limt
Mean/Interc.	0,890000	0,001768	503,4600	0,000004	0,882394	0,897606
(1)скорость	0,075000	0,003536	21,2132	0,002215	0,059788	0,090212
(2)твёрдость	0,040000	0,003536	11,3137	0,007722	0,024788	0,055212
(3)плотность	0,050000	0,003536	14,1421	0,004963	0,034788	0,065212
(4)прочность	0,035000	0,003536	9,8995	0,010051	0,019788	0,050212
(5)угол	0,025000	0,003536	7,0711	0,019419	0,009788	0,040212

На рис. 1. приведена диаграмма Парето. На этой диаграмме оценки эффектов дисперсионного анализа расположены по абсолютной величине значений: от наибольших к наименьшим. Величина каждого эффекта представлена столбиком, и столбики пересекают линией, указывающей, каков должен быть эффект по величине (то есть какова должна быть длина столбика), чтобы быть статистически значимым. Из диаграммы можно сделать вывод, что все рассмотренные выше факторы значимы для модели износа насосного агрегата.

Решение задачи регрессионного анализа целесообразно разбить на несколько этапов: предварительная обработка; выбор вида уравнений регрессии; вычисление коэффициентов уравнения регрессии; проверка адекватности построенной функции результатам наблюдений.

Результаты дисперсионного анализа уравнения регрессии представлены в таблицах 4 и 5. В строках таблицы дисперсионного анализа уравнения регрессии — источники вариации: Regress. — обусловленная регрессией, Residual — остаточная, Total — общая. В столбцах таблицы: Sums of Squares — сумма квадратов, df — число степеней свободы,

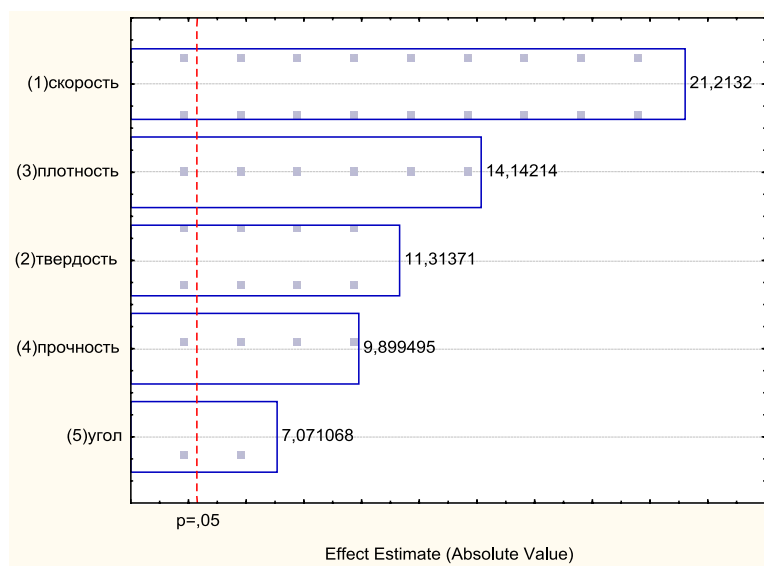


Рис. 1. Диаграмма Pareto стандартизированных эффектов; Переменная: Износ 2\*\* (5–2) план; MS Residual=,000025

Таблица 4

Регрессионный анализ; Var.:Износ; R-sqr=,99784; Adj:,99246 , 2**(5-2) план; MS Residual=,000025 DV: Износ						
Фактор	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(2)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	0,890000	0,001768	503,4600	0,000004	0,882394	0,897606
(1) скорость	0,037500	0,001768	21,2132	0,002215	0,029894	0,045106
(2) твердость	0,020000	0,001768	11,3137	0,007722	0,012394	0,027606
(3) плотность	0,025000	0,001768	14,1421	0,004963	0,017394	0,032606
(4) прочность	0,017500	0,001768	9,8995	0,010051	0,009894	0,025106
(5) угол	0,012500	0,001768	7,0711	0,019419	0,004894	0,020106

Таблица 5

Effect	Результаты дисперсионного анализа уравнения регрессии				
	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-level
Regress.	0,023150	5	0,004630	185,2000	0,005379
Residual	0,000050	2	0,000025		
Total	0,023200				

Mean Squares — средний квадрат, F — значение F — критерия, p-level — вероятность нулевой гипотезы для F — критерия.

F — критерий полученного уравнения регрессии значим на 5% уровне. Вероятность нулевой гипотезы (p-level) значительно меньше 0,05, что говорит об общей значимости уравнения регрессии.

Таким образом, в результате проведенного регрессионного анализа получено следующее уравнение степени износа насосного агрегата E в функции скорости потока пульпы V, твердости частиц в пульпе μ, плотности пульпы ρ, прочности δ и углом атаки α

$$E = 0,89 + 0,0375v + 0,02\mu + 0,025\rho + 0,0175\delta + 0,0125\alpha. \tag{4}$$

т. е. математическая модель степени износа грунтового насоса, которая аппроксимирована уравнением с исходным массивом данных, полученным в ходе эксперимента. Анализ соответствия модели исходным данным позволяет говорить о достаточной степени точности полученных результатов. Коэффициенты полученного в результате уравнения линейной регрессии оцениваются как значимые. Исследуемая модель оценивается как адекватная.

Литература:

1. Животовский, Л. С., Смойловская Л. А. Техническая механика гидросмесей и грунтовые насосы. М.: Машиностроение, 1986. — 224 с.
2. Супрун, В. Н. Абразивный износ грунтовых насосов и борьба с ним. М. Машиностроение, 1972. — 104 с.
3. Адлер, Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1976. — 280 с.
4. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: Справочник/В. С. Комбалов; под ред. К. В. Фролова. М.: Машиностроение, 2007. — 384 с.
5. Островский, В. Г., Пещеренко С. Н., Каплан А. Л. Методика моделирования гидроабразивного износа ступеней нефтяных насосов // Горное оборудование и электромеханика. — 2011, № 12, с. 38–42.
6. Тимухин, С. А. Оптимизация рабочих процессов рудничных турбоустановок // Известия вузов. Горный журнал, 2004, № 1. с. 84–89.
7. Костин, В. Н., Тишина Н. А. Статистические методы и модели: Учебное пособие. — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. — 138 с.

## Особенности и тенденции рынка лома нержавеющей стали

Кириченко Илья Сергеевич, инженер-исследователь;  
Алексахин Александр Викторович, кандидат экономических наук  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)

Серегин Александр Николаевич, кандидат технических наук  
Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И. П. Бардина (г. Москва)

*Рассмотрено современное состояние, особенности и тенденции мирового и отечественного рынка лома нержавеющей стали, передовые технологические решения, направленные на повышение степени извлечения вторичных металлов.*

**Ключевые слова:** рынок нержавеющей стали, тенденции, технологии

Мировой, также как и отечественный рынок лома нержавеющей стали, все более обособляется от остального рынка лома черных металлов, имеет свои тенденции и особенности. Преимущественное использование электрометаллургических процессов при производстве нержавеющей стали предопределяет высокую потребительскую стоимость лома нержавеющей стали. Получение готового продукта из такого лома ведет к экономии электроэнергии по сравнению с плавкой чистых исходных компонентов — чугуна, кокса, губчатого железа, сокращая время плавки и увеличивая производительность плавильных агрегатов [1]. Рециклинг металлов является неотъемлемым элементом современного производства, ибо как обеспечивает устойчивое развитие промышленности в долгосрочной перспективе, так и отвечает возросшим экологическим требованиям [2].

Лом нержавеющей стали оказывается крайне востребованным у металлургов и, поскольку объем производства нержавеющей стали интенсивно увеличивается, пользуется все

возрастающим спросом на мировом рынке [3]. Выпуск нержавеющей стали в мире в 2014 г. вырос до нового исторического рекорда и достиг 41 млн. т, что на 7,8% выше уровня 2013 года. По мировым оценкам, при изготовлении этого количества нержавеющей стали в год было использовано около 10 млн. т нержавеющей стали, иными словами — почти каждая пятая тонна такой стали в мире произведена из лома [4, 5].

Общий объем производства в 2014 г., выше, чем в прошлом году в ЕС, США, Японии и Тайване, но несколько ниже в Р. Корея. Производство во всех этих странах остается ниже пиковых цифр 2006 г. В то время как в КНР производство было устойчивым, с восходящим трендом. Доля нержавеющей стали в мире, производимой в КНР, увеличилась с 18,5% в 2006 г., до 51% в 2014 г., что в значительной мере определило и мировой рост.

Спрос в ЕС был сильным летом 2014 года, но затем стал снижаться в результате общего замедления экономики, ввиду введенных с Россией взаимных санкций.



Тем не менее, производство, по итогам прошлого года, выросло на 6,4%, до 7,6 млн. т (2014 г.). Экономический подъем в США продолжает набирать обороты. Производство нержавеющей стали составило 2,2 млн. т в 2014 г., что на 8,4% больше, чем в 2013 году. В Японии производство нержавеющей стали в 2014 г. достигло 3,37 млн. т, что на 6,3% выше уровня 2013 г. С другой стороны в Южной Корее производство в 2014 г. сократилось на 1,6%.

Неуклонный рост производства нержавеющей стали позволяет КНР все больше продукции отправлять на экспорт. Так, за первое полугодие 2014 года производство возросло на 21,2% по сравнению с прошлым годом и составило 10,69 млн. т. потребление нержавеющей стали в КНР в течение первого полугодия 2014 года выросло лишь на 13,5%, поэтому основной уклон при сбыте своей продукции китайские производители сделали на экспорте. Таким образом, экспорт нержавеющей стали из страны в первом полугодии 2014 года увеличился на 54,5% и составил 1,95 млн. тонн.

Производство нержавеющей стали в значительной степени служит качественной характеристикой развития черной металлургии в стране. В настоящее время производить качественную нержавеющую сталь без современного высокотехнологичного оборудования невозможно [6, 7]. Конкуренентоспособность производства определяет, прежде всего, достижение таких качественных показателей, как однородный химический состав и стабильность механических свойств при высоком качестве отделки поверхности готовой продукции.

Определяющими на рынке никельсодержащих сталей являются наиболее массовые конструкционные хромоникелевые стали группы 304 или Stainless steel 18/10 [3, 4]. С начала 21 века темпы роста мирового производства нержавеющей стали превышали как средние показатели по черной металлургии, так и ранее сделанные прогнозы развития, что вызвало рост потребности в скрапе и основных входящих в него компонентах — нержавеющей ломе, никеле и других легирующих элементах.

Сфера применения нержавеющей сталей в мировой экономике расширяется, прежде всего, в производстве товаров бытового назначения, металлопластиковых труб, баков и емкостей в строительстве, технологических и транспортных трубопроводах. В последние годы больше потребление нержавеющей сталей в криогенной технике, прежде всего, для сжижения природного газа (СПГ). Экспорт СПГ наращивается и в России и достиг по итогам 2014 г. весомых 12,2 млн. т. (+10,2%).

Материальная база мировой металлургической промышленности оказалась не подготовленной к столь быстро увеличивающемуся спросу, прежде всего из-за отставания рудно-сырьевой базы в производстве никеля. Мировое производство основного дорогостоящего легирующего элемента — никеля в прошлом 2014 году составило 1,903 млн. т. Реализуемые ныне проекты по вводу новых мощностей добычи никелевой руды являются исключительно дорогостоящими. Практически на планете

уже не остается удобных к разработке месторождений никеля.

«Норильский никель», крупнейший в мире производитель никеля и металлов платиновой группы. Однако и он встречается с трудностями добычи, обеднением добываемой в месторождениях руды. По итогам 2014 года объем производства никеля снизился на 4% по сравнению с 2013 годом до 274 тыс. тонн. Основными причинами снижения стали проведение в первом полугодии 2014 года запланированного капитального ремонта на Надеждинском металлургическом заводе, снижение содержания никеля в исходном сырье. Разработка пластов глубокого залегания и переработка вкрапленных руд наталкиваются на многочисленные технологические трудности и требуют уникального дорогостоящего оборудования. У руды новых никелевых мощностей будет высокая себестоимость.

Согласно прогнозам и в долгосрочной перспективе цены на никель будут благоприятны как для производителей, так и для ломозаготовителей [7]. В сложившихся условиях развитие заготовки и переработки всех видов отходов нержавеющей сталей и углубление сбора амортизационного лома приобретает весомое значение [8].

СССР являлся одним из ведущих мировых производителей нержавеющей хромоникелевых сталей. После демонтажа военных баз Группы советских войск в Германии, а затем в результате интенсивного экспорта лома никельсодержащих марок сталей из всех республик бывшего СССР, включая и Россию, произошло падение мировых цен на никель и нержавеющий лом. К концу 2002 г. этот поток лома сталей советского производства резко сократился [9, 10]. К настоящему времени весь бесхозный нержавеющий лом уже собран.

Текущие цены на лом никельсодержащей нержавеющей стали зависят от колебания цен на никель на Лондонской бирже металлов (LME), а цены на этот лом по группам, в основном, определяются долевым содержанием в ломе никеля. Легированный лом из республик СНГ в значительной мере ценится и закупается в мире ради содержащегося в нем никеля. Сказываются на цене лома и колебания мировых цен на другие легирующие компоненты: хром, молибден, титан, ванадий, ферросилиций (кремний). В таблице 1 приведено соответствие наиболее массовых марок легированных сталей отечественного производства зарубежной классификации [4].

Полное использование легирующих компонентов в ломе нержавеющей сталей стало возможным за рубежом и в нашей стране, когда была внедрена технология плавки нержавеющей стали в дуговых электропечах переплавом легированных отходов с обезуглероживанием расплава газообразным кислородом [11]. Шихта для такой плавки составляется из отходов нержавеющей и близких к ним по составу сталей, некоторого количества углеродистого феррохрома и материалов с высоким содержанием никеля [12].

В отсортированном ломе нержавеющей сталей ценится не только никель и хром, но и другие легирующие эле-

Таблица 1. Соответствие марок легированных сталей РФ зарубежной классификации

Марка стали	Группа стали по AISI	Легирование	Характеристика
20X1330X13 40X1350X13	420	13% Cr	Мартенситная сталь для слабоагрессивных сред при нормальной температуре
08X1312X13 14X17H2	410	13–17%Cr и до 2% Ni	Мартенситно-ферритная сталь общего назначения
12X1708X17T 08X18T	430	17–18%Cr (Ti)	Ферритная безникелевая сталь для пищевого оборудования и товаров массового потребления
12X18H10 12X18H10T *) 08X18H10 8X18H10T 04X18H10 03X18H10 03X18H11	304	18%Cr 10% Ni (Ti)	Аустенитная нержавеющая сталь общего назначения
08X18H13 08X17H13 10X17H13M2T 10X17H13M3T 03X17H14M2 03X17H14M3	316	17–18%Cr 13% Ni (Ti, Mo)	Аустенитная нержавеющая сталь химического оборудования и агрессивных сред
20X23H13	309	23%Cr 13% Ni	Аустенитная жаропрочная нержавеющая сталь
20X23H18	310	23%Cr 13% Ni	Аустенитная жаропрочная и жаростойкая нержавеющая сталь

менты, с учетом их долевого содержания. Рост мировых цен на ферросплавы, особенно на феррохром, ферротитан, ферромolibден и феррованадий, вызывает соответствующий рост цен на нержавеющую сталь и ее лом. При известной стоимости лома 304 цена на лом других легированных сталей оценивается пересчетом.

Следует отметить, что хром в ломе классических безникелевых сталей — в пищевых стандарта AISI 430 (08X18T, 08X17T), жаростойких 15X25T, а также в малоуглеродистых AISI 409 (03X12), стабильно недооценивается. То есть мировая цена лома по этой группе ниже оценки, исходя из стоимости феррохрома. Это обусловлено, с одной стороны, достаточным предложением феррохрома на мировом рынке, с другой тем, что металлурги предпочитают использовать в технологическом процессе плавки феррохром.

Высокие технико-экономические показатели процесса переплава достигаются при оптимальной подготовке нержавеющей отходов к плавке и рациональному сочетанию различных видов отходов нержавеющей сталей и марок сталей в завалке. Большое значение имеет качество подготовки лома, особенно амортизационного [12]. Так лом оборудования химических предприятий, как правило, загрязнен остатками вредных химических соединений, производимых на этом оборудовании, судостроительный лом — остатками антиобрастающей краски, содержащей соединения тяжелых металлов. Такие инородные вклю-

чения должны быть удалены, так как затрудняют переплав загрязненных отходов и отрицательно влияют на качество готовой продукции.

Дополнительные проблемы возникают при рециклинге стружки нержавеющей сталей, которая, как правило, загрязнена остатками водомасляной эмульсии и частицами абразивного материала (корунда с повышенным содержанием серы) [13].

В связи со стремительным ростом парка транспортных средств, авторециклинг превращается в отдельный, быстро растущий сегмент заготовки вторичных металлов [14, 15]. В современных моделях автомобилей шире применяются катализаторы выхлопных газов, корпуса которых изготавливаются, как правило, из легированной стали [16, 17]. На дорогих моделях автомобилей из нержавеющей стали изготавливают трубопроводы выхлопного тракта, бензопроводы и ряд других деталей. Развитию технологий авторециклинга и переработки таких деталей уделяется все большее внимание [18].

При ломозаготовке нужно выделять лом высоколегированных сталей в общей партии смешанного лома. Лом аустенитной нержавеющей стали на практике выделяют по внешнему виду и по магнитным свойствам. Однако лом ряда высоколегированных жаропрочных сталей невозможно отличить по указанным признакам.

Для этих целей и для более глубокой сортировки лома по маркам, передовые предприятия-ломопереработчики



Рис. 1. Переносной прибор экспресс-анализа

все шире используют переносные приборы спектрального анализа, позволяющие оперативно определять химсостав стали и основных легирующих компонентов в ней (Рис. 1). Применение таких приборов не имеет альтернативы, когда необходимо отсортировать лом сталей, микролегированных дополнительно такими элементами, как ниобий, ванадий, рений и другими [19,20, 21].

В ближайшие годы в России подлежит замене и обновлению значительная часть старого оборудования предприятий и вооружений. Поэтому прогнозируется на перспективу до 2020 г. заготовка лома нержавеющей стали в соответствии с ее весовой долей, т. е. на уровне 180–220 тыс. т/год. Это количество примерно соответствует потребности отечественной металлургии. Ограниченное количество нержавеющей стали может быть экспортировано.

Для потребителя лома важно не только снижение расходов по заготовке и переработке лома, но и снижение транспортных расходов по его доставке предприятию-потребителю [22]. При поставках дорогостоящего нержавеющей стали все чаще используют универсальные 20-футовые контейнеры (Рис. 2) [23, 24]. Либо такой лом завозится автотранспортом в порты, где подлежит крытому складскому хранению.

При перевозке железнодорожным транспортом, установка крупнотоннажных контейнеров на подвижном составе дверьми друг к другу обеспечивает наибольшую защиту от хищений, так как контейнеры из-за своей большой массы брутто могут быть сняты с платформы только специализированным перегрузочным оборудованием [25].

В виду этого, при поставках на металлургические предприятия дорогостоящего сырья, такого как лом нержавеющей стали или же ферросплавы, контейнерные перевозки находят все большее применение [23, 26].

Подводя итоги, отметим:

1. Ввиду опережающего роста выплавки нержавеющей стали в мире потребность в заготовке и переработке нержавеющей стали постоянно возрастает.
2. Лом нержавеющей стали является востребованным товаром на внутреннем и мировом рынке. Объем заготовки нержавеющей стали в 1995–2001 гг. в несколько раз превышал ломообразование. Сейчас в России бесхозный лом нержавеющей стали в значительной мере собран, и его ежегодная заготовка в последнее десятилетие соответствует доле ломообразованию. Для повышения ежегодного ломосбора необходимо применение современного



Рис. 2. Погрузка лома в контейнер ИСО

технологического оборудования для подготовки товарных партий лома, отвечающих по качественным характеристиками возрастающим требованиям сталеплавильных предприятий, а также дооснащение первичных организаций ломозаготовителей приборами экспресс-анализа для сортировки поступающего смешанного лома по маркам сталей.

3. Для обеспечения потребности отечественной промышленности в ломе этой группы в ближайшие годы целесообразно сохранение баланса объемов экспорта нержавеющей стали из России и импорта ее из республик СНГ.

#### Литература:

1. Лузгин, В.П., Косырев К.Л., Семин А.Е., Досматов Д.А. Энергетика сталеплавильных процессов // Электрометаллургия. 2010. №1. с. 17–24.
2. Гагарский, Э.А., Кириченко И.С. Концепция устойчивого развития и новые подходы в сфере рециклинга металлов и техногенного сырья // Вторичные металлы. 2013. №3. с. 34.
3. Семин, А.Е., Уточкин Ю.И., Родионова Е.А. Место коррозионно-стойкой стали в мировой металлургии // Электрометаллургия. 2006. №1. с. 2–9.
4. Кириченко, С.А. Рынок лома нержавеющей стали // Рынок вторичных металлов. 2005. №1. с. 32–34.
5. Семин, А.Е., Смирнов Н.А., Уточкин Ю.И. Производство коррозионно-стойкой стали // Электрометаллургия. 2010. №10. с. 17–20.
6. Чижиков, А.Г., Семин А.Е., Черноусов П.И. Среднесрочный прогноз ситуации на рынке черных металлов // Вторичные металлы. 2011. №6. с. 29.
7. Чижиков, А.Г., Черноусов П.И., Чижикова И.И. Сырьевая безопасность предприятий черной металлургии РФ // Вторичные металлы. 2010. №5. с. 32.
8. Голубев, О.В., Коротченко А.С., Черноусов П.И. Прогнозные сценарии потребления металлолома в черной металлургии // Металлург. 2010. №10. с. 15–19.
9. Кириченко, С.А., Кириченко А.С. Российский экспорт лома металлов в 2008 году // Вторичные металлы. 2009. №3. с. 20–22.
10. Кириченко, С.А. Экспорт лома через морские порты // Вторичные металлы. 2008. №3. с. 45–46.
11. Супрун, В.Н. Нержавеющие проблемы нержавеющей // Вторичные металлы. 2008. №1. с. 56–59.
12. Супрун, В.Н., Семин А.Е. Плавление лома и предъявляемые к нему требования // Рынок вторичных металлов. 2007. №2. с. 24.
13. Ермолов, В.М., Серегин А.Н. Комплекс для отмывки замасленной стружки от масел и грязи // Вторичные металлы. 2009. №5. с. 61–62.
14. Серегин, А.Н., Кириченко А.С. Авторециклинг в московском регионе // Вторичные металлы. 2013. №5. с. 41.
15. Бобина, М.А., Ермолов В.М. Экологичность — основа современных технологий авторециклинга // Молодой ученый. 2014. №11. с. 40–44.
16. Кириченко, А.С. Актуальные проблемы рециклинга автомобильных катализаторов // Современные проблемы науки и образования. 2013. №3. с. 43.
17. Серегин, А.Н., Кириченко А.С. Рециклинг автомобильных катализаторов // Вторичные металлы. 2013. №1. с. 44.
18. Кириченко, А.С., Серегин А.Н., Волков А.И. Разработка технологии первичной переработки катализаторов выхлопных газов двигателей автомобилей // Металлург. 2014. №4. с. 35–39.
19. Стулов, П.Е., Серегин А.Н. Переработка отходов производства металлургического ниобия с получением феррониобия // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2014. №2. с. 59–62.
20. Кириченко, А.С., Стулов П.Е. Ванадий и проблемы его рециклинга // Вторичные металлы. 2014. №2. с. 47–50.
21. Кириченко, А.С., Серегин А.Н., Алексахин А.В. Новые возможности развития мирового и отечественного производства рения // Техника и технология: новые перспективы развития. 2014. №XIII. с. 92–97.
22. Кириченко, С.А. Логистические подходы к перевозкам лома // Рынок вторичных металлов. 2005. №3. с. 22–23.
23. Кириченко, С.А., Кириченко А.С. Антикризисная контейнеризация // Вторичные металлы. 2009. №3. с. 70.
24. Гагарский, Э.А., Кириченко С.А., Полянцев Ю.Д., Дугин Г.С. Транспортно-технологические системы на основе укрупненных грузовых единиц — главный фактор энергоэффективного инновационного развития транспорта // Интегрированная логистика. 2013. №6. с. 33–37.
25. Гагарский, Э.А., Кириченко С.А., Кириченко А.С. Развитие контейнерных перевозок лома // Бюллетень транспортной информации. 2009. №2. с. 18–21.
26. Татарский, Э.А., Кириченко С.А., Кириченко А.С. Логистические аспекты контейнеризации продукции ферросплавной промышленности // Интегрированная логистика. 2011. №3. с. 27–30.

## Низкотемпературная сепарация углеводородов из природного и нефтяного попутных газов

Кобилов Хасан Халилович

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Гойибова Дилфуза Фарходовна, ассистент;

Назарова Адолат Пулатовна, ассистент

Бухарский политехнический колледж (Узбекистан)

Низкотемпературная сепарация является наиболее эффективным процессом для выделения и отделения из сырого газа всех высококипящих компонентов.

Кроме того, сепарация газа при низкой температуре является отличным средством для дегидратации его, так как под действием сравнительно низких температур содержащиеся в газе пары воды конденсируются в капельную жидкость, переходя затем в кристаллогидраты, которые, как и жидкие углеводороды, в сепараторах отделяются от газа.

Можно утверждать, что низкотемпературная сепарация является высокоэффективным комплексным процессом, освобождающим газ от воды и «выбивающим» из него высококипящие компоненты.

Универсальность и высокая эффективность низкотемпературной сепарации газа в сочетании с практически бесплатным холодом, получаемым на промыслах в результате использования энергии, заключенной в самих газовых потоках высокого (100–200 ат) давления, делает этот процесс незаменимым почти на всех газодобывающих промыслах, где требуется осушить и обезжирить газ.

Низкотемпературная сепарация газа — процесс промышленной обработки природного газа с целью извлечения из него газового конденсата и удаления влаги. Осуществляется при температурах от 0 до –30 °С. Первая промышленная установка низкотемпературной сепарации (НТС) введена в эксплуатацию в США в 1950, в СНГ в 1959.

Низкотемпературная сепарация осуществляется по следующей схеме. Газ из скважины по шлейфу проходит (рис. 1) через сепаратор первой ступени (для предварительного отделения жидкости, выделившейся в подъёмных трубах и шлейфе), затем поступает в газовый теплообменник, где охлаждается встречным потоком отсепарированного холодного газа. После теплообменника газ, проходя через штуцер (эжектор), редуцируется до давления максимальной конденсации (или близкого к нему), температура его при этом снижается (за счёт дроссель-эффекта). В сепараторе вследствие изменения термодинамических условий и снижения скорости газового потока выпадают конденсат и влага, которые, накапливаясь в конденсатосборнике, периодически выпускаются в промышленный сборный коллектор-конденсатопровод и далее на узел стабилизации конденсата. С целью более рационального использования энергии пласта в схему вместо штуцера может быть включён турбодетандерный агрегат. При снижении давления газа (в процессе разработки месторождения) до значения, при котором не представляется возможным обеспечить заданную температуру сепарации за счёт энергии пласта, в схему включается источник искусственного холода — холодильный агрегат. Технологический режим установки НТС определяется термодинамической характеристикой месторождения, составом газа и конденсата, а также требованиями, предъявляемыми к продукции промысла. Для предупреждения образования гидратов в схемах НТС предусматривается ввод в газовый

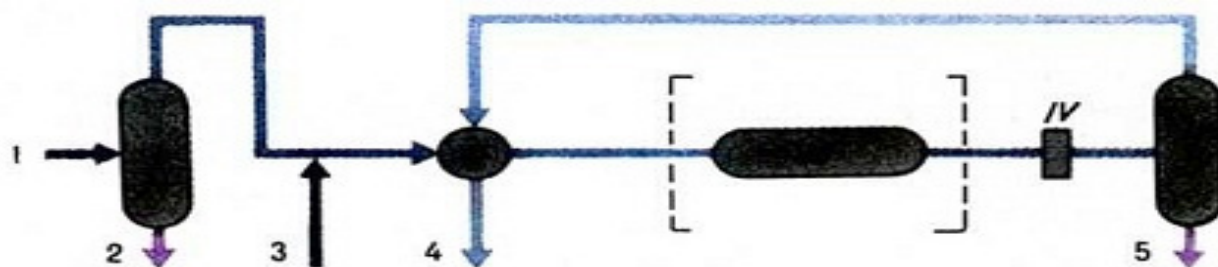


Рис. 1. Технологическая схема установки низкотемпературной сепарации газа: I — сепаратор первой ступени; II — газовый теплообменник; III — испаритель-холодильник; IV — штуцер; V — низкотемпературный сепаратор; 1 — необработанный газ; 2 — смесь углеводородного конденсата и воды; 3 — ингибитор гидратообразования; 4 — обработанный газ; 5 — смесь углеводородного конденсата и насыщенного водой ингибитора гидратообразования

поток ингибитора гидратообразования. Давление последней ступени сепарации определяется давлением в газопроводе, температура — из условия глубины выделения влаги и тяжёлых углеводородов. Технология низкотемпературной сепарации пригодна для любой климатической зоны, допускает наличие в газе неуглеводородных компонентов, обеспечивает степень извлечения конденсата (C5+V) до 97 %, а также температуру точки росы, при которой исключается выпадение влаги и тяжёлых углеводородов при транспортировании природного газа. Достоинством установки НТС являются низкие капитальные и эксплуатационные затраты (при наличии свободного перепада давления), недостатком — низкие степени извлечения конденсатообразующих компонентов из тощих газов, непрерывное снижение эффективности в процессе эксплуатации за счёт облегчения состава пластовой смеси, необходимость коренной реконструкции в период истощения дроссель-эффекта.

Для повышения эффективности НТС используют сорбцию в потоке (впрыск в поток газа стабильного конденсата или др. углеводородных жидкостей) и противоточную абсорбцию отсепарированного газа (замена низкотемпературного сепаратора на абсорбер-сепаратор — многофункциональный аппарат, в котором при различных этапах разработки месторождения можно осуществлять процессы НТС, а также абсорбционного отбензинивания и осушки газа).

Эффективным на сегодняшний день является применение Системы Низкотемпературной Сепарации (НТС) и Низкотемпературной конденсации (НТК) углеводородов из природного и нефтяного попутных газов прямым охлаждением.

Для обеспечения точки росы газа по углеводородам и числа Воббе из газа в процессе подготовки удаляют основную часть углеводородов C<sub>5+</sub> и часть углеводородов C<sub>3</sub>; C<sub>4</sub>. Практически всегда это осуществляют за счёт использования процесса низкотемпературной сепарации газа. Часть указанных углеводородных компонентов выделяется из газа при сепарации в процессах ступенчатого сжатия и охлаждения газа. Для охлаждения газа могут быть использованы процессы внешнего охлаждения, дросселирования, детандирования и другие.

Метод низкотемпературной сепарации, при котором охлаждение газа осуществляется холодом, вырабатываемым внешней холодильной станцией, является самым эффективным для контроля точки росы по углеводородам и их сепарации, для скважин с малым давлением

или на этапе падения температурного эффекта дросселирования.

По мере разработки месторождения на истощение для поддержания заданного уровня добычи жидких углеводородов из все облегчающегося состава исходной смеси необходимо снижать температуру сепарации. На практике же из-за непрерывного снижения свободного перепада давления температура сепарации постоянно растёт. Поэтому на снижение эффективности НТС в процессе эксплуатации объективно влияют одновременно два фактора — облегчение состава пластовой смеси и повышение температуры сепарации.

В современных условиях установки НТС необходимо заменять установками (заводами) низкотемпературной конденсации (НТК), отличающимися значительно более низкими температурами охлаждения потоков (до  $-120^{\circ}\text{C}$ ). Такие уровни температур обеспечивают глубокое извлечение не только жидких углеводородов, но и пропана и этана.

В процессе низкотемпературной конденсации (НТК) газа охлаждение продолжают лишь до заданной степени конденсации паровой фазы (исходного газа), которая определяется необходимой глубиной извлечения целевых компонентов из газа и достигается с помощью вполне определенной (в зависимости от состава исходного газа и давления в системе) конечной температуры процесса охлаждения.

Совместно с адсорбционными блоками осушки газа (БОГ) с замкнутым циклом регенерации, блоки НТС или НТК позволят подготовить газ, для высокоэффективной работы газотурбинных электростанций подавая сухое и качественное топливо или получая жидкие углеводороды.

Применение БОГ и НТС, НТК на входе компрессора, позволит не только подготовить товарный газ, но и защитить масло компрессора от влаги и растворяемых в нем углеводородов, что значительно снизит эксплуатационные расходы компрессора и увеличит его моторесурс.

Системы низкотемпературной сепарации (НТС), наиболее эффективны для получения товарной продукции, в виде сжиженной пропан-бутановой фракции, для заполнения баллонов и газового бензина на малодобитных газовых и нефтяных скважинах.

Низкотемпературная конденсация (НТК) обеспечивает глубокое извлечение и высокую чистоту товарных продуктов, она наиболее экономична из всех используемых ныне процессов.

#### Литература:

1. Багатуров, С. А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. М.: Химия, 1974. — 439 с.
2. Молоканов, Ю. К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. М.: Химия, 1980. — 407 с.
3. Скобло, А. И., Молоканов Ю. К., Владимиров А. И., Щелкунов В. А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. — 677 с.
4. Стабников, В. В. Ректификационные аппараты. М.: Машиностроение, 1965. — 356 с.

## Основные уравнения процесса перегонки жидких смесей

Кобилов Хасан Халилович

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Гойибова Дилфуза Фарходовна, ассистент;

Назарова Адолат Пулатовна, ассистент

Бухарский политехнический колледж (Узбекистан)

Процессы массообмена, происходящие при ректификации углеводородов, связаны с переходом компонентов из одной фазы в другую. Движущей силой этих процессов является разность концентраций или градиент концентраций, а скорость процесса определяется скоростью перехода вещества из одной фазы в другую. Массообменные процессы обратимы, т. е. направление переноса компонентов смеси может изменяться в зависимости от рабочих условий (давления, температуры) и свойств разделяемой смеси. Перенос вещества прекращается при достижении состояния равновесия между фазами.

В результате массообмена концентрация каждого компонента в обеих фазах изменится и, в конце концов, наступит состояние равновесия. Состояние равновесия следует понимать так, что обмен между фазами не прекращается, однако скорости перехода компонентов из одной фазы в другую выравниваются. В состоянии равновесия между концентрациями любого компонента смеси в обеих фазах имеется определенная зависимость. Так, если в фазе  $L$  концентрация какого-то компонента  $x^*$ , а в фазе  $G$  — концентрация  $y^*$ , то в состоянии равновесия [8–11]

$$y^* = f_1(x), \tag{1.1}$$

соответственно

$$x^* = f_2(y). \tag{1.2}$$

Соотношение между фактической концентрацией и равновесной позволяет судить о направлении процесса. Если фактическая концентрация компонента в фазе  $G$  больше равновесной ( $y \gg y^*$ ), то данный компонент будет переходить из фазы  $G$  в фазу  $L$ . Если имеет место обратное соотношение, то переход вещества происходит из фазы  $L$  в фазу  $G$ . В зависимости от процесса и участвующих в нем веществ определяется конкретный вид уравнений (1.1) и (1.2).

Нефть, газовый конденсат и их фракции являются многокомпонентными смесями, состоящими из большого числа компонентов. Поэтому обычно нефть и нефтепродукты рассматривают состоящими из некоторого числа (обычно 10 и более) узких по температурам кипения фракций, отождествляемых с индивидуальными компонентами. В координатах  $x^* - y^*$  каждому такому компоненту (фракции) отвечает своя кривая равновесия.

Согласно закону конвективной диффузии, количество вещества  $M$ , переданного в единицу времени из фазы к поверхности раздела фаз, пропорционально поверхности фазового контакта  $dF$  и разности концентраций в потоке  $C_\phi$  и на границе раздела фаз  $C_{zp}$ , т. е.

$$dM = \beta(C_\phi - C_{zp}) \cdot dF, \tag{1.3}$$

где  $\beta$  — коэффициент массоотдачи.

При ректификации нефтегазоконденсатных смесей скорость переноса вещества из одной фазы в другую  $dM$  пропорциональна движущей силе процесса  $\Delta C$ , характеризующей степень отклонения системы пар — жидкость от состояния равновесия, и поверхности контакта фаз  $dF$ . Следовательно

$$dM = k \cdot \Delta C \cdot dF, \tag{1.4}$$

где  $k$  — коэффициент массопередачи;  $\Delta C$  — движущая сила процесса.

Сутью коэффициента массопередачи является характеристика величины массы вещества, переходящего из одной фазы в другую в единицу времени через единицу поверхности контакта фаз при движущей силе процесса, равной единице. Однако независимо от этого  $\Delta C = C^* - C$ , где  $C$  — фактическая концентрация в ядре потока одной из фаз, а  $C^*$  — равновесная концентрация в той же фазе. Из сопоставления уравнений (1.3) и (1.4) нетрудно установить, что размерности коэффициентов массопередачи и массоотдачи одинаковы.

Иногда используют объемный коэффициент массопередачи, относя количество переданной массы к единице объема ректификационной колонны или контактной ее зоны. В этом случае уравнение массопередачи при ректификации можно записать в следующем виде:

$$dM = k_V \cdot \Delta C \cdot dV = k \cdot a \cdot \Delta C \cdot dV, \tag{1.5}$$

где  $a$  — поверхность контакта фаз в единице рабочего объема колонны или ее контактной зоны,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ;  $k_V$  — объемный коэффициент массопередачи, равный

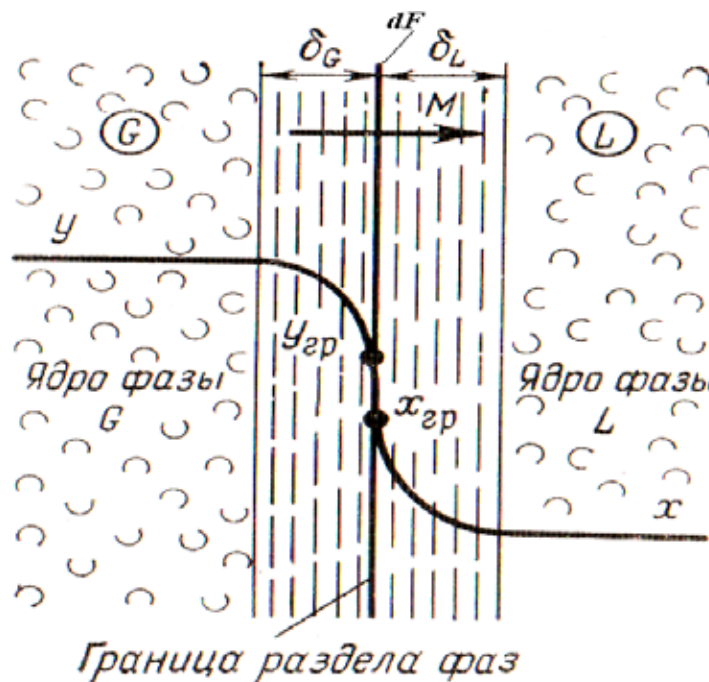


Рис. 1. Схема массообменного процесса при ректификации между жидкой и паровой фазами

$$k_V = k \cdot a \tag{1.6}$$

В соответствии со схемой, приведенной на рис. 1, процесс массопередачи из фазы L в фазу G можно представить следующими уравнениями массопередачи [1–6; 7–10]:

$$dM = k_y \cdot (y - y^*) \cdot dF, \text{ или } y - y^* = dM / (k_y \cdot dF), \tag{1.7}$$

конвективной диффузии со стороны фазы G к границе раздела фаз и от границы раздела в фазу L

$$\begin{cases} dM = \beta_y (y - y_{gp}) \cdot dF \\ dM = \beta_x (x_{gp} - x) \cdot dF \end{cases}$$

или

$$y - y_{gp} = dM / (\beta_y \cdot dF), \tag{1.8}$$

$$x_{gp} - x = dM / (\beta_x \cdot dF). \tag{1.9}$$

Уравнение равновесия между фазами представим в виде прямой

$$y^* = a + m \cdot x, \tag{1.10}$$

где  $m$  — тангенс угла наклона равновесной линии. Поскольку на границе раздела фаз имеет место состояние равновесия, то

$$y_{gp} = a + m \cdot x_{gp}. \tag{1.11}$$

Из уравнений (1.10) и (1.11) получим

$$m \cdot (x_{gp} - x) = y_{gp} - y^*. \tag{1.12}$$

С учетом этого выражения, умножив обе части уравнения (1.9) на  $m$ , получим

$$y_{gp} - y^* = m \cdot (x_{gp} - x) = (m \cdot dM) / (\beta_x \cdot dF). \tag{1.13}$$

Сложив левые и правые части уравнений (1.8) и (1.13), получим

$$y - y^* = (1/\beta_y + m/\beta_x) \cdot dM/dF. \tag{1.14}$$



Сопоставив между собой уравнения (1.7) и (1.14), получим следующую зависимость между коэффициентом массопередачи  $k_y$  и коэффициентами массоотдачи  $\beta_y$  и  $\beta_x$ :

$$1/k_y = 1/\beta_y + m/\beta_x. \quad (1.15)$$

Первое слагаемое  $1/\beta_y$  соответствует сопротивлению массопереносу в фазе  $G$ , а второе  $m/\beta_x$  — сопротивлению массопереносу в фазе  $L$ . Таким образом, полученный результат можно сформулировать так: общее сопротивление массопереносу между фазами равно сумме фазовых сопротивлений массопереносу.

Если обе части уравнения (1.15) разделить на  $m$ , то нетрудно установить, что

$$m \cdot k_y = k_x, \quad (1.16)$$

где  $k_x$  — коэффициент массопередачи при представлении движущей силы через концентрации компонента в жидкой фазе  $L$ .

С учетом этого получим также другую запись закона аддитивности фазовых сопротивлений массопереносу

$$1/k_x = 1/\beta_x + 1/(m \cdot \beta_y). \quad (1.17)$$

Коэффициент массоотдачи представляет собой массу вещества, переданную через единицу поверхности в единицу времени при разности концентраций в ядре потока и на границе раздела фаз, равной единице. Коэффициент массоотдачи определяется гидродинамическими и физико-химическими факторами, а также геометрией и размерами системы. Обычно общий вид подобных уравнений следующий:

$$Nu_D = A \cdot Re^m \cdot Pr_D^n. \quad (1.18)$$

В нем  $Nu_D = \beta l/D$  — диффузионный критерий Нуссельта;  $Re = \omega l/\mu = \omega l/v$  — критерий Рейнольдса;  $Pr_D = \mu/\rho D = \nu/D$  — диффузионный критерий Прандтля.

Величины коэффициента  $A$  и показателей степени  $m$  и  $n$  определяются в результате обработки экспериментальных данных.

В процессе перегонки происходит частичное испарение исходной смеси с целью получения одного из продуктов, например, обогащенного низкокипящим компонентом (НКК). Различают постепенное, однократное и многократное испарение смесей. Образующийся при перегонке отгон, продукт, обогащенный НКК, в дальнейшем подвергают конденсации. Процесс постепенного испарения осуществляют так, что образовавшаяся в процессе испарения паровая фаза непрерывно удаляется из системы в момент ее образования. При этом принимают, что сосуществующие в системе фазы находятся в состоянии равновесия.

Процессы однократного испарения (ОИ) осуществляют таким образом, чтобы образовавшаяся в системе паровая фаза оставалась в ней до наступления состояния равновесия. Многократный процесс испарения или конденсации состоит в повторении несколько раз процессов ОИ с целью более полного разделения исходной смеси.

В нефте- и газопереработке приходится разделять сложные и многокомпонентные углеводородные смеси. При разделении таких смесей ОИ любой компонент будет распределяться в определенном соотношении между паровой и жидкой фазами. Материальный баланс процесса ОИ для любого компонента запишется в виде

$$x_{i,F} = e \cdot y_i + (1 - e) \cdot x_i. \quad (1.19)$$

Образовавшаяся паровая фаза состава  $y_i$  находится в равновесии с жидким остатком состава  $x_i$ . Тогда уравнение (1.19) можно записать в следующем виде:

$$x_{i,F} = e \cdot K_i \cdot x_i + (1 - e) \cdot x_i, \quad (1.20)$$

откуда

$$x_i = \frac{x_{i,F}}{1 + e \cdot (K_i - 1)}. \quad (1.21)$$

Просуммировав концентрации по всем компонентам, получим

$$\sum_i x_i = \sum_i \frac{x_{i,F}}{1 + e \cdot (K_i - 1)} = 1. \quad (1.22)$$

Из уравнения (1.22) методом последовательных приближений можно определить долю отгона  $e$  при заданных температуре и давлении. При полном испарении смеси  $e = 1$  и

$$\sum_i \frac{x_{i,F}}{K_i} = 1. \quad (1.23)$$

Уравнение (1.23) является уравнением изотермы паровой фазы и позволяет определить температуру начала конденсации паров при заданном давлении  $p$  [3].

Если в уравнении (1.19) выразить  $x_i$  через  $y_i$ , согласно уравнению равновесия, то

$$x_{i,F} = e \cdot y_i + (1 - e) \cdot \frac{y_i}{K_i}, \text{ или } y_i = \frac{K_i \cdot x_{i,F}}{1 + e \cdot (K_i - 1)}. \quad (1.23)$$

Сложив составы всех компонентов паровой фазы, получим

$$\sum_i y_i = \sum_i \frac{K_i \cdot x_{i,F}}{1 + e \cdot (K_i - 1)} = 1. \quad (1.24)$$

Полученное уравнение также можно использовать для определения доли отгона смеси  $e$ . Оно дает большую точность, чем уравнение (1.22) при малых долях отгона. Из уравнения (1.25) можно найти температуру кипения смеси при  $e=0$ , которое является уравнением изотермы жидкой фазы

$$\sum_i K_i \cdot x_{i,F} = 1. \quad (1.26)$$

Литература:

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1991. — 783 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов: В 2 кн. М.: Химия, 1995. — 368 с.
3. Молоканов, Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. М.: Химия, 1980. — 407 с.
4. Плановский, А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Химия, 1987. — 496 с.
5. Коган, В.Б. Теоретические основы типовых процессов химической технологии. М.: Химия, 1977. — 546 с.

## Создание единой информационной сети в Казахстане в условиях интеграции в информационное общество

Когай Галина Давыдовна, кандидат технических наук, доцент;  
Каюмов Даулет Саруарович, аспирант  
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

*В статье рассмотрено визуализации процесса мониторинга оказания телекоммуникационных услуг и возможность прогнозирования развития территориального покрытия различными операторами связи.*

**Ключевые слова:** Wi-Fi, Wi-MAX, 4G, Internet Service Provider.

Интернет-услуги — это один из наиболее быстро развивающихся сегментов телекоммуникационного рынка Казахстана. В 1991 году на базе Алматинской фирмы МНТКЦ «Парасат» открылся первый в Казахстане региональный узел сети Relcom, начавший оказывать услуги электронной почты по протоколу UUCP. 19 сентября 1994 года в базе данных IANA была авторизована запись для LTD Республики Казахстан — .KZ. В Казахстанской системе предоставления услуг доступа сформировались два уровня компаний — первичные, то есть

крупные ISP (Internet Service Provider), располагающие своими собственными каналами связи во всемирную сеть — АО «Казахтелеком» (торговая марка «Казахстан Online»), Nursat, Astel, SA Telecom и ЗАО ЦМФТ (торговая марка BankNet). К ISP второго уровня относятся компании, арендующие каналы доступа в интернет у компаний первого уровня. Число провайдеров, которые предоставляют доступ к интернету, растут с каждым годом. В 1998 году было создано ДТОО «Казнет» (Kaznet) ОАО «Казахтелеком» для оказания услуг передачи данных.

Это дочернее предприятие представлено на казахстанском рынке торговой маркой Kazakhstan Online. С 1 июня 2005 года «Казахтелеком» начал предоставление услуги широкополосного доступа к интернету с применением новейшей технологии Metro Ethernet под новым брендом — Megaline. АО «Казахтелеком» на основе широкополосного доступа, получает возможность предлагать пользователям и организациям подключение к интернету, которое включает в себя самые современные комплексные услуги.

Таким образом, делая обзор информационных услуг АО «Казахтелеком» рассмотрим некоторые их них:

— Интернет — АО «Казахтелеком» прочно завоевал звание самого крупного и серьезного провайдера услуг сети Интернет, располагающего сегодня самыми значительными ресурсами доступа в Глобальную сеть в Казахстане. Доступ к сети Интернет предоставляется клиентам с использованием современных проводных технологий ADSL, DialUp, ISDN и беспроводных — CDMA и Wi-Fi. Широкополосная система доступа ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) — «Асимметричная цифровая абонентская линия» — новая технология одновременной передачи голоса и данных по обычным «медным» телефонным каналам. Для подключения может использоваться уже существующая телефонная линия. У абонента устанавливается сплиттер (разделитель сигнала), к которому подключается телефон и ADSL-модем (роутер). Абонент может пользоваться телефоном, факсом и даже обычным аналоговым модемом одновременно с работой в Интернете по ADSL. По сравнению с системами спутникового и беспроводного доступа, ADSL дает более высокое качество соединения, близкое к качеству волоконно-оптических линий. По сравнению с проводными выделенными каналами для ADSL не требуется изыскивать свободную медную пару. [5] Услуга «Megaline» — услуга широкополосного доступа к сети Интернет по технологии ADSL. Дополнительные услуги, оказываемые при предоставлении услуги «Megaline» представлены в таблице 1.

Одним из современных направлений в развитии беспроводного доступа к сети Интернет является MegalineWi-Fi.

Услуга MegalineWi-Fi предоставляет возможность пользователям ноутбуков, карманных персональных компьютеров и смартфонов, имеющих порт Wi-Fi, получить беспроводный доступ в сеть Интернет. Оплата услуги MegalineWi-Fi производится посредством предоплаченной карты Tarlan + по тарифам услуги «Зона Интернет» [6].

Главным преимуществом услуги Wi-Fi является отсутствие проводов и мобильность в использовании.

При подключении услуги Megaline, пользователь получает возможность подключения ряда дополнительных услуг, предоставляемых АО «Казахтелеком»:

— DialUp — доступ по коммутируемой телефонной линии. «Зона Интернет» открыла возможность пользоваться ресурсами Интернета любому клиенту, имеющему телефон и компьютер с модемом, в какой бы точке Казахстана он не находился.

— хранение WWW-страниц (WEB-Hosting — виртуальный хостинг) — это аренда определенной части дискового пространства на сервере, подключенном к сети Интернет, с возможностью использования установленного программного обеспечения.

— Co-location — услуга по размещению оборудования клиента на собственной технологической площадке.

— iDNet — с целью максимального удовлетворения растущих потребностей потребителей в доступных высокоскоростных соединениях для передачи данных АО «Казахтелеком» внедрил принципиально новую услугу широкополосного доступа в Интернет для физических лиц по технологии FTTH (Fibertothehome — оптоволоконно до дома/квартиры) предоставляемую под брендом iDNet. Технология FTTH, являющаяся одной из самых перспективных современных технологий для построения сетей абонентского доступа, позволяет предоставлять полный пакет услуг «из одной розетки»: iDTV (интерактивное телевидение), iDPhone (услуги телефонии) и iDNet (широкополосный доступ в Интернет).

— IDPhone — это новые возможности телефонии, организованные по сетям передачи данных на основе протокола SIP. Главное условие для использования ус-

Таблица 1. **Дополнительные услуги «Megaline»**

Виды услуг	Размер единовременной платы, в тенге с учётом НДС
Переоформление договора на предоставление услуг телекоммуникаций	бесплатно
Перенос точки подключения	бесплатно
Возобновление доступа к сети Интернет	бесплатно
Восстановление доступа к сети Интернет:	
в период до шести месяцев после даты расторжения договора	бесплатно
в период от семи до 12 месяцев после даты расторжения договора	705,60
Переход пользователя с одного тарифного плана услуги «Megaline» на другой:	
с повышением пропускной способности порта	бесплатно

луги — это подключение к широкополосному доступу в Интернет по тарифным планам «Megaline/IDNetHit»/«Megaline/IDNetLight»/«Megaline/IDNet Turbo»/«Megaline/IDNetTurboLight»/«MegalineTurboPlus». SIP-платформа дает возможность для предоставления множества мультимедийных услуг абонентам широкополосных сетей (включая беспроводные) с применением соответствующих абонентских терминалов и устройств интегрированного доступа, работающих в сети NGN (NextGenerationNetwork).

— Услуги на базе SIP-платформы позволяют оптимизировать затраты на построение производственной связи, не только в масштабах одного офиса, но и по всему Казахстану. Одним из преимуществ данной услуги является масштабируемость и гибкость телекоммуникационного решения, при котором обеспечивается возможность в короткие сроки перенести либо развернуть производственную (офисную) сеть с сохранением нумерации и всех пользовательских настроек. Нужно просто подключиться к услугам передачи данных.

Управление всем спектром услуг и лицевым счетом нового вида телефонии осуществляется через удобный веб-портал. Услуги на базе SIP-платформы рассчитаны на все целевые группы пользователей: корпорации, малый и средний бизнес, а также физические лица.

Это значит, что поверх широкополосного доступа в Интернет будет предоставляться единый номер — независимо от того, где находится пользователь — в Казахстане или за рубежом. Пользователь при наличии интернета всегда сможет воспользоваться Карагандинским или Астанинским номером, независимо от того, где он находится, и получить доступ к своему голосовому или почтовому ящику. Также эта услуга предоставляет широкие возможности для малого и среднего бизнеса. Посредством ее можно организовать виртуальную мини-АТС с единой сетью и нумерацией. Данная услуга позволяет не чувствовать разницы между фиксированным и мобильным телефоном.

Таким образом, следует отметить, что АО «Казахтелеком» занимает лидирующее место по охвату зоны Карагандинского региона.

AERO — это сеть высокоскоростного, беспроводного и мобильного доступа к сети Интернет по технологии 4G MobileWi MAX. Термин 4G обозначает четвертое поколение сотовых беспроводных стандартов. Он является последователем группы стандартов 2 и 3 поколения. Номер поколения в целом обозначает фундаментальную смену принципов услуги, при этом не имеющего обратной совместимости с предыдущими технологиями и частотами.

Стандарт первого поколения 1G появился как определение аналоговой сети в 1981 году.

Стандарт связи 2G был оформлен в 1992 году, являясь при этом цифровой системой с коммутацией каналов (наиболее распространенная в мире сеть 2G — GSM) [9].

Этот стандарт позже был развит для поддержки услуг мультимедиа со скоростью передачи минимум

200Кбит/с в 2002 году, сохранив при этом частично принцип канальной коммутации и получив название 3G.

В скором времени появился термин 4G, который обозначает сеть с полностью пакетной коммутацией на основе IP-протокола на базе мультисредоточной среды передачи, обеспечивающей мобильный доступ на скорости до 1 Гбит/с.

От систем 4G ожидается, что они будут всеобъемлющим и безопасным решением исключительно на базе IP-протокола, при помощи которого пользователи смогут получать такие сервисы, как телефония, высокоскоростной доступ в Интернет, потоковые приложения мультимедиа и т. д.

В целом, термин 4G определяется стандартом IMT-Advanced, который определен Сектором радиосвязи Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Р).

Для подключения к AERO не требуется каких-либо проводов, нужен только специальный модем, который можно выбрать и приобрести у нас. Линейка различных тарифных планов позволит Вам выбрать наиболее удобный вариант.

MobileWimax-Стандарт IEEE 802.16e-2005, известный как MobileWiMAX, является описанием мобильного широкополосного беспроводного доступа, обеспечивая при этом пиковые скорости передачи данных до 128 Мбит/с на получение и до 56 Мбит/с на отправку при ширине канала в 20МГц. Этот стандарт находится в стадии развития до уровня IEEE 802.16m, который соответствует критериям IMT-Advanced, когда будет обеспечиваться скорость до 1 Гбит/с для стационарных пользователей и до 100 Мбит/с для стационарных.

Первое в мире внедрение MobileWimax под брендом WiBro было осуществлено в Сеуле, Южная Корея 30 июня 2006 года.

Первая коммерческая сеть MobileWimax была запущена под брендом AERO в Караганде, Казахстан 09 декабря 2008 года.

Коммерческая скорость доступа тарифных планов в зоне покрытия сети AERO сегодня достигает 5 Мбит/с, с дальнейшим увеличением до 10 Мбит/с.

AERO достаточно молодой оператор по предоставлению интернет услуг и телекоммуникаций, зона покрытия значительно меньше лидера Казахстанского оператора АО «Казахтелеком», для дальнейшего развития необходимо расширять охват территории не только городского значения, но и проблемных зон сельского значения. Расширение территории охвата услугами AERO не распространяется на такие отдаленные участки Карагандинского региона, как п. Доскей, Финский район, Сортировка.

WiMAX (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access) — телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). Основана на стандарте IEEE 802.16, который также называют Wireless MAN.

WiMAX позволяет осуществлять доступ в Интернет на высоких скоростях, с гораздо большим покрытием, чем у Wi-Fi-сетей. Это позволяет использовать технологию в качестве «магистральных каналов», продолжением которых выступают традиционные DSL- и выделенные линии, а также локальные сети. В результате подобный подход позволяет создавать масштабируемые высокоскоростные сети в рамках городов.

Оборудование для использования сетей WiMAX поставляется несколькими производителями и может быть установлено как в помещении (устройства размером с обычный DSL-модем), так и вне его. Следует заметить, что оборудование, рассчитанное на размещение внутри помещений и не требующее профессиональных навыков при установке, конечно, более удобно, однако способно работать на значительно меньших расстояниях от базовой станции, чем профессионально установленные внешние устройства. Поэтому оборудование, установленное внутри помещений, требует намного больших инвестиций в развитие инфраструктуры сети, так как подразумевает использование намного большего числа точек доступа.

С изобретением мобильного WiMAX всё больший акцент делается на разработке мобильных устройств. В том числе специальных телефонных трубок (похожих на обычный мобильный смартфон), и компьютерной периферии (USB радио модулей и PC card).

Технология WiMAX была запущена в Казахстане всего пару лет назад и уже сегодня ее предоставляет несколько компаний. Помимо уже упомянутых выше, это ТОО «АВ» с торговой маркой AERO (Караганда, Темиртау, Пришахтинск); ТОО «DIGITAL TV», предоставляет услугу WiMAX в Алматы, Актау, Астане, Караганде, Таразе, Жанаозене и в дальнейшем планируют увеличить присутствие до 20 городов; АО «KazTransCom» с брендом COM. ON (Астана, Атырау, Караганда, Алматы, Шымкент, Уральск, Аксай, Актау, Актобе); ТОО «Мастер Интернета» с торговой маркой Aperto (Алматы) и другие.

По сравнению с оператором AERO WiMax имеет еще более меньшую территорию охвата покрытия интернета и телекоммуникаций, перспектив для развития очень много и главным образом необходимо уделять внимание отдаленным районам и поселкам Карагандинского региона. В этой связи стратегически правильной для операторов мобильного WiMAX будет ориентация на те регионы, которые по тем или иным причинам испытывают дефицит проводных ШПД-подключений. И при каждом новом развертывании сети мобильного WiMAX операторам следует тщательно продумывать возможный сценарий перехода на технологию TD-LTE. В труднодоступных регионах внедрение сетей WiMAX намного выгоднее, чем строительство инфраструктуры для проводных сетей.

#### Литература:

1. Режим доступа: <http://www.telecom.kz>
2. Режим доступа: [www.profit.kz](http://www.profit.kz)
3. Режим доступа: <http://www.megaline.kz/>
4. Profit.kz, — Тг. рика: Связь, Интернет, — Андрей Колотов, коммерческий директор ТОО «Digital TV», — 2011.
5. Интервью с главным техническим специалистом ТОО «ВОСТОКТЕЛЕКОМ» Ришат Ахметов. — Режим доступа: <http://www.izvestia.kz>
6. Стратегический план Министерства связи и информации Республики Казахстан на 2011–2015 годы.

## Модульные принципы моделирования работы бортовой радиотелеметрической системы в задачах автоматизированного анализа состояний

Колчев Александр Владимирович, магистрант;  
Скорняков Валерьян Александрович, кандидат технических наук, доцент  
Московский государственный университет леса

В статье описываются особенности постановки задачи автоматизированного анализа состояния бортовой радиотелеметрической системы космического аппарата. Рассматриваются принципы её решения, основывающиеся на реализации сетевых моделей типа «нейросетей» использующих в качестве структурной составляющей так называемые базовые элементы (модули) [2].

**Ключевые слова:** телеметрия, бортовая радиотелеметрическая система, модель, мультиграф.

**Keywords:** Telemetry, airborne radiotelemetry system, model, multigraph.

Бортовая радиотелеметрическая система (БРТС) космического аппарата предназначена для:

- адресного сбора и первичного преобразование информации от систем, приборов, конструкции и агрегатов космического аппарата;
- трансляции ТМ-информации в бортовую радиотехническую систему;
- трансляции ТМ-информации в широкополосную систему связи;
- запись информации на статическое запоминающее устройство (СЗУ);
- «прямое» воспроизведение записанной информации;
- обеспечение наземных испытаний посредством выдачи информации на наземную приёмную станцию;

- предоставление информации по адресному запросу, приём массивов цифровой информации;
- приём массивов цифровой информации от научной аппаратуры.

Структурная схема БРТС представлена на рис. 1.

В состав бортовой радиотелеметрической системы входит:

- Блок обработки информации (БОИ). Он обеспечивает работу в режимах передачи и записи информации, осуществляет подключение до 12 модулей сбора сообщений. Обеспечивает прием команд управления и массивов.
- Блок приема команд (БПК). Обеспечивает прием кодовых команд управления, и преобразование их в прямые команды, выдаваемые на блок автоматики.

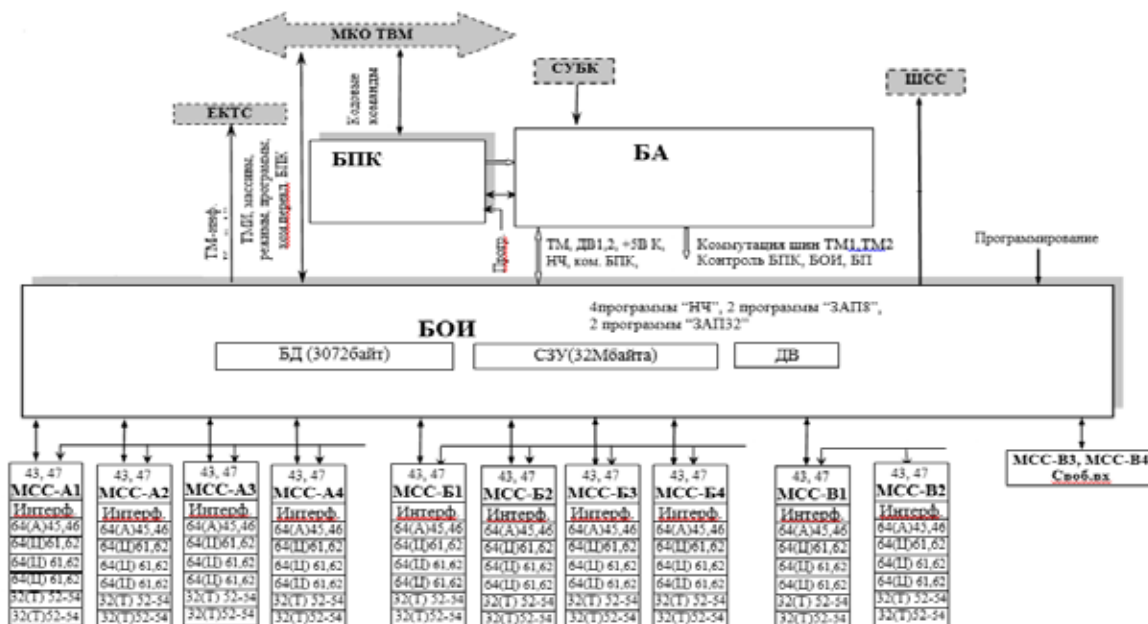


Рис. 1. Структурная схема бортовой радиотелеметрической системы

— Модуль сбора сообщений (МСС). Предназначен для сбора, обработки и передачи информации с аналоговых датчиков, дискретных датчиков и температурных датчиков в блок обработки информации.

— Блок автоматики (БА). Осуществляет подачу питания на приборы системы, переключение комплектов (основных, резервных) по кодовым командам, поступающих от блока приема команд и блока обработки информации.

На основе рассмотренной структуры БРТС задача автоматизированного анализа может быть сформулирована следующим образом:

для заданной бортовой радиотелеметрической системы  $S_{бртс} = (\Pi, O, P, \Pi, X, T)$ , где:

( $\Pi$ ) — целевое назначение системы: под  $i$ -той целью понимается конкретный результат, определяемый программой полета в требуемом интервале времени;

( $O$ ) — операция: под операцией понимается совокупность определенных действий, исполняемых на борту КА, по достижению цели ( $\Pi$ ) в требуемом интервале времени;

( $P$ ) — режим: под режимом понимается конкретный способ действий, исполняемых на борту КА по достижению цели в требуемом интервале времени;

( $\Pi$ ) — прибор: под приборами (агрегатами) понимаются технические устройства, реализующие специализированные функции в составе системы.

$X$  — множество параметров.

требуется найти такое значение её состояния

$$S_{бртс} = \{x_i | i=1Y_x\}, \text{ где}$$

$Y_x$  — число параметров состояния,

$x_i$  — параметр состояния.

при котором значение состояния параметра должно соответствовать заданному значению, то есть должно выполняться условие:

$$S_{бртс} = \begin{cases} 1 & \text{если } x_i = x_i^H \\ 0 & \text{если } x_i \neq x_i^H, \text{ где} \end{cases}$$

$x_i^H$  заданное значение.

при ограничении вида:

$$[t^H, t^K] \in [t^H, t^K]^{\text{заданное}}, \text{ где}$$

$t^H$  — время начала анализа;

$t^K$  — время конца анализа.

Под состоянием системы  $X$  понимается её свойство характеризующие работоспособность системы на заданном интервале времени.

Состояние системы представляется совокупностью параметров, характеризующих состояния отдельных её элементов

$$X = \{x_i | i=1Y_x\}$$

где  $x_i$  — параметр состояния,

$i$  — Число элементов системы.

Под параметром состояния  $x_i$  понимается свойство системы, характеризующие одно из его  $i$ -х свойств. С точки зрения инженерной реализации системы оценка состояния системы представляется  $N$  — кой вида

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_N), \text{ где}$$

$N$  — число параметров.

Каждый параметр состояния измеряется соответствующими приборами в соответствие с физическими характеристиками процесса, которые он представляет и изменяется в диапазоне изменений, соответствующих характеру процесса.

В таком случае, основываясь на принятых в технологическом цикле оперативного управления основных понятиях и категориях анализа и управления, сетевая модель БРТС может быть представлена следующей иерархической структурой (Рис. 2).

Четырехуровневая структура мультиграфа модели БРТС представлен на рис. 3.

Исследуемая система представляет собой совокупность элементов (объектов), находящихся между собой в определенной зависимости и составляющих некоторое единство (целостность), направленное на достижение определенной цели.

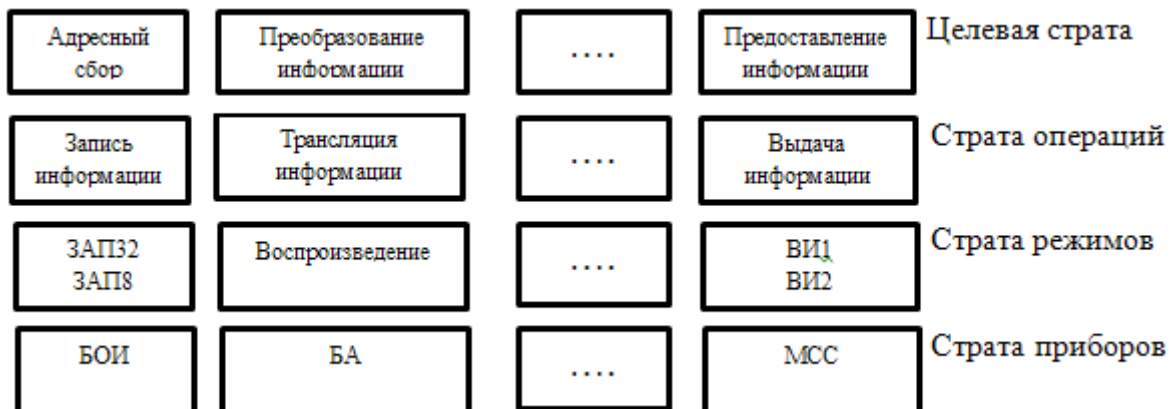


Рис. 2. Структура иерархической модели БРТС

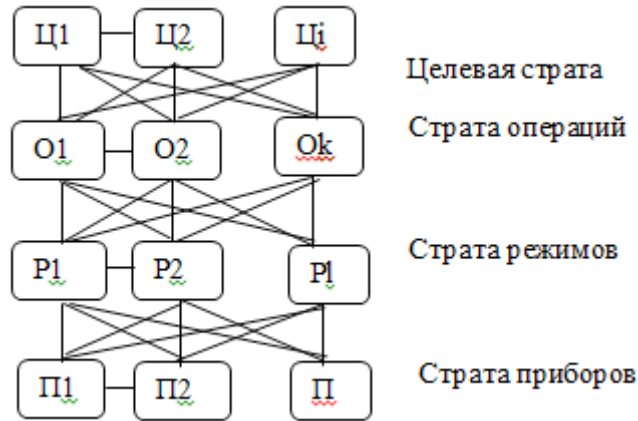


Рис. 3. Общий вид модели БРТС (мультиграф)

Идентификатор модуля		Описание модуля		ВХОД								ВЫХОД															
				Характер связи				Модуль, формирующий вход				Характер связи				Модуль, воспринимающий выход											
Изменения (№, дата)	Система	Блок	Модуль	№ документа (схема, лист)	Схемное обозначение модуля	Функциональный оператор	№ входа	Схемное обозначение	Физический смысл	Индекс	Индекс ТМ	Идентификатор модуля	Схемное обозначение модуля	№ выхода	Схемное обозначение выхода	№ выхода	Участие в режиме	Признак устойчивого состояния	Признак формирования целевого результата	Схемное обозначение выхода	Физический смысл	Индекс	Идентификатор модуля	Схемное обозначение модуля	№ выхода	Схемное обозначение выхода	Индекс ТМ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Рис. 4. Табличная форма представления универсального базового элемента

Модели базовых элементов (модулей) на каждом уровне, отображающие функциональные свойства этих элементов и адреса связей в системе, представляется таблицей, изображенной на рис. 4.

На основании этих элементов на каждом из четырех уровней реализуются соответствующие модели БРТС. Так,

например, форма базового уровня целей в формальном представлении при реализации режима воспроизведения будет выглядеть, как показано на рис. 5

Рассмотренный принцип решения задачи анализа состояний бортовой радиотелеметрической системы характеризуется универсальностью по отношению

Описание		Воспроизведение
<b>Идентификатор</b>		P1
<b>Уровень</b>		3
<b>Вход</b>	Связь — 1 уровень	O3-1, O3-2, O3-3, O3-4, O3-5, O3-6.
	сдвиг Тначала	— 00:10:00
	сдвиг Тконца	+00:05:00
<b>Выход</b>	Импликация	S1-1, S1-2, S2-1, S2-2, S3-1, S4-1,
	Тначала	— 00:10:00
	Тконца	+00:05:00

Рис. 5. Пример представления базового элемента целевого уровня



как к различным системам космического аппарата, так и режимам предполагаемых моделей. В том числе и в целевых задачах функционирования космического аппарата.

Литература:

1. Маккаллоу, Дж. Логические исчисления идей, относящихся к нервной деятельности/Дж. Маккаллоу, У. Питтс. — М.: ИЛ, 1956.
2. Зеленов, Д.А. Нейромодель космического аппарата в задаче оперативного планирования расходования ресурсов бортовых систем./Д.А. Зеленов. — МЛТИ, 2013.
3. Скорняков, В.А. Некоторые вопросы системного анализа проблемы автоматизированного управления ЛА и разработка методов оперативного планирования команд: дисс. ... канд. наук/В.А. Скорняков. — МЛТИ, 1979.
4. Поспелов, Г.С. Программно-целевое планирование и управление/Г.С. Поспелов, В.А. Ириков, — М.: Сов. Радио, 1968.

## Численные исследования работы ростверков под колонну при многорядном расположении свай

Кочеткова Майя Владимировна, кандидат технических наук, доцент;  
Алёнкина Елизавета Сергеевна, студент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.

*Представлены результаты расчётов ростверков под колонны при многорядном расположении свай, опирающихся на скальный грунт, по программе «Ли́ра», основанной на методе конечных элементов.*

**Ключевые слова:** *напряжённо-деформированное состояние, ростверки под колонны, моделирование.*

Существующие методы расчёта ростверков под колонны не учитывают их сложную работу, являются приближёнными и несовершенными. Для совершенствования методов расчёта необходима информация о напряжённо-деформированном состоянии ростверков, которую можно получить в результате численного или физического экспериментов [1].

Рассмотрим результаты численных экспериментов двенадцати свайных ростверков под колонны по программе «Ли́ра». Расчётные схемы ростверков определялись путём представления объёма ростверка в виде конечных элементов размером 100×200 мм и 150×200 мм.

На рис. 1 показан характер распределения напряжений  $\sigma_y$  по оси, проходящей через центр ростверка в продольном направлении (ось «А»), построены линии нулевых и максимальных напряжений  $\sigma_y$ .

Распределение напряжений  $\sigma_y$  показывает места расположения нагруженных, слабонагруженных и ненагруженных зон. При этом в наиболее нагруженных зонах напряжения  $\sigma_y$  дважды или трижды меняют знак. Наиболее нагруженными зонами являются: участок под колонной, то есть непосредственно под нагрузкой, и участки над сваями-опорами, которые расположены по осям 2 и 3 и находятся вблизи действия нагрузки. Эпюры напряжений  $\sigma_x$  также имеют несколько нулевых линий в пределах одного вертикального сечения в наиболее нагруженных зонах.

На рис. 2 показаны эпюры распределения нормальных напряжений  $\sigma_z$  по оси «А» в продольном направлении. Наибольшие сжимающие напряжения  $\sigma_z$  наблюдаются в верхнем слое, непосредственно под нагрузкой, и в нижнем слое над опорными площадками (сваями).

По характеру распределения нормальных напряжений  $\sigma_z$  можно судить о размерах рабочей зоны сваи — опоры. С удалением свай от нагрузки уменьшается их рабочая площадь.

На рис. 3 показано, как меняются напряжения  $\sigma_z$  над опорными площадками.

Получены также данные о распределении касательных напряжений  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{yz}$ ,  $\tau_{zx}$ . Эпюры касательных напряжений меняют знак по высоте сечения и периодически изменяют характер распределения.

Таким образом, напряжённое состояние ростверков в значительной степени отличается от изгибаемых элементов.

По результатам расчёта построены траектории главных напряжений (рис. 4). Главные сжимающие напряжения концентрируются в пределах условных наклонных полос бетона, расположенных между колонной и сваями. Главные растягивающие напряжения концентрируются в горизонтальной плоскости между сваями-опорами вблизи нижней грани ростверка. Характерно, что наибольшая концентрация главных сжимающих напряжений наблюдается между колонной и центральными сваями.

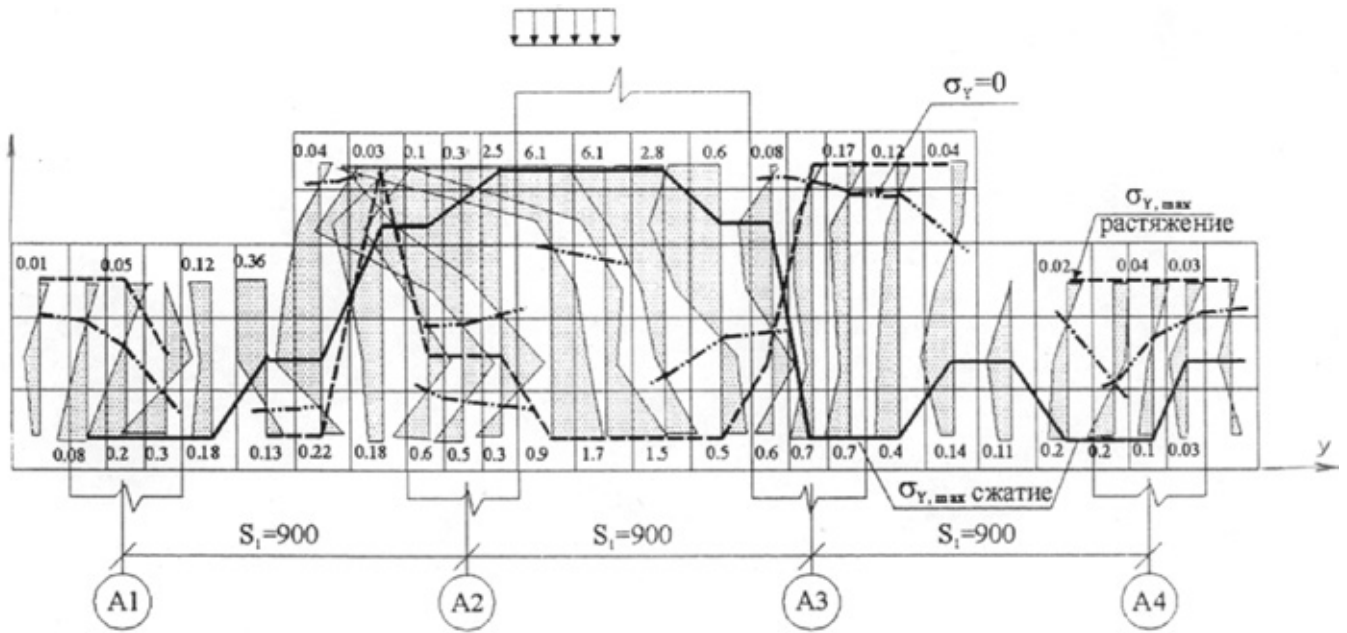


Рис. 1. Распределение нормальных напряжений  $\sigma_y$ .

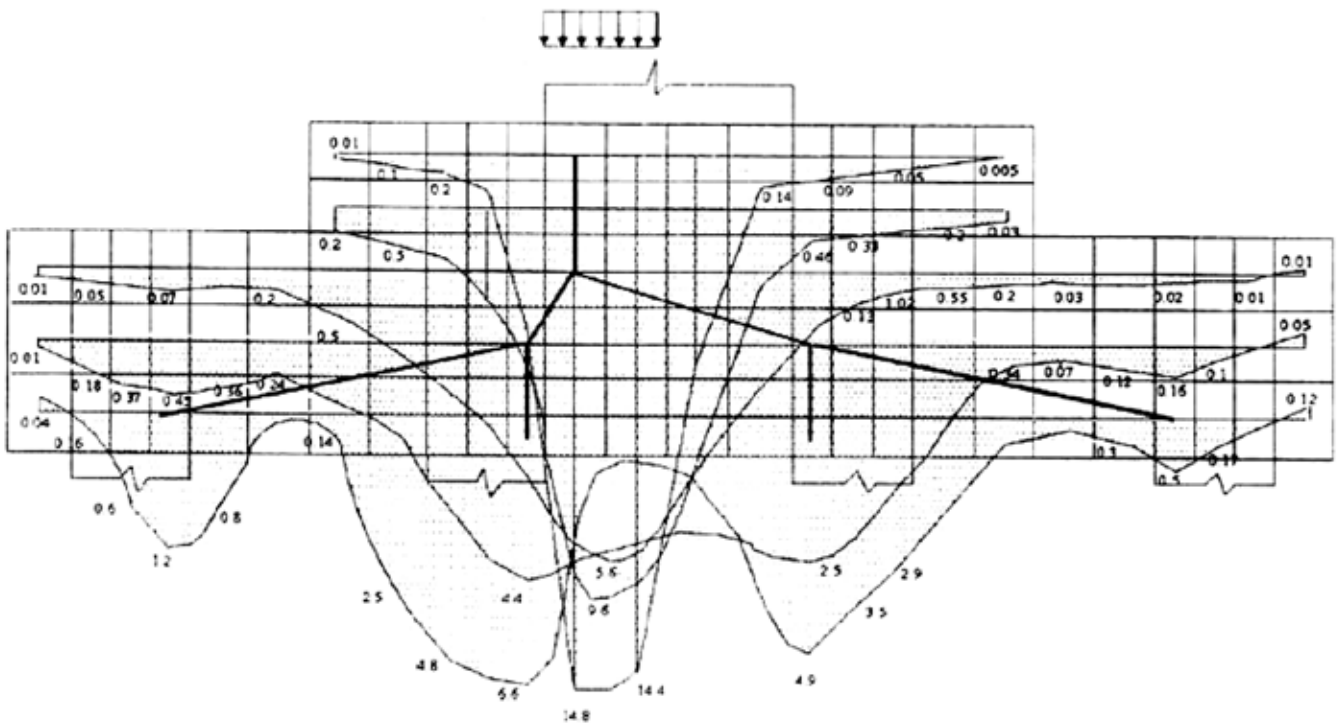


Рис. 2. Распределение нормальных напряжений  $\sigma_z$ .

В целом, картина напряжённо-деформированного состояния ростверков представляет собой условную каркасную структуру, элементы которой ориентированы в пространстве (рис. 4).

Полученные результаты позволяют разработать методы расчёта и конструирования ростверков с помощью

пространственных каркасно-стержневых моделей, которые учитывают волнообразное распределение усилий: от максимальных значений у центральных свай до небольших усилий у крайних свай (рис. 5).

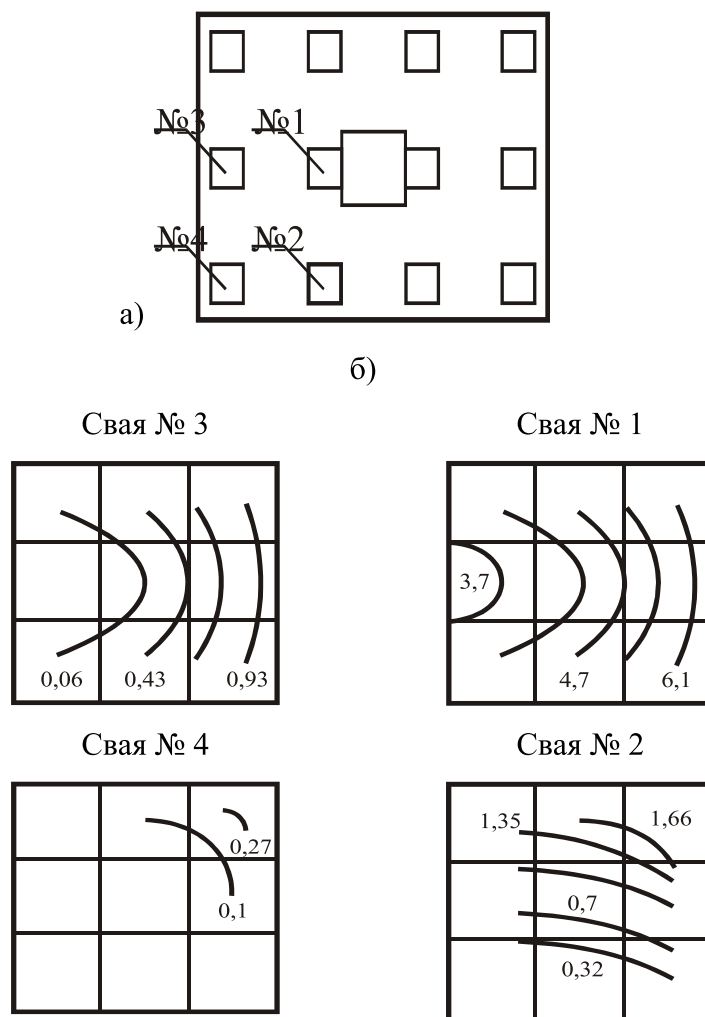


Рис. 3. Линии равных напряжений  $\sigma_2$  в двенадцатисвайном ростверке:  
а — план ростверка; б — напряжения по поперечному сечению свай

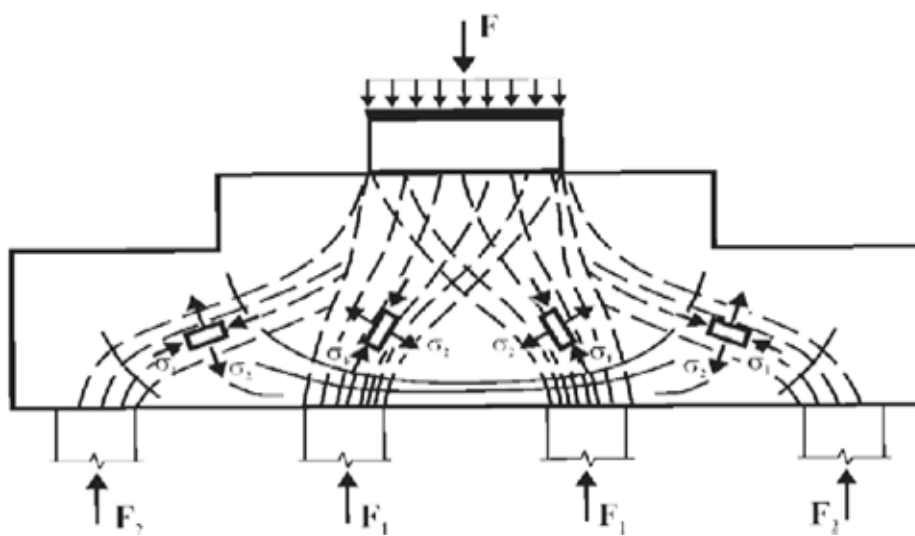


Рис. 4. Траектории главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$

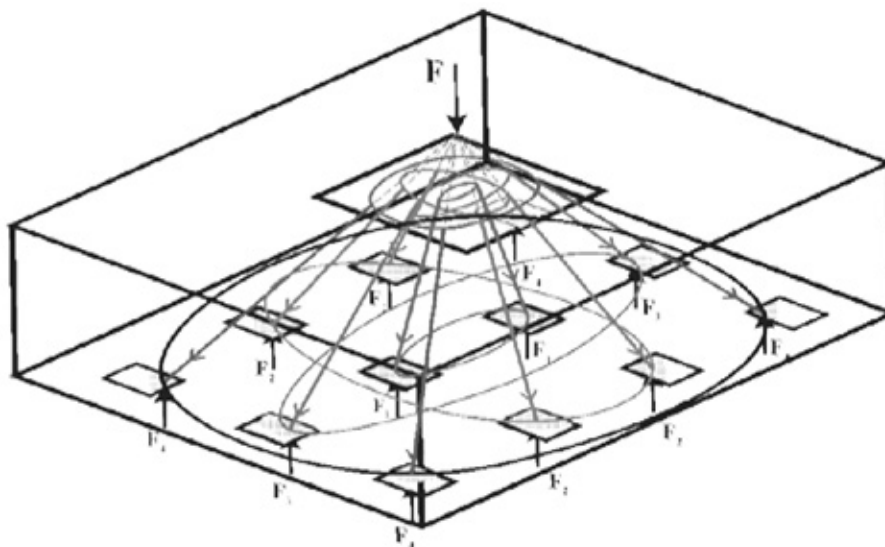


Рис. 5. Схема образования пространственных каркасно-стержневых моделей, линии равных напряжений

Литература:

1. Кочеткова, М.В. Методика экспериментальных исследований многоядных свайных ростверков под колонны [Текст]/М. В. Кочеткова, Н. И. Гусев, К. С. Паршина // Молодой ученый. — 2014. — № 3. — с. 305—308.
2. Кочеткова, М.В. Экспериментальная оценка работы ростверков [Текст]/М.В. Кочеткова, Н.И. Гусев, О.В. Снежкина, К. С. Паршина — Пенза: ПГУАС, Региональная архитектура и строительство, № 1 (18), 2014.
3. Кочеткова, М.В. Совершенствование методов расчёта многоядных свайных ростверков под колонны [Текст]/М. В. Кочеткова, О. В. Снежкина, А. В. Корнюхин. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 139 с.

## Аппаратно-алгоритмический комплекс информационно-измерительной системы контроля уровня топлива на основе емкостных датчиков

Мастепаненко Максим Алексеевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Воротников Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент;

Гурковский Александр Андреевич, студент;

Тарануха Дмитрий Сергеевич, студент

Ставропольский государственный аграрный университет

Измерение уровня жидкостей является важной задачей при автоматизации технологических процессов во многих отраслях промышленности: нефтепереработка, химическая промышленность, теплоэнергетика, пищевая промышленность и другие [1, с. 56]. Однако, особый интерес вызывает применение уровнемеров в резервуарных парках нефтеперерабатывающей промышленности для измерения уровня, наиболее дорогостоящих — светлых нефтепродуктов (СНП). На долю СНП приходится более 70% продуктов, получаемых из нефти (бензины, масла, дизельное топливо, керосин и другие).

На сегодняшний день, для измерения уровня нефтепродуктов применяются различные методы и приборы (поплавковые, гидростатические, емкостные, акустические, радиоизотопные и другие), возможности которых определяются, с одной стороны, технологическими требованиями (диапазон, точность, взрывобезопасность и другие) и, с другой стороны, наличием неинформативных влияющих параметров (давление, плотность, вязкость, электропроводность и т.д.) [2, с. 183].

Однако, наибольшее распространение в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности нашел емкостной метод измерения уровня.

Это, прежде всего, связано с исключительной конструктивной простотой самого емкостного датчика уровня, который в простейшем случае может быть выполнен из двух металлических пластин произвольной формы (тогда как, например, в поплавковых уровнемерах используется более 50 составных деталей только первичного преобразователя).

Поэтому в данной работе разрабатываются и исследуются уровнемеры светлых нефтепродуктов, основанные на емкостном методе измерения. Такие приборы в наибольшей степени отвечают требованиям чувствительности, быстродействия, точности измерения уровня, а также совместимости первичных преобразователей с вторичными вычислительными устройствами [1, с. 56, 3, с. 31].

Одним из эффективных подходов к исследованию емкостных измерителей уровня (ЕИУ) является применение структурных методов построения измерительных устройств с позиций принципа инвариантности возмущающего воздействия, в нашем случае —  $\epsilon_{жс}$ . Возмущающее воздействие на измеряемые объекты и средства измерения приводят к искажению и потере информации об измеряемых параметрах в измерительных устройствах, поэтому с возмущениями необходимо бороться [4, с. 69].

Структурная схема инвариантного ЕИУ с одновременным вводом входных сигналов ( $x_1$  и  $x_2$ ) измерительных каналов ( $K_1, K_2$ ) в вычислительное устройство ( $B$ ) представлена на рисунке 1.

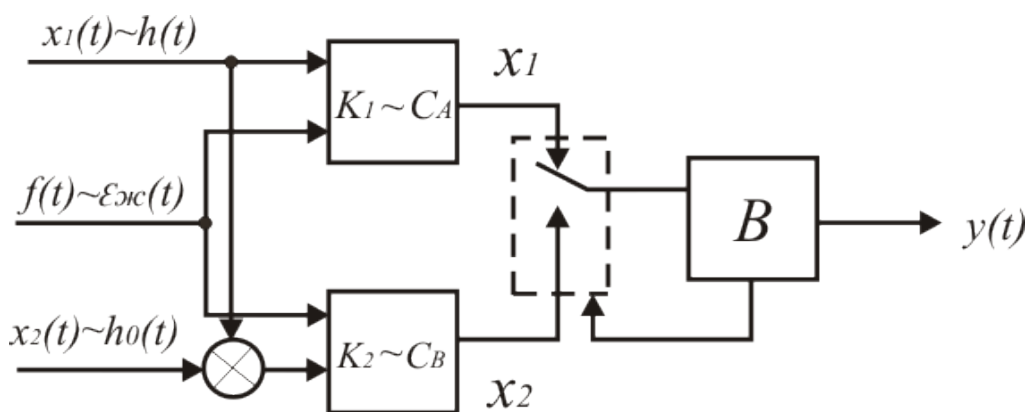


Рис. 1. Структурная схема двухканального инвариантного емкостного уровнемера: где:  $x(t)$  — входное воздействие, подлежащее измерению полезная информация;  $f(t)$  — возмущающее воздействие;  $y(t)$  — выходная величина, содержащая информацию о воздействии  $x(t)$

Таким образом, применительно к теории инвариантности, рассматриваемый ЕИУ удовлетворяет основному принципу построения измерительных устройств — многоканальности [4, с. 68].

Функционально емкостные датчики уровня связаны с относительной диэлектрической проницаемостью среды  $\epsilon_{жс}$ , заполняющей межэлектродное пространство, которая зависит от температуры состава или свойств контролируемой жидкости. Для устранения влияния  $\epsilon_{жс}$  на сегодняшний день используются различные структурные решения, которые в большинстве случаев сводятся к установке дополнительного компенсационного датчика.

Установлено, что использование компенсационного датчика в ЕИУ сопряжено с рядом трудностей, основными из которых являются: сложность подключения компенсационного датчика к измерительной схеме и его малая начальная емкость, увеличенная зона неизмеряемого уровня, необходимость учета погрешности, вносимой линией связи, необходимость градуировки прибора под конкретную жидкость в процессе эксплуатации [5, с. 68].

С целью устранения указанных выше недостатков предложена конструкция емкостного измерителя уровня (ЕИУ), выполненного в виде двух коаксиальных конденсаторов (датчиков)  $KД1$  и  $KД2$ , соединенных через контакт герконового реле (рисунок 2 а) [6, с. 1]. Компенсационный датчик (рисунок 2, а) постоянно погружен в контролируемую жидкость, уровень которой не должен опускаться ниже этого предела [7, с. 1].

Для увеличения начальной емкости компенсационный датчик содержит электроды, выполненные из многожильных изолированных проводников, уложенных в виде многовитковой петли во внутренней полости внешнего электрода  $KД2$  вдоль его оси на каркас (рисунок 2, а). Такая конструкция компенсационного датчика позволяет устранить технологический разброс начальной емкости при его изготовлении и подстраивать ее в пределах 30% [8, с. 1].

Общие емкости  $C_A$  и  $C_B$  ЕИУ определяются выражениями (рисунок 2, б):

$$C_A = C_0 + C_1 + C_2, C_B = C_0 + C_1 + C_2 + C_3, \tag{1}$$

где  $C_1$  — емкость незаполненной жидкостью части  $KД1$  и  $KД2$ ;  $C_2$  — емкость погруженной части в жидкость этих датчиков;  $C_0$  — емкость проходного изолятора и соединительного кабеля (на рисунке не показано);  $C_3$  — емкость компенсационного конденсаторного датчика диэлектрических свойств, постоянно погруженного в контролируемую жидкость.

Так как измерительный канал  $KД1$  и  $KД2$  идентичен, то выражения для определения значений  $C_1$  и  $C_2$  будут справедливы для расчета  $C_A$  и  $C_B$  [7, с. 1]. При этом емкость  $C_A$   $KД1$  будет меньше общей емкости  $C_B$   $KД2$  на  $C_3$ , которая не за-

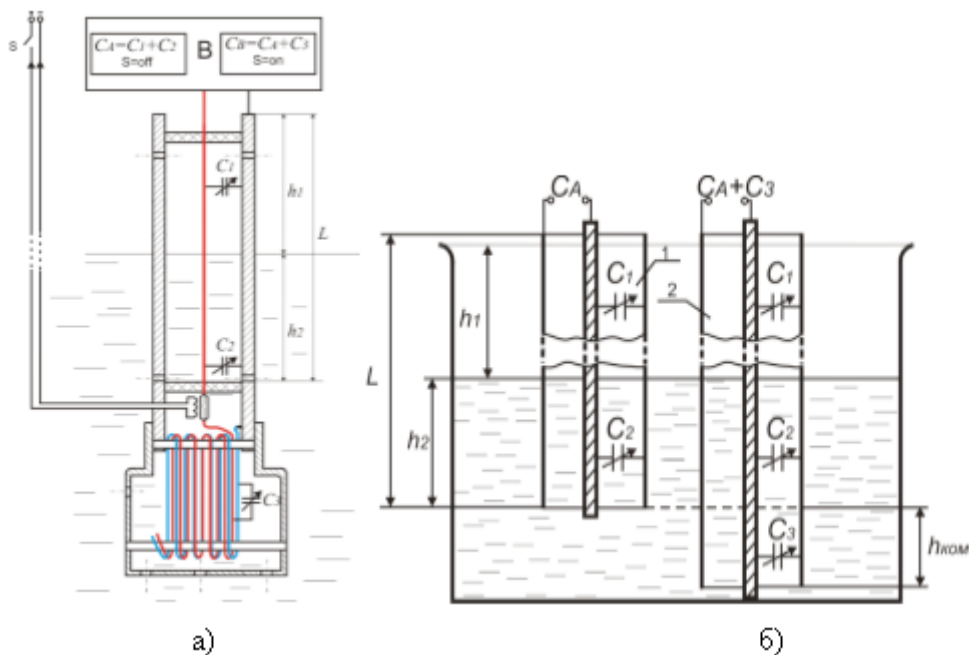


Рис. 2. Емкостной измеритель уровня: а) конструкция емкостного уровнемера; б) эквивалентная электрическая схема ЕИУ жидкостей

висит от изменения уровня, а является только функцией диэлектрической проницаемости контролируемой жидкости и определяется выражением:

$$\epsilon_{ж} = \frac{C_B - C_A}{C_{ок}} \tag{2}$$

где  $C_{ок}$  — начальная емкость компенсационного датчика (т. е. до погружения в жидкость).

При наличии электропроводной среды внутренние электроды  $КД1$  и  $КД2$  должны иметь изоляционное покрытие. Материал изоляционного покрытия должен быть одним и тем же для обоих датчиков  $КД1$  и  $КД2$  [8, с. 1].

Используя понятие удельной емкости  $\gamma$  на единицу длины  $КД1$  (в незаполненном состоянии) можно представить  $C_1$  и  $C_2$  в виде:

$$C_1 = \gamma h_1 \epsilon_r \approx \gamma h_1, \tag{3}$$

$$C_2 = \gamma \epsilon_{ж} (L - h_1), \tag{4}$$

где  $\epsilon_r$  — относительная диэлектрическая проницаемость воздуха ( $\epsilon_r \approx 1$ );  $\gamma$  — удельная емкость  $КД1$  на единицу его длины;  $h_1$  — длина непогруженной части  $КД1$ ;  $\epsilon_{ж}$  — относительная диэлектрическая проницаемость контролируемой жидкости;  $L$  — длина  $КД1$ .

Для упрощения расчетов выведены конструктивные константы  $КД1$  и  $КД2$  ЕИУ:

$$A = \frac{\gamma}{C_{ок}} [M^{-1}] — const; D = \frac{\gamma}{C_{ок}} \cdot L = AL — const; B = \gamma \cdot \epsilon_r [пФ/м] — const. \tag{5}$$

Тогда расчетная формула для определения уровня примет вид [9, с. 1]:

$$h_1 = \frac{D(C_B - C_A) - C_A}{A(C_B - C_A) - B}, \tag{6}$$

где  $A, B$  и  $D$  — конструктивные параметры  $КД1$  и  $КД2$  ЕИУ, которые определяются экспериментально при их изготовлении.

В вычислительном алгоритме (6) выражение (2) используется в расчетах в качестве  $\epsilon_{ж}$ , как это видно из выражения:

$$h_1 = \frac{\gamma \frac{C_B - C_A}{C_{ок}} L - C_A}{\gamma \frac{C_B - C_A}{C_{ок}} - \gamma \epsilon_r} \tag{7}$$

Поэтому выражение (6) вычислительного алгоритма не зависит от возмущающего воздействия — изменения  $\epsilon_{жс}$  и является *инвариантным*.

Как видно из расчетного алгоритма, предлагаемый способ измерения уровня, использующий общеизвестный классический принцип регистрации различия диэлектрических свойств на границе раздела «воздух-жидкость» и, в то же время, полностью исключает влияние изменения  $\epsilon_{жс}$ , а также другие параметры контролируемой жидкости (температура, состав, электропроводность и т. д.).

Измерение электрической емкости  $C_A$  и  $C_B$  КД1 и КД2 осуществляется по [10, с. 63, 11, с. 67].

Одним из вариантов технической реализации алгоритма измерения электрической емкости [10, с. 63, 11, с. 67] рабочего и компенсационного датчиков и по их показаниям алгоритма расчета уровня (6) является конструкция вторичного измерительного устройства, изложенная в [12, с. 10].

#### Литература:

1. Минаев, И. Г., Воротников И. Н., Мастепаненко М. А. Универсальный способ контроля уровня различных жидкостей и аппаратный комплекс для его реализации // Вестник АПК Ставрополя. 2012. №5. с. 55–58.
2. Минаев, И. Г., Воротников И. Н., Мастепаненко М. А. Система непрерывного контроля уровня различных жидкостей на основе микроконтроллера // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр./СтГАУ. Ставрополь: АГРУС, 2011. С. 181–185.
3. Шаталов, А. Ф., Хашченко А. А., Воротников И. Н. Влияние геометрии электродов на теплообмен при электроконвекции // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2013. №1 (170). с. 28–32.
4. Минаев, И. Г., Воротников И. Н., Мастепаненко М. А. Способ измерения уровня жидкостей // Достижения науки и техники АПК. 2010. №9. с. 68–70.
5. Минаев, И. Г., Мастепаненко М. А. Емкостной способ измерения уровня электропроводных и диэлектрических жидкостей // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. №5. с. 52–55.
6. Пат. 147261 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной измеритель уровня жидкости/Мастепаненко М. А., Воротников И. Н. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. №2014119647; заявл. 15.05.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. №30. — 2 с.
7. Пат. 78929 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной двухэлектродный датчик уровня жидкости/И. Г. Минаев, Д. Г. Ушкур, М. А. Мастепаненко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. №2008131178/22; заявл. 28.07.2008; опубл. 10. 12. 2008, Бюл. №34. 1 с.
8. Пат. 85641 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной измеритель уровня жидкости/И. Г. Минаев, Д. Г. Ушкур, М. А. Мастепаненко, В. В. Самойленко; заявитель и патентообладатель ООО НПО Электроимпульс. №2009105632/22; заявл. 19.02.2009; опубл. 19.02. 2009, Бюл. №22. 1 с.
9. Пат. 2407993 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной способ измерения уровня жидкостей и устройство для его осуществления/И. Г. Минаев, М. А. Мастепаненко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. №2009141472/28; заявл. 09.11.2009; опубл. 27.12.2010, Бюл. №36. 2 с.
10. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А. Способы измерения электрической емкости по параметрам переходного процесса // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. №10. с. 60–65.
11. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А. Исследование методов измерения электрической емкости на постоянном токе // Методы и средства повышения эффективности технологических процессов АПК: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та. 2013. с. 66–68.
12. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А., Ивашина А. В. Вторичное измерительно-вычислительное устройство конденсаторного датчика уровня // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам 76-й научно-практической конференции СтГАУ (г. Ставрополь, 10–25 марта 2012 г.)/Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь: АГРУС, 2012. с. 9–13.

## Алгоритмы оценки постоянной времени измерительной цепи с использованием цифрового дифференцирования

Мастепаненко Максим Алексеевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;  
Воротников Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
Шарипов Ильдар Курбангалиевич, кандидат технических наук, доцент  
Ставропольский государственный аграрный университет

*Определение постоянной времени измерительной цепи является основной метрологической задачей при измерении электрической емкости на постоянном токе. Установлено, что наиболее перспективным направлением повышения точности систем обработки измерительных сигналов емкостных датчиков является использование мгновенных значений напряжений во время развивающегося переходного процесса. Нами предложено два новых алгоритма оценки постоянной времени, основанные на аппроксимации производных с использованием конечных разностей в алгоритмах численного дифференцирования. Предлагаемые алгоритмы позволили снизить погрешность измерения электрической емкости до 0,055%.*

**Ключевые слова:** постоянная времени, численные методы, точность, область работоспособности.

Методы численного дифференцирования широко используются в системах обработки измерительных сигналов [1, с. 62–63]. Одним из наиболее перспективных направлений использования методов численного дифференцирования является обработка измерительных сигналов емкостных преобразователей на постоянном токе. В системах обработки измерительных сигналов на постоянном токе задача преобразования емкости решается путем организации переходного процесса (ПП) в измерительной RC-цепи при подключении ее к источнику постоянного напряжения с нулевыми начальными условиями [2, с. 67, 3, с. 69]. Напряжение  $u_{Cx}(t)$  на конденсаторе будет изменяться по закону аperiodического заряда конденсатора, из которого видно, что именно постоянная времени является определяющим информативным параметром регистрируемого сигнала, от точности определения которого во многом зависит точность определения емкости.

В работах [1, с. 62–63, 2, с. 67] приведены исследования методов определения постоянной времени измерительной цепи, как основного параметра при измерении электрической емкости на постоянном токе. В настоящей работе приведены исследования двух новых алгоритмов оценки постоянной времени, основанные на аппроксимации производных с использованием конечных разностей в алгоритмах численного дифференцирования [2, с. 67, 4, с. 1].

В работах [2, с. 67, 5, с. 29] приводится оценка первой производной при дифференцировании интерполяционного полинома Ньютона:

$$\tilde{y}'[n\Delta t] = \frac{y_2 - y_1}{\Delta t}, \quad (1)$$

$$\tilde{y}'[n\Delta t] = \frac{-y_3 - 4y_2 - 3y_1}{2\Delta t}, \quad (2)$$

где  $y_1, y_2, y_3$  — значение дифференцируемой функции в равноотстоящие друг от друга моменты времени  $t_1, t_2, t_3$  соответственно;

$\Delta t$  — шаг дифференцирования, который равен:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = t_3 - t_2. \quad (3)$$

Используя оценку первой производной (2) применительно ко второму методу определения постоянной времени:

$$\tau = \frac{E_0 - u_{Cx}(t)}{u'_{Cx}(t)}, \quad (4)$$

предложен новый дискретный измерительный алгоритм оценки  $\tilde{\tau}$ :

$$\tilde{\tau} = \frac{2\Delta t \cdot (E_0 - u(t_1))}{-u(t_3) + 4u(t_2) - 3u(t_1)} \quad (5)$$

где  $E_0$  — ЭДС источника напряжения;

$\tilde{\tau}$  — оценка постоянной времени ИЦ;

$u(t_1), u(t_2), u(t_3)$  — значения отсчетов функции напряжения в момент времени  $t_1, t_2, t_3$  соответственно во время переходного процесса.



Третий метод определения постоянной времени измерительной цепи:

$$\tau = -\frac{u'(t_2)}{u''(t_2)} \tag{6}$$

аппроксимируется конечными разностями первого и второго порядка следующим образом.

Вторая производная для среднего из трех отсчетов представляется конечной разностью «левой» и «правой» разностей отсчетов на соседних интервалах [2, с. 67, 5, с. 29]:

$$\tilde{y}'' = \frac{(y_3 - y_2) - (y_2 - y_1)}{\Delta t^2}, \tag{7}$$

Первая производная для среднего из трех отсчетов может быть представлена как конечная разность крайних отсчетов, деленная на двойной шаг дифференцирования:

$$\tilde{y}' = \frac{y_3 - y_1}{2\Delta t}, \tag{8}$$

или как среднее значение конечных разностей «левой» и «правой» частей интервалов измерения:

$$\tilde{y}' = \frac{1}{2} \left( \frac{y_2 - y_1}{\Delta t} + \frac{y_3 - y_2}{\Delta t} \right) = \frac{y_3 - y_1}{2\Delta t}. \tag{9}$$

В итоге предложен новый измерительный алгоритм для оценки постоянной времени, используя (7) и (9) применительно к (6):

$$\tilde{\tau} = -\frac{u(t_2) - u(t_1)}{2(2u(t_2) - u(t_3) - u(t_1))} \cdot \Delta t \tag{10}$$

Таким образом, в настоящей работе, при построении математической модели системы обработки измерительного сигнала проведено исследование следующих измерительных алгоритмов оценки постоянной времени измерительной цепи (5) и (10):

1.  $\tilde{\tau} = \frac{2\Delta t \cdot (E_0 - u(t_1))}{-u(t_2) + 4u(t_3) - 3u(t_1)}$  — (метод Ньютона трехточечный)
2.  $\tilde{\tau} = -\frac{u(t_2) - u(t_1)}{2(2u(t_2) - u(t_3) - u(t_1))} \cdot \Delta t$  — (метод производных трехточечный).

Алгоритмы под номерами 1 (5) и 2 (10) являются трехточечными и преимущественно используются для определения асимптоты измеряемой величины при переходном процессе [1, с. 64, 6, с. 56].

Исследуемые алгоритмы могут быть использованы в системах измерения уровня высококивдных жидкостей на основе емкостных преобразователей [6, с. 56–57, 7, с. 1, 8, с. 1, 9, с. 1].

Используя (5) и (10) проведено исследование следующих математических моделей систем обработки измерительных сигналов емкостных преобразователей по мгновенным значениям переходного процесса:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_c(t_i) = E_0(1 - \exp(-\frac{t_i}{\tau})) \\ u(t_1) = E_0(1 - \exp(-\frac{t_1}{\tau})) \\ u(t_2) = E_0(1 - \exp(-\frac{t+\Delta t}{\tau})) \\ u(t_3) = E_0(1 - \exp(-\frac{t+2\Delta t}{\tau_A})) \\ \tilde{\tau} = \frac{2\Delta t \cdot (E_0 - u(t_1))}{-u(t_2) + 4u(t_3) - 3u(t_1)} \\ C = \frac{1}{N} \frac{\sum_i^N \tau_i}{\sum_i^N R \Sigma x_i} \end{array} \right. \text{— 1-я математическая модель} \tag{11}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} u_c(t_i) = E_0(1 - \exp(-\frac{t_i}{\tau})) \\ u(t_1) = E_0(1 - \exp(-\frac{t_1}{\tau})) \\ u(t_2) = E_0(1 - \exp(-\frac{t+\Delta t}{\tau})) \\ u(t_3) = E_0(1 - \exp(-\frac{t+2\Delta t}{\tau_A})) \\ \tilde{\tau} = -\frac{u(t_3)-u(t_1)}{2(2u(t_2)-u(t_3)-u(t_1))} \cdot \Delta t \\ C = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{\sum_{i=1}^N R_{\Sigma x_i}} \end{array} \right. \text{— 2-ая математическая модель} \quad (12)$$

Для наших исследований особый интерес представляет выбор и обоснование выбора оптимальной математической модели системы обработки измерительного сигнала для различных диапазонов измеряемой величины (электрической емкости). Основным критерием выбора мы считаем минимальную относительную погрешность измерения.

Закон изменения переходного процесса при моделировании выбран в виде:

$$u_{cx}(t) = E_0(1 - \exp(-\frac{t}{\tau})), \quad (13)$$

при  $E_0=1, \tau_0 = 1$ .

Продолжительность моделирования  $t=3\tau$ .

Относительная погрешность оценки  $\tilde{\tau}$  определялась по выражению:

$$\delta \tilde{\tau}_j = (\tilde{\tau}_j - \tau_0) \cdot 100 \% / \tau_0. \quad (14)$$

Шаг дискретизации непрерывной функции (13)  $\delta t_{диск}$  выбирался  $\frac{\delta t_{диск}}{\tau_0} = 0,0001; 0,001; 0,01$ , в зависимости от цели моделирования: оценки работоспособности модели на начальной стадии переходного процесса ( $t_i/\tau_0 \leq 0,01$ ); оценки относительной погрешности оценки  $\tilde{\tau}$  в диапазоне  $0 \leq t_i/\tau_0 \leq 1$ ; оценки работоспособности моделей при  $t_i/\tau_0 \gg 1$ .

Здесь соотношение  $t_i/\tau_0$  — относительное время (время взятия первого отсчета).

Для моделей (11) и (12) время между соседними отсчетами  $\Delta t_{co}$  определяется как:

$$\Delta t_{co} = \delta t_{диск} \cdot M, \quad (15)$$

где  $M$  — параметр модели ( $M = 1; 10; 25; 50; 100$  — выбирается по усмотрению исследователя).

Варьируемыми параметрами при моделировании системы обработки измерительного сигнала являются: относительный шаг дискретизации  $\delta t_{диск}/\tau$ ; кратность интервала обработки  $M$ ; относительное время взятия первого отсчета  $t_i/\tau$ .

В таблице 1 приведена относительная погрешность оценки  $\tilde{\tau}$  по результатам моделирования системы обработки измерительных сигналов по двум математическим моделям (11) и (12).

Сравнение результатов математического моделирования позволяют сделать вывод о явном преимуществе 1-ой модели (1), а именно:

- точность первой модели на 3 порядка выше точности модели (12);
- для всех исследуемых моделей оптимальным динамическим диапазоном проведения отсчетов параметров развивающегося **ПП** является период времени  $(0,1 \div 1,0) \tau$ , как имеющей минимальную погрешность оценки контролируемого информативного параметра —  $\tilde{\tau}$ ;
- относительный момент взятия первого отсчета на начальном интервале обработки должен быть не менее  $0,4\tau$ ;
- интервал обработки  $2\Delta t_{co}/\tau$  для должен быть не менее  $0,2-0,3$  и с учетом момента времени первого отсчета укладываться в оптимальный диапазон измерения. Поэтому:  $M = (0,2 \div 0,3) t / \Delta t_{диск}$ .

По быстрдействию все исследуемые математические модели равнозначны.

Исследуемые алгоритмы измерения постоянной времени реализованы в работе вторичных измерительно-вычислительных устройств емкостных преобразователей [9, с. 182, 10, с. 181, 11, с. 11].

Таблица 1. Сравнение математических моделей системы обработки измерительных сигналов

Относительная погрешность за 1000 наблюдений, %					
$q/E_0$	Параметр алгоритма M-кратность интервала обработки				
	1	10	25	50	100
<b>1-ая модель (по Ньютону)</b>					
$1 \cdot 10^{-6}$	$1,59 \cdot 10^{-2}$	$4,23 \cdot 10^{-3}$	$2,12 \cdot 10^{-2}$	$8,13 \cdot 10^{-2}$	0,31
$1 \cdot 10^{-5}$	1,734725	$2,23 \cdot 10^{-2}$	$3,20 \cdot 10^{-2}$	$8,86 \cdot 10^{-2}$	0,31
$1 \cdot 10^{-4}$		1,75	0,34	0,21	0,39
<b>2-ая модель (по производным)</b>					
$1 \cdot 10^{-6}$		1,84	$4,24 \cdot 10^{-2}$	0,02	0,08
$1 \cdot 10^{-5}$			4,70	0,28	0,09
$1 \cdot 10^{-4}$					1,91

■ — работа системы неустойчива и погрешность не предсказуема

Литература:

1. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А. Способы измерения электрической емкости по параметрам переходного процесса // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. № 10. с. 60–65.
2. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А. Исследование методов измерения электрической емкости на постоянном токе // Методы и средства повышения эффективности технологических процессов АПК: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та. 2013. с. 66–68.
3. Минаев, И. Г., Воротников И. Н., Мастепаненко М. А. Способ измерения уровня жидкостей // Достижения науки и техники АПК. 2010. №9. с. 68–70.
4. Пат. 2407993 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной способ измерения уровня жидкостей и устройство для его осуществления/И. Г. Минаев, М. А. Мастепаненко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. №2009141472/28; заявл. 09.11.2009; опубл. 27.12.2010, Бюл. №36. 2 с.
5. Шаталов, А. Ф., Хашенко А. А., Воротников И. Н. Влияние геометрии электродов на теплообмен при электроконвекции // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2013. № 1 (170). с. 28–32.
6. Минаев, И. Г., Воротников И. Н., Мастепаненко М. А. Универсальный способ контроля уровня различных жидкостей и аппаратный комплекс для его реализации // Вестник АПК Ставрополья. 2012. №5. с. 55–58.
7. Пат. 147261 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной измеритель уровня жидкости/Мастепаненко М. А., Воротников И. Н. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. №2014119647; заявл. 15.05.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. №30. — 2 с.
8. Пат. 78929 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной двухэлектродный датчик уровня жидкости/И. Г. Минаев, Д. Г. Ушкур, М. А. Мастепаненко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет. №2008131178/22; заявл. 28.07.2008; опубл. 10. 12. 2008, Бюл. №34. 1 с.
9. Пат. 85641 Российская Федерация, МПК 8 G01F23/24. Емкостной измеритель уровня жидкости/И. Г. Минаев, Д. Г. Ушкур, М. А. Мастепаненко, В. В. Самойленко; заявитель и патентообладатель ООО НПО Электроимпульс. №2009105632/22; заявл. 19.02.2009; опубл. 19.02. 2009, Бюл. №22. 1 с.
10. Минаев, И. Г., Воротников И. Н., Мастепаненко М. А. Система непрерывного контроля уровня различных жидкостей на основе микроконтроллера // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр./СтГАУ. Ставрополь: АГРУС, 2011. С. 181–185.
11. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А., Ивашина А. В. Вторичное измерительно-вычислительное устройство конденсаторного датчика уровня // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам 76-й научно-практической конференции СтГАУ (г. Ставрополь, 10–25 марта 2012 г.)/Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь: АГРУС, 2012. с. 9–13.

## Расчет и сравнение характеристик пластинчатых теплообменников

Мохов Александр Иванович, студент;

Рафальская Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

*Разработана методика подбора и расчета пластинчатых теплообменников для различных современных схем тепловых пунктов систем теплоснабжения, учитывающая местные условия работы. Разработана компьютерная программа по предложенной методике. Выполнено сравнение характеристик пластинчатых теплообменников.*

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, тепловая сеть, тепловой пункт, пластинчатый теплообменник.

Среди теплообменников всех типов пластинчатые теплообменники (ПТО) обладают самым высоким коэффициентом теплопередачи и другие преимущества по сравнению с другими типами теплообменного оборудования: компактность, малую величину недогрева, низкие трудозатраты при ремонте оборудования, увеличение КПД теплового пункта.

В качестве пластинчатых подогревателей ранее применялись водоподогреватели по ГОСТ 15518, которые не предназначались специально для работы в системах теплоснабжения. Они громоздки и менее эффективны по сравнению с конструкциями таких фирм как «Alfa Laval», «Sondex», «Funke», «Ecoflex», «APV», «Danfoss». Но зарубежные фирмы не раскрывают методик подбора водоподогревателей и дают только общие характеристики рекомендуемых к применению в тепловых пунктах пластинчатых теплообменников.

В условиях Сибири и других регионов нашей страны с длительным стоянием отрицательных температур в течение года и относительно низкого качества сред и оборудования в системах теплоснабжения, наличие открытых алгоритмов расчёта крайне необходимо. Это позволит провести коррекцию фирменных алгоритмов расчёта, не учитывающих многие местные условия эксплуатации.

ОАО «Новосибирскгортеплоэнерго» совместно с кафедрой «Теплогазоснабжения и вентиляции» НГАСУ (Сибстрин) была разработана методика, позволяющая рассчитать любой пластинчатый теплообменник.

Методика расчета пластинчатых теплообменников позволяет с достаточной степенью точности производить подбор и выполнение тепловых и гидравлических расчётов новых теплообменников отопления, вентиляции и горячего водоснабжения; производить поверочные и наладочные расчёты теплообменников, находящихся в эксплуатации.

### Особенности расчета ПТО

В системах теплоснабжения имеются свои особенности, которые не регламентируются действующими нормативными документами, но которые крайне важно учитывать при проектировании или определении эксплуатационных характеристик ПТО:

— необходимо учитывать, что температурный график отпуска тепла от теплоисточника часто не выдерживается, применяется «верхняя срезка» температурного графика, что значительно влияет на коэффициент теплопередачи теплообменников.

— необходимо делать проверку на «аварийный режим» работы теплоисточника при значительном похолодании и нехватке топлива на ТЭЦ, разрабатываемый по т.н. «аварийным графикам» отпуска тепла;

— наиболее часто применяемая в жилом секторе двухступенчатая смешанная схема присоединения теплообменников горячего водоснабжения состоит из группы взаимосвязанных теплообменников, что делает возможным расчёт этой схемы только методом последовательных приближений. Это обстоятельство, когда нам неизвестны все температуры греющего и нагреваемого теплоносителей на входе и выходе из теплообменника делает невозможным подбор ПТО силами сторонних организаций, поскольку расчёт необходимо производить в комплексе.

— наличие ЦТП с разветвлённой сетью трубопроводов, имеющих тепловые потери через теплоизоляционные конструкции трубопроводов;

— наличие или отсутствие циркуляционных трубопроводов ГВС от ЦТП и величина расхода возвращаемой по ним среды между первой и второй ступенями ПТО;

— необходимо контролировать температуры обратной воды, возвращаемой в тепловую сеть, для чего необходимо рассчитать различные режимы работы принятой схемы теплового пункта и скорректировать производительность ПТО.

### Алгоритм основного способа расчета ПТО

Расчёт ПТО базируется на критериальном уравнении Нуссельта  $Nu = f(A, Re^x, Pr^y)$  при турбулентном режиме и противоточной схеме движения сред. Расчет производится на  $t_{нр}$  — расчетную температура наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции. В целях коррекции требуемой тепловой производительности ПТО для отопления и вентиляции при различных температурах наружного воздуха, была получена формула и построен график коэффициента коррекции температурного напора в температурном поле графиков отпуска тепла от теплоисточника, рис. 1.

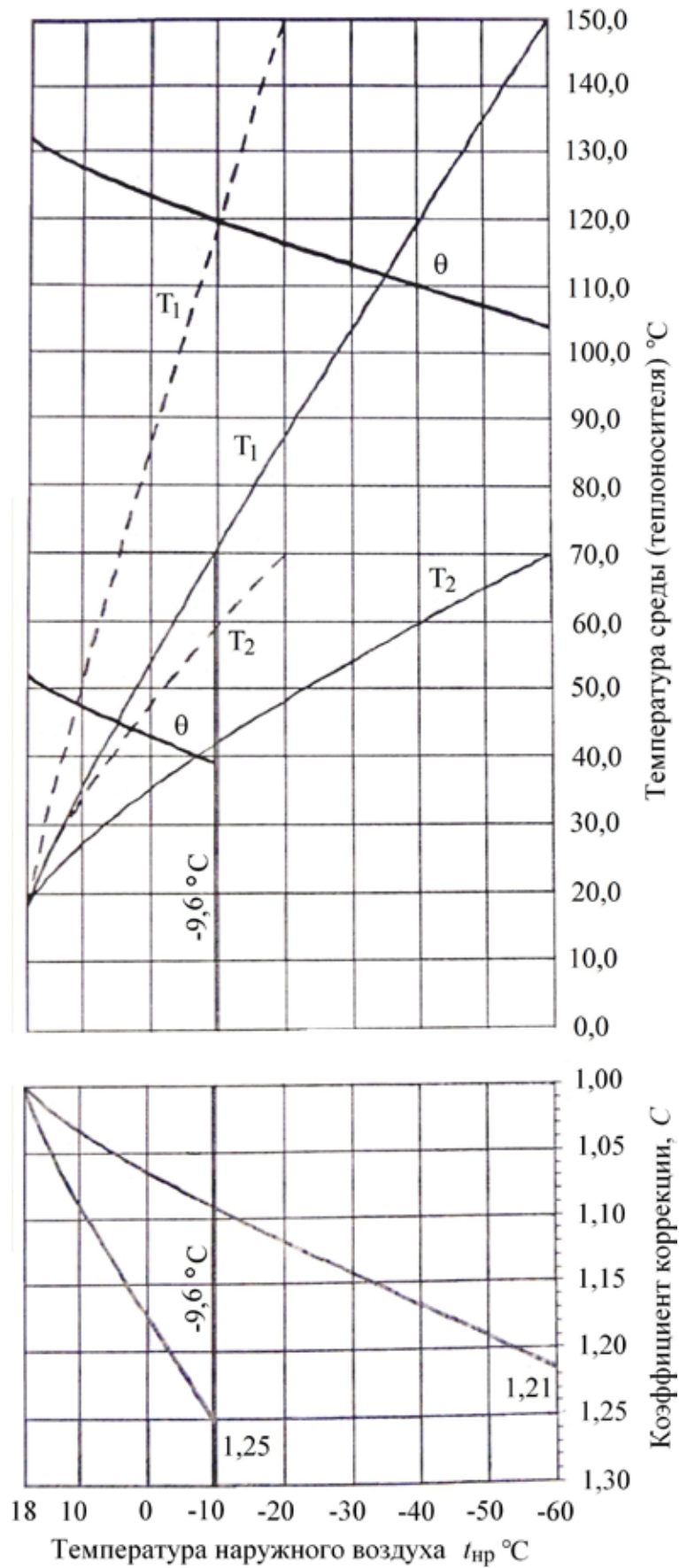


Рис. 1. Графики изменения температурного напора  $\theta$  от температуры наружного воздуха и определения коэффициента коррекции  $C$

**Поверочный расчет ПТО**

Расчёт выполняется по методике [2–4], основанной на совместном решении уравнений теплопередачи и теплового баланса, при  $t_{\text{нри}}$  — расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для точки нижнего излома температурного графика  $T_1(t_n)$  отпуска тепла для данной системы теплоснабжения и принятой усреднённой температуры внутреннего воздуха.

**Расчет ПТО в программе «HeatSupply»**

Кафедрой «Теплогазоснабжения и вентиляции» НГАСУ (Сибстрин) была разработана компьютерная про-

грамма «HeatSupply», включающая комплекс расчётов, необходимых для проектирования системы теплоснабжения [5, 6].

Программа «HeatSupply» позволяет рассчитывать следующие схемы присоединения пластинчатых подогревателей:

- независимая одноступенчатая схема подключения ПТО систем отопления и вентиляции;
- закрытая последовательная одноступенчатая схема подключения ПТО систем горячего водоснабжения;
- закрытая одноступенчатая параллельная схема подключения ПТО систем горячего водоснабжения;

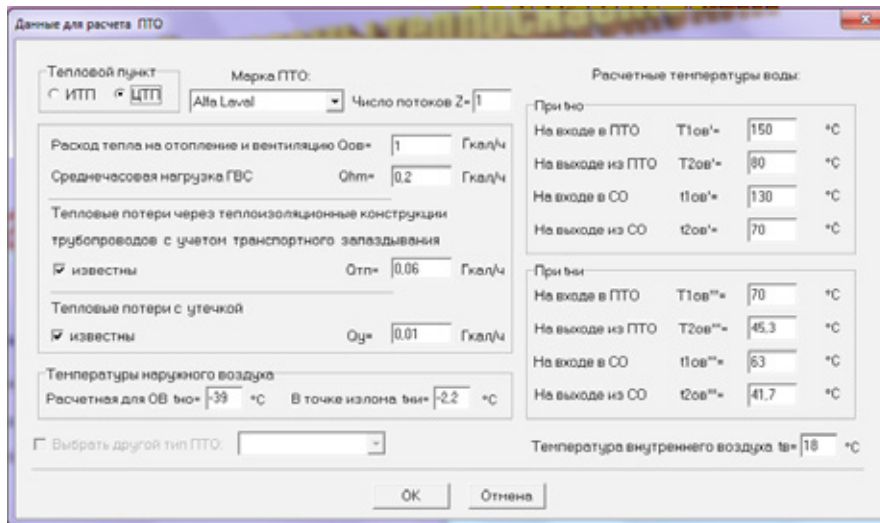


Рис. 2. Диалоговое окно ввода исходных данных для расчета ПТО

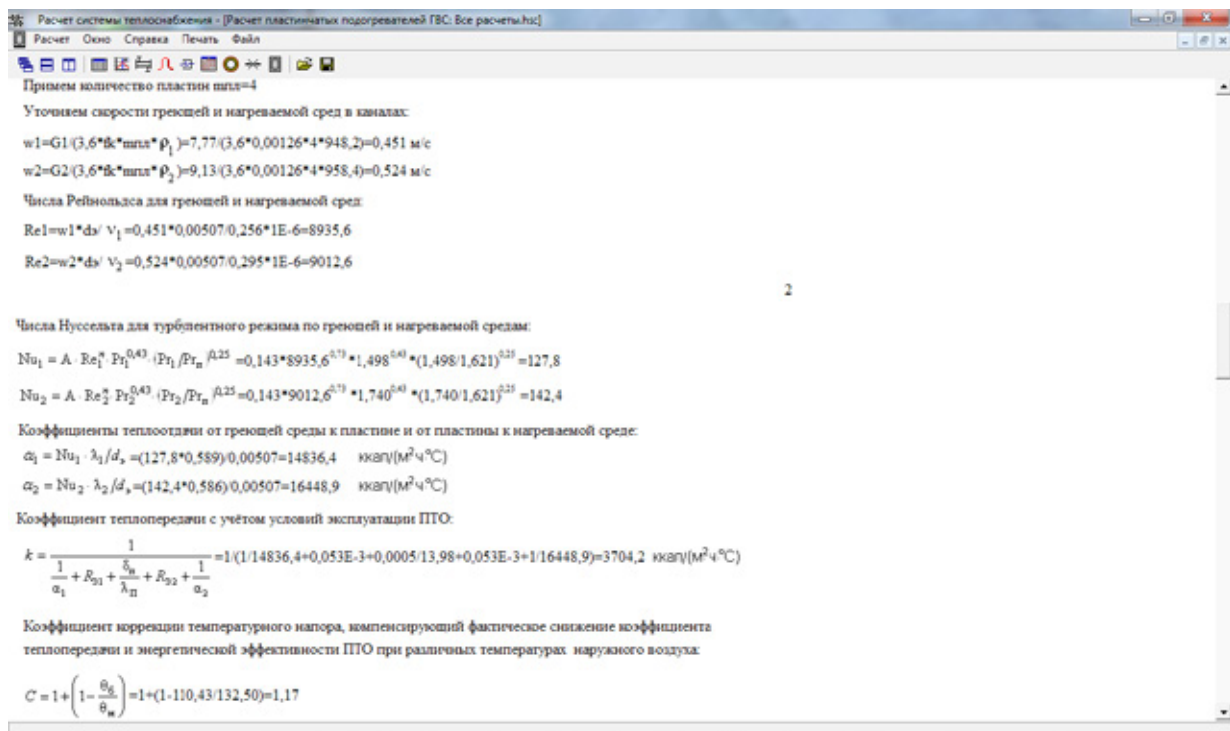


Рис. 2. Результаты расчета пластинчатых теплообменников

Таблица 1. Сравнение характеристик и стоимости ПТО

Тип ПТО	$F_n$	$F_T$	$m$	$X$	$N$	$k$	$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$S_{пл}$	$S$
Alfa Laval M15-MF (M, G, D)	0,62	26,45	6	4	47	3271,5	7,53	10,27	2494,4	117237
Alfa Laval M6-MFG (FG, FD)	0,14	23,02	21	4	167	3758,4	10,34	14,1	670,8	112024
Sondex HH-43	0,46	24,64	7	4	55	3510,9	7,65	10,42	2957,0	162632
Sondex HH-41	0,45	24,22	9	3	53	3571,8	8,10	11,03	2047,8	108534
Ecoflex NT 100M	0,45	25,28	7	4	55	3423,0	8,07	11,0	4382,6	241043
Ecoflex VT 130	1,28	25,69	4	3	23	3367,6	8,69	11,34	9273,9	213300

— закрытая двухступенчатая смешанная схема подключения ПТО систем горячего водоснабжения.

Результаты расчетов выводятся в виде формул и пояснений к ним на экран (рис. 2) и на печать.

**Сравнение характеристик ПТО**

В качестве примера, сравним характеристики и стоимость пластинчатых теплообменников разных фирм для независимых систем отопления одного из ЦТП г. Новосибирска с нагрузкой  $Q_{ов} = 1$  Гкал/ч,  $Q_r^{сп} = 0,2$  Гкал/ч.

Был рассчитан ряд теплообменников трёх марок: «Alfa Laval», «Sondex», «Ecoflex».

Из теплообменников каждой марки были выбраны по два ПТО с наименьшими потерями давления по греющей и нагреваемой средам и наименьшей стоимостью. Результаты расчета сведены в таблицу, где

$F_n, м^2$  — площадь поверхности нагрева одной пластины;

$F_T, м^2$  — необходимая поверхность нагрева ПТО;

$m$  — количество пластин в одном ходу;

$X$  — количество ходов в ПТО;

$N$  — количество пластин в секции;

$k, ккал/(м \times ч \times ^\circ C)$  — коэффициент теплопередачи ПТО;

$\Delta H_1, м$  — потери напора в ПТО по греющей среде;

$\Delta H_2, м$  — потери напора в ПТО по нагреваемой среде;

$S_{пл}, руб.$  — стоимость одной пластины ПТО;

$S, руб.$  — стоимость ПТО.

Из таблицы видно, что теплообменники «Alfa Laval» M15-MF имеют наименьшие потери давления, но несколько более высокую стоимость, чем теплообменники других типов.

Теплообменники «Alfa Laval» M6-MFG стоят немного дешевле M15-MF, однако имеют повышенные потери давления по греющей и нагреваемой средам и ключают большое число пластин, что может затруднить их очистку и увеличить время ремонта.

Теплообменники «Sondex HH-43» имеют также небольшие потери давления, однако их стоимость значительно выше теплообменников «Alfa Laval» M15-MF.

Теплообменники «Ecoflex» стоят в среднем в 2 раза дороже теплообменников других типов.

Оптимальным вариантом для рассчитываемых условий является теплообменник «Sondex HH-41», в котором потери давления незначительно превышают минимальные, при этом его стоимость минимальна.

**Выводы.**

1. Разработана методика расчета пластинчатых теплообменников, учитывающая условия их эксплуатации.

2. Разработана компьютерная программа «Heat-Supply», позволяющая выполнять тепловой и гидравлический расчет всех основных схем присоединения пластинчатых теплообменников в тепловых пунктах.

3. Расчеты в программе по разработанной методике позволяют сравнить и выбрать оптимальный вариант марки и типа ПТО по потерям давления и стоимости.

**Литература:**

1. Потапкин, В. О. Методика подбора и расчета пластинчатых теплообменников для тепловых пунктов систем теплоснабжения/В. О. Потапкин, С. В. Кунгурцев, А. Н. Букашев // Новосибирск: ОАО «Новосибирскгортеплоэнерго», 2006. — 54 с.
2. Зингер, Н. М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем/Н. М. Зингер. — М.: Энергоатомиздат. — 1986. — 320 с.
3. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети/Е. Я. Соколов. — М.: Издательство МЭИ. — 2001. — 472 с.
4. Апарцев, М. М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения/М. М. Апарцев — М.: Энергоатомиздат. — 1983. — 204 с.

5. Рафальская, Т.А. Расчет системы теплоснабжения. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2001611276/Т.А. Рафальская // Реестр программ для ЭВМ. Оpubл. 18.09.2001.
6. Рафальская, Т.А. Расчет системы теплоснабжения. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки №2524 от 14.04.2003/Т.А. Рафальская // Отраслевой фонд алгоритмов и программ.

## **Автоматизация регулирования основных параметров процесса ректификационной колонны**

Мухамедханов Улугбек Тургудович, профессор;  
Муминов Рахим Рустамович, магистрант  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Современный технологический процесс нельзя представить без автоматических систем управления. Корректным применением таких систем можно достичь оптимальных параметров эксплуатации, как определенного узла, так и технологического процесса в целом. Одной из основных технологических узлов первичной переработки является процесс перегонки углеводородного сырья. Это по своей сути является высокотехнологичным узлом точной линии. От точности регулирования технологических параметров процесса ректификации нефтегазоконденсатного смеси, зависит качество выпускаемой продукции [1].

К основным показателям качества предъявляются требования, которые и обеспечивают надежную и четкую работы всей системы. Каждый технологический процесс переработки характеризуется определенными технологическими параметрами, обеспечивающие соответствующие качественные показатели конечной продукции. Эти требования на качество продукции и эксплуатацию должны постоянно жестко соблюдаться.

К основным технологическим параметрам работы ректификационной колонны первичной перегонки нефти относятся: давление в колонне; температурный режим колонны; расход сырьевых и продуктовых потоков; уровень жидкости в аппаратах и емкостях.

Параметры работы ректификационной колонны могут изменяться в более или менее широких пределах, отклоняясь от нормального технологического режима. Поддержание требуемых параметров и восстановление отклоненного параметров режима осуществляются автоматической системой регулирования.

Автоматическое регулирование и управление работой аппаратуры осуществляется при помощи технических средств управления и автоматизации. К ним относятся приборы автоматического контроля, управления и регулирования температуры, давления, расходов потоков, уровней жидкости, параметров электрических машин; свойств потоков нефти, газов и получаемых продуктов (плотность, температура вспышки, фракционный состав, вязкость и др.), а также аппаратура автоматической сигнализации, блокировки и извещения (световые или звуковые).

В связи с тем, что объекты регулирования обладают инерционностью, эффект воздействия управления может проявляться через какой то временной интервал, т.е. запаздыванием. Устранение вредного влияния запаздывания в процессах регулирования достигается применением регуляторов, учитывающих инерционность регулирования или применением связанного (каскадного) регулирования с включением в систему регулирования нескольких регуляторов и датчиков.

Выход и качество дистиллятов получаемых продуктов определяется: фракционным составом исходного сырья; количеством орошения колонны; числом контактных тарелок или высотой насадочных пакетов и их числом; количеством подаваемого и снимаемого в колонну тепла.

Фракционный состав продуктов, выходящих из колонны, зависит от соответствующей температуры и давления той зоны, где они получают в виде дистиллятных паров или жидкости. Фракционный состав сырья, поступающего на переработку практически постоянно изменяется, что требует корректировки параметров режима колонны для обеспечения заданного качества, получаемых целевых продуктов.

В промышленности традиционно применяются две схемы регулирования фракционного состава дистиллята, уходящего с верха колонны: первая регулировкой температуры верха колонны изменением количества орошения и температуры низа и вторая постоянством этого параметра. В последнем случае в колонне происходит меньшее колебание расхода жидкостных потоков на контактных тарелках, что обуславливает меньшую зависимость качества дистиллята от колебаний свойств сырья и его расхода, хотя имеет место определенная инерционность регулирования.

Схемы регулирования температуры верха и низа ректификационной колонны для обеспечения качества соответствующих продуктов образуют взаимосвязанную систему. Например, увеличение подачи орошения вверх колонны отразится на тепловом балансе всей колонны, т.е. импульс понижения температуры верха, вызванный повышением расхода орошения, дойдет и до низа колонны. При этом для поддержания постоянной темпе-



ратуры низа колонны потребуются увеличение подвода тепла в низ, и вызванный этим импульс дойдет до верха колонны и т. д.

При отсутствии контроля над количеством орошения и тепла (т. е. при регулировании только по температурам) колонна может быть выведена из рабочего режима самой системой регулирования, т. е. колонна перегрузится внутренними потоками пара и жидкости, что резко снизит четкость ректификации и ухудшит качество как верхнего, так и нижнего продукта.

Взаимосвязанные, или каскадные, схемы регулирования работы ректификационных колонн, объединяющие обе схемы регулирования, позволяют избежать перегрузки колонн внутренними потоками и повысить качество регулирования.

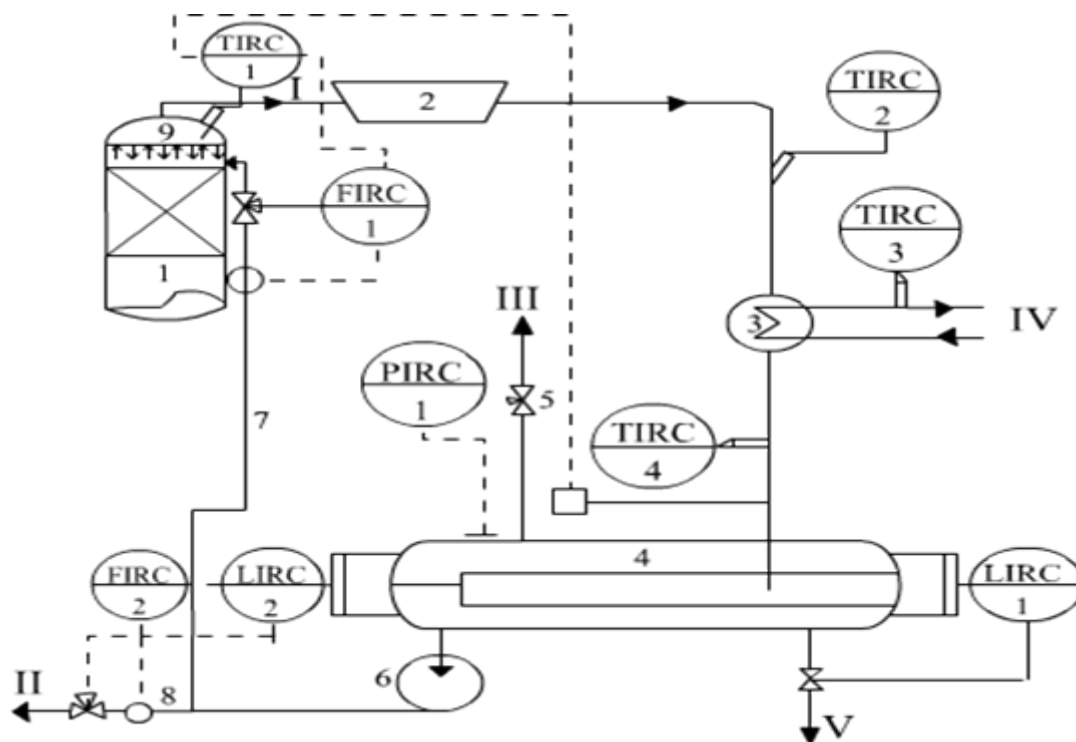
На рисунке приведена схема каскадного регулирования температуры верха колонны, следовательно, и качество дистиллятной фракции, уходящей с верха колонны. Пары с верха колонны 1 поступают в конденсатор воздушного охлаждения 2, затем газопарожидкостная смесь проходит в водяной доохладитель 3, после которого она поступает в емкость-сепаратор 4, где от углеводородного и водяного конденсата отделяется несконденсирова-

щийся газ, который отводится по трубе 5, через регулятор давления PIRC/1.

Давление во всей аппаратуре определяется остаточным давлением паров дистиллята и зависит от температуры после доохлаждения и конденсации в холодильнике 3. В емкости-сепараторе 4 вода отделяется от углеводородного конденсата. Вода собирается в нижней части емкости и по межфазному регулятору уровня LIRC/1 выводится из системы по линии V.

Для надежного вывода дистиллята из емкости-сепаратора установлена вертикальная перегородка, перетекая через которую обезвоженный дистиллят поступает на прием насоса 6, подающий орошение по линии 7 на верхнюю тарелку колонны. Орошение в насадочные колонны вводится через специальный коллектор 9, обеспечивающий равномерное орошение насадки по сечению аппарата. Балансовое количество дистиллята отводится по линии 8, который регулируется прибором принимающим сигнал уровня (LIRC/2) из емкости 4.

Анализаторы качества дистиллята на потоках установлены так, чтобы уменьшит инерционность регулирования, т. е. в тех местах потоков, где возможен оперативный контроль качества.



**Схема каскадного регулирования температуры верха колонны: 1 — верх ректификационной колонны; 2 — конденсатор воздушного охлаждения; 3 — водяной доохладитель; 4 — емкость-сепаратор для отделения газа от воды и углеводородного конденсата; 5 — линия отвода газа; 6 — насос; 7 — линия подачи орошения; 8 — линия откачки балансового количества дистиллята; 9 — коллектор-распределитель орошения; I — пары дистиллята; II — дистиллят; III — газ; IV — охлаждающая вода; V — вода (технологический конденсат); TIRC/1 — регулятор температуры верха; TIRC/2,3,4 — показатели температуры; LIRC/1 — межфазовый регулятор уровня дистиллят/вода PIRC/1 — регулятор давления; FIRC/1,2 — регуляторы расхода орошения и откачки дистиллята**

Таким образом, автоматическим контролем и регулированием системы верхнего дистиллятного потока и орошения ректификационной колонны поддерживается ос- новные технологические параметры, что способствует получению качественной продукции, и надёжность работы перегонной установки.

Литература:

1. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти/Под. ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина. — М.: Химия, Колос С, 2006. — 400 с.
2. «Проектирование систем автоматизации технологических процессов, Справочное пособие» под ред. А. С. Ключева, Москва, 2-е издание, Энергоатомиздат, 1989.

## Классификация кинетических процессов второго порядка в дисперсных системах

Нашивочников Виталий Викторович, студент;  
Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, профессор  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Основные виды кинетических процессов (набор прочности; изменение модуля упругости; контракция и усадка; нарастание внутренних напряжений; тепловыделение; изменение водопоглощения, водостойкости и химической стойкости и др.) формально описываются идентичными кинетическими уравнениями, а именно, решениями задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка [1...3]. Правда, как показывает практика, рассмотренные кинетические модели не всегда можно использовать для описания процессов в полидисперсных композиционных материалах. При их описании можно воспользоваться методами ретроспективной идентификации процессов по данным нормального функционирования (по синхронным измерениям фазовых координат в процессе нормальной эксплуатации).

Кинетические процессы второго порядка (увеличение порядка, не меняя сути, лишь усложняет техническую реализацию) можно описать уравнением вида:

$$\dot{x} = \mathbf{A}x(t) + \mathbf{B}u(t) + \mathbf{f}(t), \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Если хотя бы одно из чисел  $b_1, b_2$  не равно нулю, то матрицу  $\mathbf{B}$  можно записать в виде  $\tilde{\mathbf{B}} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ . Действительно, при  $b_1 \neq 0, b_2 = 0$  обозначим  $b_1 u$  снова через  $u$ ; если  $b_1 = 0, b_2 \neq 0$ , то обозначим  $b_2 u$  через  $u$ , перенумеруем уравнения и координаты  $x_1, x_2$  системы. Каноническим видом матрицы  $\mathbf{B}$  будет вектор-столбец  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ . Изменив масштаб, коэффициент усиления всегда можно привести к 1. Если ни одно из чисел  $b_1, b_2$  не является нулем, то каноническое по управлению представление можно получить, используя невырожденное линейное преобразование с матрицей  $\mathbf{C}$ :

$$\dot{x} = \mathbf{C}y, \quad \dot{y} = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{C}y + \mathbf{C}^{-1}\mathbf{B}u + \mathbf{C}^{-1}\mathbf{f} \quad (2)$$

(из невырожденности матрицы  $\mathbf{C}$  следует наблюдаемость системы).

Вид матрицы  $\mathbf{C}^{-1}\mathbf{B}$  зависит от выбора матрицы  $\mathbf{C}$ . В частности:  $\mathbf{C}^{-1}\mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_1 \\ 0 \end{bmatrix}$ , если

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ b_2 & 1 \\ b_1 & \end{bmatrix}. \quad \text{Произведя масштабирование } u, \text{ получим канонический вид } \tilde{\mathbf{B}} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad \text{При выборе матрицы}$$

$\mathbf{C}$  возможен некоторый произвол (два свободных параметра). В общем случае каноническое по управлению представление системы (1) будет иметь вид

$$\begin{cases} \dot{y} = \mathbf{D}y + \mathbf{B}u + \tilde{\mathbf{f}} \\ x = \mathbf{C}y \end{cases}, \mathbf{D} = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{C}, \tilde{\mathbf{B}} = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{A}, \tilde{\mathbf{f}} = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{f} \quad (3)$$

Собственные числа матриц  $\mathbf{A}$  и  $\mathbf{D}$  одинаковы (следует из общей теории линейных операторов: матрицы  $\mathbf{A}$  и  $\mathbf{D}$  — подобны). Здесь

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \mu & 1 \end{bmatrix}, \mu = \frac{b_2}{b_1}; d_{12} = a_{12}; d_{21} = a_{21} - \mu(a_{11} - a_{22}) - \mu^2 a_{12}; d_{22} = a_{22} - \mu a_{12}. \quad (4)$$

Возможны три принципиально различных случая.

1.  $\lambda_1, \lambda_2$  - вещественные собственные числа матрицы  $\mathbf{A}$  и им соответствуют два линейно независимых вектора (в случае  $\lambda_1 \equiv \lambda_2 \equiv \lambda$  имеем  $\text{rang}(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = 0$ ).

Пусть  $e_1 = (q_1^1, q_1^2), e_2 = (q_2^1, q_2^2)$  — собственные векторы;  $\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} q_1^1 & q_1^2 \\ q_2^1 & q_2^2 \end{bmatrix}$ .

Заменой  $x = \mathbf{Q}y$  система (1) приведет к виду

$$\dot{y} = \mathbf{\Lambda}y + \mathbf{B}_1u + \mathbf{f}_1, \mathbf{\Lambda} = \mathbf{Q}^{-1}\mathbf{A}\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}, \mathbf{B}_1 = \mathbf{Q}^{-1}\mathbf{B}, \mathbf{f}_1 = \mathbf{Q}^{-1}\mathbf{f}. \quad (5)$$

Возможны случаи:

1)  $\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$ ; 2)  $\lambda_1 < 0, \lambda_2 > 0$ ; 3)  $\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0$ ;

4)  $\lambda_1 = 0, \lambda_2 < 0$ ; 5)  $\lambda_1 = 0, \lambda_2 > 0$ ; 6)  $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$

(учтена возможность перенумерации  $\lambda_1, \lambda_2$ ).

2. Если  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$  и  $\text{rang}(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = 1$  преобразование  $\mathbf{Q}$  определится через собственный вектор  $e_1$  и присоединенный  $e_2$ :  $(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})e_2 = e_1$ . При этом матрица (основная) системы преобразуется к виду  $\mathbf{\Lambda} = \begin{bmatrix} \lambda & 1 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix}$ .

Качественно различных систем здесь три: 7)  $\lambda < 0$ ; 8)  $\lambda > 0$ ; 9)  $\lambda = 0$ ; 6) и 9) отличаются структурой матрицы  $\mathbf{\Lambda}$ .

3.  $\lambda_1, \lambda_2$  - комплексно сопряженные. Систему (1) можно записать в виде (5), но уже в комплексифицированном пространстве.

Качественно различных систем здесь три: 10)  $\text{Re}\lambda_i < 0$ ; 11)  $\text{Re}\lambda_i > 0$ ; 12)  $\text{Re}\lambda_i = 0$ .

Если  $\lambda_1, \lambda_2$  — вещественные (если  $\lambda_1 = \lambda_2$ , то должно быть  $a_{12} = a_{21} = 0$ ), то:

1)  $\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$  эквивалентно  $\sigma < 0, \sigma^2 \geq 4\Delta > 0$  ( $\sigma = a_{11} + a_{22}, \Delta = a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12}$ );

2)  $\lambda_1 < 0, \lambda_2 > 0$  эквивалентно  $\sigma < 0, \Delta < 0$ ;

3)  $\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0$  эквивалентно  $\sigma > 0, \sigma^2 \geq 4\Delta > 0$ ;

4)  $\lambda_1 = 0, \lambda_2 < 0$  эквивалентно  $\sigma < 0, \Delta = 0$ ;

5)  $\lambda_1 = 0, \lambda_2 > 0$  эквивалентно  $\sigma > 0, \Delta = 0$ ;

6)  $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = 0$  эквивалентно  $\sigma = 0, \Delta = 0$ .

При  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda; a_{12}^2 + a_{22}^2 > 0, \sigma^2 = 4\Delta$ :

7)  $\lambda < 0$  эквивалентно  $\sigma < 0$ ; 8)  $\lambda > 0$  эквивалентно  $\sigma > 0$ ; 9)  $\lambda = 0$  эквивалентно  $\sigma = 0$ .

Наконец, если  $\lambda_1, \lambda_2$  — комплексно-сопряженные,  $\sigma^2 < 4\Delta$ , то:

10)  $\text{Re}\lambda_i < 0$  эквивалентно  $\sigma < 0$ ; 11)  $\text{Re}\lambda_i > 0$  эквивалентно  $\sigma > 0$ ; 12)  $\text{Re}\lambda_i = 0$  эквивалентно  $\sigma = 0$ .

Приведенная классификация систем по матрице  $\mathbf{A}$  хоть и грубая, но связана с устойчивостью и неустойчивостью нулевого решения (принципиальная и важная классификация) системы  $\dot{z} = \mathbf{A}z$ .

Не лишне указать алгоритм построения оптимальной матрицы обратной связи для системы уравнений второго порядка (аналогичной будет и общая схема построения таких матриц для произвольных конечномерных систем; технические трудности при этом, естественно, возрастают). После преобразования, канонического по управлению, система общего вида преобразуется к виду:

$$\dot{y}_1 = d_{11}y_1 + d_{12}y_2 + u + \tilde{f}_1$$

$$\dot{y}_2 = d_{21}y_1 + d_{22}y_2 + \tilde{f}_2;$$

$$d_{11} = a_{11} + \mu a_{12}; d_{12} = a_{12}; d_{21} = a_{21} - \mu(a_{11} - a_{22}) - \mu^2 a_{12}; d_{22} = a_{22} - \mu a_{12}; \mu = \frac{b_2}{b_1}, b_1 \neq 0.$$

При  $b_1 = 0$ :  $d_{11} = a_{22}$ ,  $d_{12} = a_{21}$ ,  $d_{21} = a_{12}$ ,  $d_{22} = a_{11}$ .

Параметры  $p$  и  $q$  оптимальной матрицы обратной связи  $\tilde{P}_m = [p \ q]$  должны выбираться из условий минимума функционала  $F(p, q) = \Phi(\mathbf{D} + \tilde{B}\tilde{P}_m)$  (собственные числа матрицы  $\mathbf{D} + \tilde{B}\tilde{P}_m$  подставляются в функционал  $\Phi$  [1], а затем  $p$  и  $q$  выбираются из условия минимума  $\Phi$ ). Имеем:  $u = py_1 + qy_2 = \tilde{P}_m y$ ,

$$\mathbf{D} + \tilde{B}\tilde{P}_m = \begin{bmatrix} d_{11} + p & d_{12} + q \\ d_{21} & d_{22} \end{bmatrix};$$

$$\lambda = \frac{1}{2} \left( \sigma + p \pm \sqrt{(\sigma + p)^2 - 4(\Delta + pd_{22} - qd_{21})} \right) \text{ — собственные числа матрицы } \mathbf{D} + \tilde{B}\tilde{P}_m \text{ (} \sigma \text{ и } \Delta \text{ — след}$$

и определитель матрицы  $\mathbf{A}$  совпадают со следом  $\sigma_1$  и определителем  $\Delta_1$  матрицы  $\mathbf{D}$ , как инварианты при невырожденных преобразованиях координат).

Пришли к задаче минимизации функции  $F(p, q) = \Phi(\mathbf{D} + \tilde{B}\tilde{P}_m)$  при ограничениях на координаты  $x_i: |x_i| \leq \varepsilon$  и энергию управляющих воздействий  $|u| \leq \delta$ :

$$|p| \leq \frac{\delta}{\varepsilon}, |q| \leq \frac{\delta}{\varepsilon}. \quad (6)$$

При выборе  $p$  и  $q$  величины  $\sigma + p$  и  $d(p, q) = \left| \left( (\sigma + p)^2 - 4(\Delta + pd_{22} - qd_{21}) \right) \right|$  предполагаются наименьшими.

Задача легко решается для систем, если коэффициент  $d_{22}$  по абсолютной величине мал по сравнению с  $|d_{21}|$ . Алгоритм минимизации функции  $F(p, q)$  при условии (6) значительно упрощается:  $\sigma + p$  минимизируется при

$p = -\frac{\delta}{\varepsilon}$ ; если при выбранном  $q$  значение  $d(p, q)$  можно сделать равным нулю, то задача решена, если нет, то вы-

брав шаг  $0 < h \leq \frac{\delta}{2\varepsilon}$ , следует минимизировать  $d(p, q)$ , осуществляя выбор  $q$  для значений  $p = p_k = -\frac{\delta}{\varepsilon} + kh$ ;

$k=0, 1, 2, \dots, (kh \leq \frac{2\delta}{\varepsilon})$ .

Приведенные методики успешно использовались при разработке композиционных материалов специального назначения [4,5].

Литература:

1. A. Danilov, I. Garkina. Systems approach to the modeling and synthesis of building materials Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, 2015, no. 5, 219–225. <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517>.
2. I. Garkina. Modeling of kinetic processes in composite materials. Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, 2015, no. 10, 421–425. <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5258>.
3. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Сорокин Д. С. Логико-методологические модели при синтезе композиционных материалов // Региональная архитектура и строительство. — 2015. — №1 (22). — с. 23–28.
4. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Дулатов Р. Л. Ретроспективная идентификация сложных систем // Региональная архитектура и строительство. — 2015. — №1 (22). — с. 130–136.

5. Тюкалов, Д.Е., Данилов А.М. Формирование критериев динамического подобия модели реальному объекту/Молодой ученый. — 2015. — №4 (84). — с. 278–280.

## Изучение технологического процесса влажно-тепловой обработки деталей одежды с целью дальнейшего улучшения их формоустойчивости

Нурлибаева Зарина Мухитдиновна, магистр;  
Турсунова Зебинисо Нуриллаевна, старший преподаватель;  
Холикова Нигора Шухратовна, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье изложен технологический процесс влажно-тепловой обработки изготовления швейных изделий, так как основная задача влажно-тепловой обработки это — придание готовым изделиям товарного вида, формы, обеспечивающей хорошую посадку изделий на фигурах потребителей в соответствии с образцами моделей. Приведены основные направления совершенствований процесса.*

Среди отраслей, изготавливающих товары для населения, ведущее место занимает швейная промышленность, которая производит различную одежду на предприятиях, включенных в состав новых организационных структур: концернов, ассоциаций, акционерных обществ и т. д. Изготовление одежды — сложный процесс. Качество изделий зависит от квалификации специалистов и рабочих. Предприятия, выпускающие одежду массового производства, характеризуются высоким уровнем техники, технологии и организации производства, что предъявляет особые требования к работающим на этих предприятиях. [2]

Влажно-тепловую обработку тканей в швейном производстве применяют для придания формы деталям одежды и окончательной отделки изделий. Влажно-тепловая обработка имеет важное значение для выпуска изделий высокого качества и хорошего товарного вида. Она занимает большой удельный вес (20–25%) в процессах изготовления верхней одежды. При влажно-тепловой обработке на ткань воздействуют влагой с помощью опрыскивателей, теплом и давлением с помощью утюгов, прессов. В результате воздействия влагой и теплом ткань легче поддается различным деформациям. Подвергая ткань в таком состоянии давлению, деталям изделия придают пространственную форму, производят утонение и перегибание их краев, образуют складки, устраняют неровности и замины на поверхности ткани. Для закрепления формы, приданной ткани, влага удаляется под воздействием тепла, и ткань охлаждается. Во время придания формы ткань подвергается растяжению, Влажно-тепловая обработка швейных изделий из ткани с различным волокнистым составом не обеспечивает достаточной устойчивости формы в процессе носки изделий. Поэтому при изготовлении одежды обработанные края деталей закрепляют строчками или клеевыми соединениями, применяют прокладки в полочках, воротниках, прокладывают кромку в бортах, в пройме и других местах. В тех случаях, когда

придание необходимой пространственной формы и закрепление ее затруднено, используют дополнительные швы и выточки. Все это делается для того, чтобы изделия были красивы, добротны и имели хороший товарный вид, который во многом зависит от влажно-тепловой обработки. Во время придания формы ткань подвергается растяжению, сжатию, углы между нитями изменяются; все это вызывает распрямление, изгибание, растяжение и сжатие волокон. Для эффективного проведения процесса влажно-тепловой обработки необходимо, чтобы температура, влажность, давление и продолжительность их воздействия на ткань обеспечивали придание и закрепление формы деталей одежды. Поэтому при влажно-тепловой обработке изделий из различных тканей применяют определенные режимы, установленные на основе специальных исследований. [1]

Влажно-тепловая обработка выполняется двумя основными способами: глажением и прессованием. **Глажение** — это способ влажно-тепловой обработки, при котором гладильная поверхность перемещается по ткани при одновременном давлении на нее.

**Прессование** — способ, при котором ткань сжимается между двумя греющими поверхностями без перемещения по ней. Глажение производится с помощью утюгов, а прессование с помощью прессов. Шерстяные, хлопчатобумажные, льняные, и вискозные ткани гладят при температуре 180–220° С, а ткани из натурального шелка и содержащие капроновое, лавсановое и ацетатное волокно при 140–160° С. При глажении с утюжильной прокладкой (проутюжильником) температура может быть повышена на 20° С. Указанные температуры обеспечивают влажно-тепловую обработку без потери прочности, изменения внешнего вида ткани при длительности непрерывного воздействия гладильной поверхности на ткань не более 15–20 сек. Шерстяные, хлопчатобумажные и льняные ткани гладят при влажности 20–30% (по отно-

шению к весу воздушно сухой ткани). Увлажнение тканей из натурального и вискозного шелка, а также тканей, содержащих ацетатное волокно, производится только в том случае, когда при глажении без увлажнения ткань плохо поддается влажно-тепловой обработке и если на ней не остаются следы влаги (пятна). [1]

Экспериментально установлено, что с повышением давления на ткань до  $1,5 \text{ кг/см}^2$  время обработки сокращается. Повышение давления требует применения тяжелых прессов и влечет за собой образования лас (блеска) на ткани. Ласы образуются вследствие того, что при давлении выступающие на поверхности волокна сплющиваются и ткань значительно меньше рассеивает отраженный ею свет. Степень появления лас зависит от вида, структуры и цвета ткани, а также от температуры, давления и времени действия на ткань греющей поверхности. Обычно чем больше лас, тем больше требуется времени для их снятия. При увеличении времени снятия лас происходит частичная релаксация ткани.

В конце процесса влажно-тепловой обработки закрепляется форма деталей, полученная за счет высокоэластических деформаций волокон ткани. Получение и закрепление формы деталей производятся, вследствие изменения конфигурации молекулярных цепей волокон удалением приданной им влаги и охлаждением их. Однако молекулярная структура разных волокон различная и эффект закрепления формы деталей получается неодинаковый. В волокнах шерсти при переходе от одной конфигурации молекулярных цепей к другой во время воздействия влаги и тепла происходит разрыв дисульфидных связей кератина. Вследствие этого после удаления приданной волокнам влаги и охлаждения их шерстяные ткани устойчиво сохраняют полученную в процессе влажно-тепловой обработки форму. В молекулах натуральных и искусственных волокон из полимеров линейной структуры отсутствуют поперечные химические связи, что затрудняет сохранение вновь приданного положения молекулярных цепей. Поэтому приданная форма деталям из этих тканей недостаточно устойчива. Затруднения возникают с приданием и закреплением формы деталей из тканей с содержанием синтетических волокон. Форма деталей после влажно-тепловой обработки может быть неустойчивой при любых волокнах, если ткань в конце процесса не высушивается до ее равновесного состояния в нормальных условиях и не охлаждается. [1]

Таким образом можно выделить следующие направления совершенствования процесса влажно-тепловой обработки:

— чтобы обеспечить высокое качество влажно-тепловой обработки деталей одежды при минимально возможном времени прессования, необходимо строго соблюдать установленные оптимальные технологические режимы, что осуществимо при автоматическом контроле температуры нагрева верхних и нижних слоев ткани, то есть оснащение прессов регуляторами-оптимизаторами;

— необходимо проводить дальнейшие исследования по разработке технологических режимов для различных тканей и организовать на производстве систематический контроль температуры, увлажнения ткани, давления и температуры подушек прессов;

— для строгого соблюдения технологических режимов на прессах с электрическим нагревом подушек следует механизировать увлажнение проутюжильника, так как применяемые ручные опрыскиватели не обеспечивают равномерного увлажнения с необходимым количеством влаги и требуют излишней затраты времени;

— при усовершенствовании конструкции деталей верхней одежды представляется возможность совместить влажно-тепловую обработку с соединением и обработкой деталей клеевыми методами и благодаря этому получить значительно больший экономический эффект, применение метода клеевого соединения позволяет создать пресс-полуавтомат для формования цельнокроеных рукавов и обработки их низа;

— вместо применяемых в настоящее время трудоемких методов обработки воротника верхней одежды, новой швейной машины-полуавтомата для соединения верхнего воротника с нижним и пресса для заутюживания обтачанного края воротника при клеевом методе соединения может быть создан один пресс полуавтомат для обработки цельнокроеного воротника (без отрезного нижнего воротника), на этом прессе полуавтомате будут выполняться все операции обработки воротника: присоединение прокладки с клеевым порошком, загибка шаблонами, заутюживание прессованием краев и оттягивание стойки.

— направлением совершенствования окончательной влажно-тепловой обработки изделий является использование прессов, оснащенных полными комплектами подушек для отглаживания и формования всех частей изделий, при этом необходимо использовать пресса с паровым или комбинированным нагревом подушек и с отсосом пара, которые дают высокое качество влажно-тепловой обработки и не требуют применения операции отпаривания;

— одним из перспективных направлений улучшения качества швейных изделий — термофиксация их после окончательной влажно-тепловой обработки, которая выполняется в специальных термокамерах. Термофиксация обеспечивает прочное закрепление выполненных краев, швов, складок и пространственной формы деталей благодаря специальной химической обработке тканей на текстильных фабриках. Обработанные края, швы, складки и форма деталей в изделиях, прошедших термофиксацию, сохраняются после стирки;

— Заслуживает внимания как перспективное направление совершенствования окончательной влажно-тепловой обработки применение паровоздушных манекенов с жесткой оболочкой. Проведенные в МГУДТ исследования показали, что после обработки паром и горячим воздухом на манекене с жесткой оболочкой в изделиях прочно закрепляется форма деталей, приданная за счет

перекося нитей ткани. Изменение угла между нитями ткани в изделии, надетом на манекен с жесткой оболочкой, закрепляется благодаря тому, что ткань находится в натянутом состоянии. [1]

В настоящее время технология швейного производства становится механизированной, ее эффективность обуславливается применением специальных машин и оборудования. Изменяются организационные формы производства, повышается уровень автоматизации предприятий. Наряду с существованием специальных швейных машин, швейных полуавтоматов, швейных установок и комплексных рабочих мест появляются так называемые технологические модули, управляемые компьютерами. Принцип действия технологических модулей заключается в том, что рабочие операции выполняются на нескольких швейных установках в едином технологическом цикле с однократной фиксацией заготовки прижимными шаблонами в начале процесса обработки.

В цехах влажно-тепловой обработки готовой продукции существуют автоматизированные линии. Транспортные системы и программирующие цифровые компьютеры объединяют в единый комплекс цепочку оборудования для влажно-тепловых работ. Специальный подъемник, захватив изделие, висящее на вешалке, автоматически

передает его от одного рабочего места к другому. Современному производству необходимы специалисты, владеющие компьютерной техникой, так как многие этапы производства в значительной степени ею оснащаются. Перспективы работы предприятия на современном этапе будут тесно связаны с Интернетом. Созданный в Интернете проект CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) — совместное планирование, прогнозирование и пополнение запасов, промышленная группа которого объединяет производителей и продавцов готовых изделий, обеспечивает их сотрудничество средствами современного управления и обмена информацией — позволяет повысить объемы продаж, уменьшить основной и рабочий капитал, а также оборотные фонды во всей цепочке сбыта и в то же время удовлетворить потребности потребителя. Специалист современного предприятия по производству швейных изделий должен: иметь представление о современном состоянии и перспективах развития швейного производства; знать технологические процессы всех этапов швейного производства. [2]

Наряду с этим досконально изучать процессы влажно-тепловой обработки, знать принципы работы оборудования влажно-тепловой обработки, так как качество и внешний вид изделия во многом зависит от них.

Литература:

1. Савостицкий, А. В., Меликов Е. Х., Куликова И. А. Технология швейных изделий. Москва, «Легкая индустрия» 1983.
2. Э. К. Амирова, А. Т. Труханова, О. В. Сакулина, Б. С. Сакулин Технология швейных изделий. Москва, Издательский центр «Академия», 2012.

## Новые возможности в передаче дизайнов вышивки современных вышивальных швейных машин Janome Memory Craft

Олимов Кахрамон Танзилович, доктор технических наук, профессор;  
Узакова Лайло Палвановна, кандидат педагогических наук, доцент;  
Тураева Нафиса Абдуллаевна, магистрант  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В данной статье приведены новые возможности в передаче дизайнов вышивки современных вышивальных швейных машин Janome Memory Craft 11000.*

*In given article new possibilities in transfer design embroideries are resulted modern embroidery sewing wave Janome Memory Craft 11000*

**Ш**вейная промышленность — одна из отраслей легкой промышленности, задача которой состоит в наиболее полном удовлетворении спроса на товары народного потребления. Рост объема швейного производства и улучшение качества выпускаемой одежды находятся в прямой зависимости от дальнейшего со-

вершенствования и интенсификации технологических процессов, оснащения предприятий новой высокоэффективной техникой, совершенствования структуры и управления производством, организации труда, рационального использования материальных и энергетических ресурсов, внедрения достижений науки и техники,

улучшения качества работы во всех звеньях производства.

Современные вышивальные швейные машины Janome Memory Craft обладает разрешением более 65000 цветов и самым большим размером, среди экранов в вышивальных машинах. Экран может двигаться. Нажатием кнопки можно двигать экран вверх и вниз.

В машине впервые применен линейный роликовый направитель — механизм, который обычно используется для промышленных роботов. Он располагает пальцы с большей точностью, чем все предыдущие вышивальные машины. Это позволяет выполнять вышивку с такой точностью, что даже при очень близком рассмотрении стежки выглядят профессионально.

Можно использовать как уже ставшие традиционными способы передачи дизайнов вышивки: прямое соединение с компьютером, карты Compact Flash, CD-ROM и стандартный USB-брелок, так и современные беспроводные технологии StitchLink, позволяющие передавать информацию из компьютера в машину, даже если он находится в другом конце дома.

Управление функциями машины осуществляется прямо на экране стилусом. Меню машины стало еще более простым и удобным. Усовершенствованная система ярлыков позволяет быстро выбирать нужные программы и функции.

Современный экран позволяет просматривать дизайны вышивки в режиме 3 D. В редактирование добавлен ряд новых функций. Например, возможность перенесения любой из 52 декоративных строчек в вышивку. Новые режимы позволят создавать изумительные дизайны сразу на экране машины

У Memory Craft 11000 — самая большая рабочая поверхность среди бытовых вышивальных машин, такая же как у полупромышленных швейных машин. При этом у нее самое большое поле вышивки — 200x280 мм в пальцах Masco Ноор и самые большие квадратные пальцы 200x200 мм среди бытовых вышивальных машин.

Вышивальный блок в Memory Craft 11000 встроен в машину, и поэтому она становится самой компактной в линейке вышивальных машин топ класса. Memory Craft 11000 — самая большая и самая компактная.

Настройки и регулировки данной модели настолько гибки, что позволяют без труда установить нужные параметры к той или иной швейной программе. Благодаря большому размеру и полноцветной палитре жидкокристаллического экрана, можно рассмотреть на дисплее элемент вышивки или швейную программу целиком, именно в таком виде, в котором она отобразится на материале. Еще одной особенностью этой машины является то, что, возможно выполнение вышивальных мотивов очень больших размеров, или же деление мотива на несколько фрагментов и вышивание отдельными фрагментами, если он выходит за рамки пялец. В комплекте со швейно-вышивальной машиной прилагаются не-

сколько типов пялец и прозрачные трафареты, позволяющие отцентрировать мотив вышивки. Также на данной модели установлена дополнительная функция (Designer), позволяющая создавать собственную швейную программу, начиная от простого шва до самых сложных декоративных строчек.

Количество операций — 700, 10 типов петель, трикотажные, обметочные, эластичные, трикотажные, декоративные строчки, монограммы. Жидкокристаллический экран. Регулировка скорости шитья. Информационное табло. Нитковдеватель. Нитеобрезатель. Разъем для PS карт. Блок памяти. Съёмный двойной адаптер. Машина имеет встроенный швейный советник, отображающий всю информацию на дисплее, не только в текстовом режиме, но и в графическом. Для запуска швейного советника достаточно нажать лишь одну кнопку и выбрать тип операции, относительно которой Вам нужна информация. Существует возможность подключения данной машины к персональному компьютеру. В самых простых моделях вышивальных машин, на черно-белом дисплее показывается лишь номер вышиваемого цвета, количество стежков. В более сложных вышивальных машинах на небольшом цветном экране уже изображается весь узор или рисунок. Самые дорогие машины оснащены полноцветными большими сенсорными мониторами высокого разрешения, на которых вышивка изображается в натуральную величину.

Механизм швейной машины «Janome» полностью состоит из металлических деталей, что позволяет утверждать о надежности и долговечности машины. Машина электронная, с функцией выводимого на жидкокристаллический дисплей с подсветкой, русифицированное меню, возможность выполнения 561 вида строчек и выметывания 10 видов автоматических петель, машина может работать с тканями разного вида и плотности, благодаря регулятору давления прижимной лапки. Скорость пошива регулируется.

Швейная машина оснащена горизонтальным устройством челнока, что обеспечит прошив идеальной прямой строчки. Подсветка при шитье создаст комфортные условия для работы. Съёмная рукавная платформа позволит без особых усилий обработать детали цилиндрической формы. Скорость шитья с педалью достигает 800 стежков в минуту, максимальная скорость при помощи кнопки старт-стоп до 700 стежков. Длина стежка до 5 мм, ширина строчки для зигзага до 7 мм. Нитевдеватель встроен, в машине присутствует функция позиционирования иглы, а также удобная кнопка точечной закрепки. Возможность использования потайной, оверлочной, эластичной строчки. В машине «Janome Memory Craft» построена игольная пластина с автоматической функцией переключения «прямой стежок-зигзаг», возможностью вытягивания строчки и ее зеркального отображения. Машина оснащена функцией встроенной памяти.



Литература:

1. К. Т. Олимов, Л. П. Узакова «Швейные машины» учебное пособие для профессиональных колледжей/ — Т.: Узинкомцентр, 2005 г.
2. <http://shveimash.tkat.ru>

## О дополнительных процессуальных гарантиях для специалистов по охране труда

Ольшевский Владимир Александрович, преподаватель  
НОУ ДПО Учебный центр «Микротех» (г. Москва)

*В статье анализируется неясное судебное решение по иску о фактическом допущении к работе специалиста по охране труда, развиваются процессуальные гарантии для специалистов по охране труда; автор статьи является по делу истцом.*

**Ключевые слова:** специалист по охране труда, акт приема-передачи документации, процессуальные гарантии.

В соответствии с частью 2 статьи 67 Трудового кодекса Российской Федерации [1] «трудовой договор, не оформленный в письменной форме, считается заключенным, если работник приступил к работе с ведома или по поручению работодателя или его уполномоченного на это представителя. При фактическом допущении работника к работе работодатель обязан оформить с ним трудовой договор в письменной форме не позднее трех рабочих дней со дня фактического допущения работника к работе».

В соответствии с пунктом 12 Постановления Пленума Верховного Суда РФ от 17.03.2004 N 2 (ред. от 28.09.2010) «О применении судами Российской Федерации Трудового кодекса Российской Федерации» [3] если трудовой договор не был оформлен надлежащим образом, однако работник приступил к работе с ведома или по поручению работодателя или его уполномоченного представителя, то трудовой договор считается заключенным и работодатель или его уполномоченный представитель обязан не позднее трех рабочих дней со дня фактического допущения к работе оформить трудовой договор в письменной форме (часть вторая статьи 67 ТК РФ). При этом следует иметь в виду, что представителем работодателя в указанном случае является лицо, которое в соответствии с законом, иными нормативными правовыми актами, учредительными документами юридического лица (организации) наделено полномочиями по найму работников, поскольку именно в этом случае при фактическом допущении работника к работе с ведома или по поручению такого лица возникают трудовые отношения (статья 16 ТК РФ) и на работодателя может быть возложена обязанность оформить трудовой договор.

Поводом для обращения автора в суд с иском об обязанности работодателя оформить трудовой договор по должности «инженер по охране труда» послужило уклонение работодателя от исполнения части 2 статьи 67 ТК

РФ, текст искового заявления приводится в Таблице 1. В процессе судопроизводства по данному делу были приняты следующие судебные акты: решением Измайловского районного суда от 22 октября 2014 года по делу №2—4349/14 в удовлетворении иска отказано [6]; апелляционным Определением Московского городского суда от 6 марта 2015 года по делу №33—7253/2015 решение суда первой инстанции оставлено без изменения, апелляционная жалоба без удовлетворения [7]. Общая продолжительность судопроизводства по указанному делу, исчисляемая со дня поступления **искового заявления** в суд первой инстанции до принятия последнего судебного постановления по гражданскому делу, составляет 8 месяцев 10 дней.

Согласно части 1 статьи 195 ГПК РФ [2] решение суда должно быть законным и обоснованным. В соответствии с частью 4 статьи 198 ГПК РФ в мотивировочной части решения суда должны быть указаны обстоятельства дела, установленные судом; доказательства, на которых основаны выводы суда об этих обстоятельствах; доводы, по которым суд отвергает те или иные доказательства; законы, которыми руководствовался суд.

Основные неясности мотивировочной части решения суда первой инстанции [6] сводятся к следующему. 1. Не указаны мотивы отвержения в качестве свидетелей руководителей организации-ответчика, вызов свидетелей заявлен в исковом заявлении. 2. Не раскрыты свойства недопустимости письменных доказательств «Акт приема-передачи документации по охране труда», «Личный листок по учету кадров», отвергнутых судом в порядке статьи 60 ГПК РФ. Акт приема-передачи документации по охране труда сформирован в результате сверки имеющейся документации по охране труда с Перечнем [8]. Ответчик не заявлял о подложности письменных доказательств в порядке статьи 186 ГПК РФ. 3. Допущены письменные доказательства «Должностная инструкция

инженера по технике безопасности», «Правила внутреннего трудового распорядка» без отражения в мотивировочной части решения суда неотъемлемых реквизитов и иных условий формирования данного вида доказательств. 4. Допущено доказательство «объяснение представителя ответчика» без отражения в мотивировочной части решения суда сведений об источниках осведомленности представителя о событиях. 5. Не указан вывод суда о наличии или отсутствии обстоятельства «фактическое допущение работника к работе», отражено наличие спора сторон о данном обстоятельстве. 6. Не указаны доводы, по которым суд не применил часть 2 статьи 67 ТК РФ, на которую ссылается истец в исковом заявлении. 7. Не указаны доводы, по которым суд не применил статью 64 ТК РФ о запрете необоснованного отказа в заключении трудового договора, не приведены в мотивировочной части решения суда обстоятельства сообщения работнику работодателем причины отказа в заключении трудового договора, не приведены в мотивировочной части решения суда деловые качества работника, препятствующие заключению трудового договора. Заявление истца о разьяснении решения суда первой инстанции по изложенным неясностям зарегистрировано в Государственной автоматизированной системе Российской Федерации «Правосудие» [5] 21 марта 2015 года под номером «77RS0010–2309», повторно 26 марта 2015 года под номером «77RS0010–2326».

Как разьяснено в Постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 19 декабря 2003 г. №23 «О судебном решении» [5], решение является законным в том случае,

когда оно вынесено при точном соблюдении норм процессуального права и в полном соответствии с нормами материального права, которые подлежат применению к данному правоотношению. Решение является обоснованным тогда, когда имеющие значение для дела факты подтверждены исследованными судом доказательствами, удовлетворяющими требованиям закона об их относимости и допустимости.

Выводы:

1. Предпосылками формирования неясного судебного решения индивидуального трудового спора в сфере охраны труда являются: а) немотивированное отвержение прямого доказательства специального вида «Акт приема-передачи документации по охране труда», оценка которого требует знаний специальной терминологии; б) неприменение специальных норм законодательства РФ о труде и об охране труда.

2. Для правильного и своевременного рассмотрения дел представляется целесообразным укрепить правовой статус специалиста по охране труда (специального субъекта трудового права) процессуальными гарантиями в части 1 статьи 217 ТК РФ: «При смене специалиста по охране труда должна обеспечиваться передача документации по охране труда. Порядок передачи документации по охране труда определяется работодателем самостоятельно. Споры о восстановлении на работе специалистов по охране труда рассматриваются непосредственно в суде с участием государственного инспектора труда в качестве эксперта».

Таблица 1. Исковое заявление об обязанности оформить трудовой договор

Измайловский районный суд <адрес> истец: Ольшевский В. А., место жительства: <адрес> ответчик: РЭУ №, место нахождения: <адрес>
Исковое заявление
об обязанности РЭУ № оформить с Ольшевским В. А. трудовой договор по должности «инженер по охране труда» с ДД. ММ. ГГГГ
ДД. ММ. ГГГГ, в 9 часов 20 минут, я прибыл на собеседование по вакансии «инженер по охране труда» в РЭУ №, находящееся по адресу: <адрес>. По результатам собеседования генеральный директор РЭУ № дал устное распоряжение главному инженеру «пустить принимает должность» и начальнику отдела кадров «оформить с ДД. ММ. ГГГГ». Данные обстоятельства могут быть подтверждены моими объяснениями, а также показаниями свидетеля ФИО. ДД. ММ. ГГГГ заместитель генерального директора РЭУ № выдал мне электронный ключ от входной двери в здание по адресу <адрес>, а также выдал ключ от помещения, в котором находится рабочее место инженера по охране труда, и ключ от антресоли с имуществом ГО и ЧС. Данные обстоятельства могут быть подтверждены моими объяснениями, а также показаниями свидетеля ФИО. С ДД. ММ. ГГГГ по ДД. ММ. ГГГГ я принимал документацию РЭУ № по охране труда, пожарной безопасности, гражданской обороне, а также имущество ГО и ЧС (аварийно-спасательный комплект УПТ-Самоспас и т. п.), что подтверждается составленным мною проектом Акта приема-передачи документации (Прил. 1). ДД. ММ. ГГГГ, в 16 часов, начальник отдела кадров вернул мне трудовую книжку без внесения сведений о работе, копия последней записи прилагается (Прил. 2) и изъял у меня выданные ключи, что подтверждается моими объяснениями. Нарушение моих прав заключается в том, что со мною не оформлен трудовой договор и не внесены сведения в трудовую книжку о работе в РЭУ №. Трудовой договор, не оформленный в письменной форме, считается заключенным, если работник приступил к работе с ведома или по поручению работодателя или его уполномоченного на это

представителя. При фактическом допущении работника к работе работодатель обязан оформить с ним трудовой договор в письменной форме не позднее трех рабочих дней со дня фактического допущения работника к работе (ч. 2 ст. 67 ТК РФ).

ХОДАТАЙСТВУЮ:

а) о вызове свидетеля — ФИО <адрес> для подтверждения допуска к работе Ольшевского В. А.

б) о вызове свидетеля — ФИО <адрес> для подтверждения факта выдачи ключей от рабочего места Ольшевскому В. А.

ПРОШУ: Обязать РЭУ №оформить с Ольшевским В. А. трудовой договор по должности «инженер по охране труда» с ДД. ММ. ГГГГ.

Приложение:

1. Ксерокопия проекта Акта приема-передачи документации, на 2 л., в 2 экз.

2. Ксерокопия 6–7 страницы вкладыша трудовой книжки Ольшевского В. А., на 1 л., в 2 экз.

3. Ксерокопия искового заявления, на 1 л., в 1 экз.

ДД. ММ. ГГГГ

В. А. Ольшевский

Литература:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации. — Москва: Проспект, КноРус, 2014. — 240 с.
2. Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации от 14.11.2002 № 138-ФЗ» — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
3. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 17.03.2004 N 2 (ред. от 28.09.2010) «О применении судами Российской Федерации Трудового кодекса Российской Федерации» — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
4. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 19 декабря 2003 г. № 23 «О судебном решении» — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
5. Положение об организации эксплуатации Государственной автоматизированной системы Российской Федерации «Правосудие» (утв. Приказом Судебного департамента при Верховном Суде Российской Федерации от 17 марта 2014 г. N 52) — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
6. Решение Измайловского районного суда города Москвы от 22 октября 2014 года по делу № 2–4349/14 — Режим доступа: <http://izmailovsky.msk.sudrf.ru>, свободный.
7. Апелляционное Определение Московского городского суда от 6 марта 2015 года по делу № 33–7253/2015 — Режим доступа: <http://www.mos-gorsud.ru>, свободный.
8. Ольшевский, В. А. Примерный перечень локальных нормативных актов по охране труда для предприятий и организаций [Текст]/В. А. Ольшевский // Молодой ученый. — 2015. — № 4. — с. 230–232.

## Теоретические основы выбора аппретирующего материала для блокировки поверхности активного наполнителя

Полубарова Юлия Владимировна, магистр;

Шитова Инна Юрьевна, кандидат технических наук, доцент;

Самошина Екатерина Николаевна, кандидат технических наук, доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*В статье научно обоснован выбор аппретирующего материала для блокировки поверхности активного наполнителя при изготовлении серных композитов. Выбор аппрета проведён по его способности образовывать гомогенные термодинамически устойчивые смеси в керосине, оцениваемой величиной энергии Гиббса.*

**Ключевые слова:** сера, серный композит, аппрет, синтетический каучук, энергия Гиббса.

Как известно, сера является активным веществом, способным вступать в химические взаимодействия со многими наполнителями с образованием растворимых соединений [3...5, 7]. Так, для серных композитов на фторидах магния и кальция установлено образование на границе раздела фаз «сера — наполнитель» водорастворимых суль-

фидов кальция и магния CaS и MgS, а на молотом кварцевом наполнителе — водорастворимых сульфидов кремния SiS и SiS<sub>2</sub> [6]. В процессе эксплуатации сульфиды разлагаются водой, что существенно ухудшает физико-механические и эксплуатационные свойства материала.

Перспективным направлением, получившим широкую апробацию при изготовлении полимерных композитов, является аппретирование поверхности наполнителя, которое позволяет предотвратить образование водорастворимых сульфидов. В качестве аппретов в работе предлагается использовать жидкие каучуки, основные свойства которых приведены в табл. 1. Каучуки в расплаве серы (при изготовлении материала) вулканизируются с образованием непроницаемой для серы оболочки вулканизата, которая предотвращает её химическое взаимодействие с дисперсной фазой.

Для равномерного распределения аппрета на поверхности частиц наполнителя предварительно следует приготовить его растворы в каком-либо органическом растворителе. В работе предлагается использовать керосин.

Таблица 1. Основные свойства каучуков, применяемых в качестве аппретирующего материала

Марка каучука	Молярная масса, г/моль	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Вязкость, Па·с (T=25 °C)	Содержание звеньев в полибутадиеновой цепи, %		
				цис — 1,4	транс — 1,4	-1,2
Стереорегулярный полибутадиен (СКДН-Н)	1500–3000	890	1,5	75,5	15	9,5
Полибутадиен смешанной микроструктуры (ПБН)	700–4500	945	1,5	25–30	35–40	28–35
Polyoil 110	1800	871	0,9	75	24	1

Для оценки возможности растворения предлагаемых в качестве аппретов каучуков в керосине был использован расчётный метод, предложенный в работах [1, 8]. Обязательным условием образования однородной (однофазной) термодинамически устойчивой смеси является уменьшение свободной энергии системы  $\Delta G$  при совмещении компонентов:

$$\Delta G = \Delta H_m - T \Delta S_m < 0, \quad (1)$$

где  $\Delta H_m$  – теплота смешения компонентов;  $\Delta S_m$  – энтропия смешения компонентов;  $T$  – абсолютная температура.

Особенностью систем, содержащих органические соединения, является большое влияние энтропийного фактора. В соответствии с теорией Флори – Хаггинса изменение энтропии при смешении компонентов определяется по уравнению:

$$\Delta S_m = -R(n_1 \ln \Phi_1 + n_2 \ln \Phi_2), \quad (2)$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $\Phi_i, n_i$  – соответственно, объёмная доля и число молей  $i$ -го компонента.

Теплоту смешения  $\Delta H_m$  при условии отсутствия специфических взаимодействий между компонентами смеси (сольватации, комплексообразования и др.), согласно Дж. Гилдебрандту [8], можно определить по уравнению:

$$\Delta H_m = V_m (\delta_1 - \delta_2)^2 \Phi_1 \Phi_2, \quad (3)$$

где  $V_m$  – объём смеси;  $\delta_i$  – параметр растворимости  $i$ -го компонента.

Из уравнений (1) и (2) следует, что растворение каучука в керосине возможно при равенстве параметров растворимости аппрета  $\delta_a$  и керосина  $\delta_k$ .

Анализ научно-технической литературы показывает, что существует несколько расчётных и экспериментальных методов для определения параметра растворимости. Однако в вопросе определения значений  $\delta_i$  у исследователей нет единого мнения.

В данной работе для расчёта параметра растворимости жидких каучуков использовали метод Смолы, основанный на предположении об аддитивности действия сил сцепления отдельных атомных групп и радикалов, входящих в состав молекулы. Если известна структурная формула вещества, применение метода не вызывает затруднений. Значения параметра растворимости рассчитывают по формуле:

$$\delta_i = \rho \cdot M^{-1} \sum_i^n G_i, \tag{4}$$

где  $\rho$  – плотность вещества;  $M$  – молекулярная масса вещества (элементарного звена полимера);  $\sum_i^n G_i$  – сумма констант притяжения отдельных атомных групп вещества (например, элементарного звена полимера).  
Для расчёта параметра растворимости керосина применяли формулу:

$$\delta_m = \sqrt{\frac{E_m \rho_m}{M_m}}, \tag{5}$$

где  $E_m$ ,  $\rho_m$ ,  $M_m$  – соответственно, энергия испарения, плотность и молекулярная масса керосина.

Для энергии испарения органических веществ применимо уравнение Трoutона:

$$E = kT_k, \tag{6}$$

где  $k$  – константа, равная 89,12 Дж/(моль·К);  $T_k$  – температура кипения.

В табл. 2 представлены значения параметра растворимости серы, керосина и каучуков.

Таблица 2. Результаты расчёта параметра растворимости

Вещество	Параметр растворимости (Дж/см <sup>3</sup> ) <sup>0,5</sup>
Сера	10,16*
СКДН-Н	14,60
ПБН	16,03
Polyoil 110	15,11
Керосин	14,19

Примечание. \* — параметр растворимости серы рассчитан по формуле  $\delta_i = \sqrt{\frac{E_i}{V_m}}$ , где  $E_i$  — энергия когезии.

На рис. 1 представлена диаграмма растворимости указанных аппретов в керосине в широком диапазоне изменения концентраций.

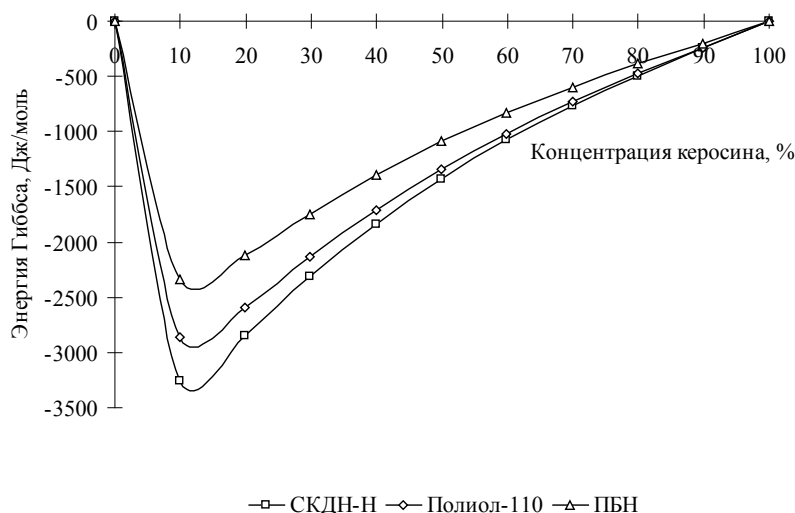


Рис. 1. Зависимость энергии Гиббса (процесса растворения) от вида и концентрации каучука (при температуре растворения T=20°C)

Анализ данных, представленных на рис. 1, показывает, что способностью к образованию гомогенной системы обладают все предлагаемые в качестве аппретов каучуки, но наилучшей растворимостью в керосине обладает каучук марки СКДН-Н.

При введении наполнителя, обработанного аппретом, в расплав серы возможно растворение каучука в сере.

При расчёте теплоты смешения в многокомпонентных системах возникает проблема, заключающаяся в ограниченности применения уравнения Гилдебранда, которое применимо только для бинарных систем. Решить задачу по вычислению теплоты смешения в многокомпонентных смесях (рассчитать изменение свободной энергии системы (энергии Гиббса) при совмещении нескольких веществ) авторы работы [2] предлагают составлением матрицы теплот смешения компонентов, рассчитанных по уравнению (2):

$$\begin{bmatrix} \Delta H_{11} & \Delta H_{12} & \Delta H_{1j} & \Delta H_{1(j+1)} & \Delta H_{1m} \\ \Delta H_{21} & \Delta H_{22} & \Delta H_{2j} & \Delta H_{2(j+1)} & \Delta H_{2m} \\ \Delta H_{i1} & \Delta H_{i2} & \Delta H_{ij} & \Delta H_{i(j+1)} & \dots \Delta H_{im} \\ \Delta H_{n1} & \Delta H_{n2} & \Delta H_{nj} & \Delta H_{(i+1)(j+1)} & \Delta H_{nm} \end{bmatrix} ..$$

Теплоту смешения системы, содержащей  $N$  элементов, предлагается определять по формуле:

$$\Delta H_m = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta H_{ij}}{N(N-1)} \tag{7}$$

После вычисления  $\Delta H_m$  и  $\Delta S_m$  определяют изменение энергии Гиббса при совмещении компонентов.

Результаты расчётов представлены на рис. 2...4.

Анализ рис. 2...4 показывает, что для обеспечения сохранности слоя аппрета на поверхности наполнителя, необходимо применять высококонцентрированные растворы каучуков в керосине.

Таким образом, проведённые расчёты показали, что каучуки целесообразно использовать для повышения качества серных композиционных материалов, в том числе специального назначения.

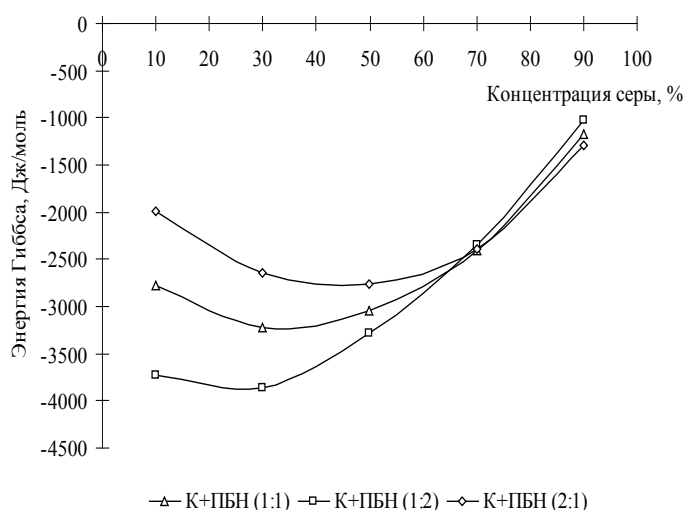


Рис. 2. Зависимость энергии Гиббса трёхкомпонентной системы «ПБН — керосин — сера» от концентрации компонентов

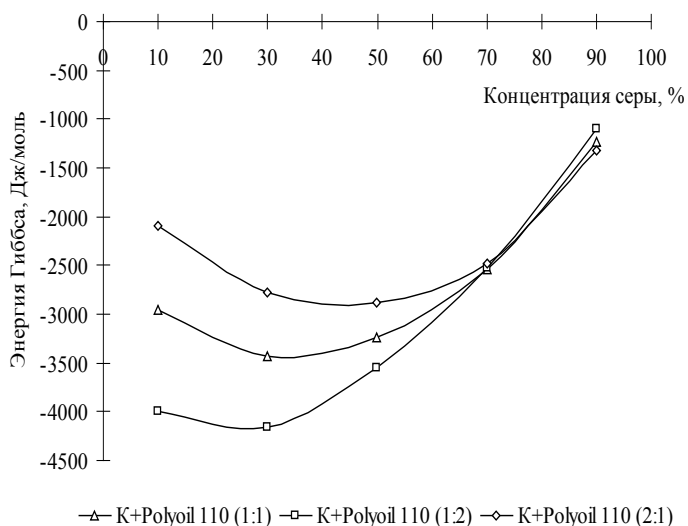


Рис. 3. Зависимость энергии Гиббса трёхкомпонентной системы «Polyoil 110 — керосин — сера» от концентрации компонентов

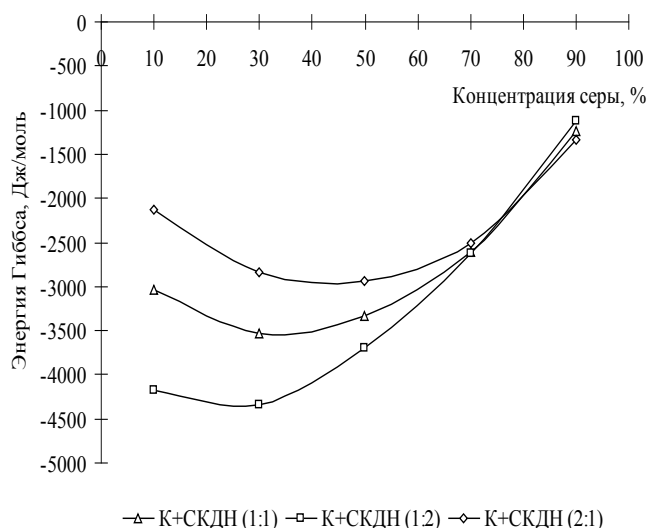


Рис. 4. Зависимость энергии Гиббса трёхкомпонентной системы «СКДН-Н — керосин — сера» от концентрации компонентов

Литература:

1. Евстратова, К.И. Физическая и коллоидная химия [Текст]/К.И. Евстратова, Н.А. Купина, Е.Е. Малахова — М.: «Высшая школа», 1990. — 486 с.
2. Королев, Е.В. Радиационно-защитные и коррозионно-стойкие серные строительные материалы [Текст]/А.П. Прошин, Ю.М. Баженов, Ю.А. Соколова. — М.: Палеотип, 2006. — 272 с.
3. Королев, Е.В. Строительные материалы на основе серы [Текст]/Е.В. Королев, А.П. Прошин, В.Т. Ерофеев, В.М. Хрулев, В.В. Горетый — Пенза-Саранск: МГУ, 2003. — 372 с.
4. Королев, Е.В. Радиационно-защитные и коррозионно-стойкие серные строительные материалы [Текст]/Е.В. Королев, А.П. Прошин, Ю.М. Баженов, Ю.А. Соколова — М.: Палеотип, 2004. — 464 с.
5. Королев, Е.В. Серные композиционные материалы для защиты от радиации [Текст]/Е.В. Королев, А.П. Прошин, В.И. Соломатов — Пенза: ПГУАС, 2001. — 210 с.

6. Шитова, И.Ю. Структурообразование в наномодифицированных серных композиционных материалах [Текст]/О.П. Зангиева // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — №1; URL: <http://www.science-education.ru/121-17709>.
7. Яушева, Л.С. Серобетоны каркасной структуры [Текст]/Л.С. Яушева — Дис... канд. техн. наук. — Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева, 1998. — 170 с.
8. Энциклопедия полимеров [Текст] — М.: Советская энциклопедия, 1972. — Т. 1. — 1224 с.

## Строительстве автомобильных дорог в пензенской области с применением отходов металлургического производства

Романенко Игорь Иванович, кандидат технических наук, доцент;  
Романенко Мария Игоревна, аспирант;  
Петровнина Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Исследованиями выявлено, что применение слабых карбонатных пород, пылеватых песков, в строительстве оснований дорог значительно снижает межремонтные сроки службы дорожной одежды. Оптимальным способом укрепления дорожного основания является применение шлакощелочного вяжущего. Оптимальное содержание шлака в композициях варьируется от 12 до 30%.*

**Ключевые слова:** шлакощелочное вяжущее, заполнитель, суглинки, пески, уплотнение, основание, дороги, отказ, долговечность.

На сегодняшний день высокоразвитая дорожная сеть является предпосылкой развития инфраструктуры общества с высоким уровнем жизни, способствует экономическому росту промышленности регионов.

Пензенская область находится в центральной части России. Её удачное географическое расположение позволяет связать запад и восток единой дорожной артерией. Начиная с 1991 года, произошло деление дорог на собственность федерального уровня и на собственность субъектов Федерации. Перечень федеральных дорог открывает шоссе «Москва-Самара» направление «Урал». Протяженность по пензенской области составляет 370,8 км. Протяженность шоссе «Тамбов-Пенза» — 154 км. «Саратов — Пенза» — 139,6 км. Подъезд к городу Саранск от дороги М5 составляет — 86 км. Общая протяженность дорог федерального подчинения — 750,4 км. Такая развитая дорожная сеть подразумевает использование новых материалов и технологий для ведения ремонтных операций и строительства новых участков.

Развитие сети автомобильных дорог и повышение их технико-эксплуатационных качеств вызвано бурным ростом автомобильного транспорта и количеством перевозимого груза меж регионами страны. Быстрое и безопасное движение транспорта во многом зависит от качества дорожного полотна и, прежде всего от деформативности основания линейного сооружения.

Одним из перспективных направлений является укрепление дорожного полотна минеральными вяжущими на основе молотых металлургических шлаков, а также устройства монолитных бетонных покрытий.

Для этих целей эффективно применять технологию холодного ресайклинга которая широко используется в Германии и США. С этой целью были разработаны дорожные комплексы дорожной техники которые одновременно разрушают однородность основания на глубину до 500 мм и шириной до 2400 мм с одновременным введением вяжущего и водных растворов для достижения оптимальной влажности композиционного материала. В комплекс машин входят автогрейдеры по профилированию поверхности и катки для последующего уплотнения.

В условиях строгого соблюдения всех технологических регламентов производства дорожных работ по укреплению грунтов дорожного основания вяжущими «Граунд» и «Граунд-М» [1,2] обеспечивается высокое качество строительных работ и долговечность автомобильных дорог.

Асфальтобетонные покрытия дорог федерального уровня и городских улиц являются на сегодняшний день основным типом. Эти покрытия недостаточно устойчивы и долговечны, на них появляются сдвиги, трещины, выбоины, и другие дефекты которые приводят к отказам дорожного полотна. Все это обуславливает проведение дорогостоящих ремонтных работ, особенно в зимнее — весенний и осеннее — зимние периоды.

Не случайно в последние годы дорожники обратили пристальное внимание на соответствие качества дорог качеству используемых строительных материалов. Особенно это касается тех регионов, где нет своих высокопрочных горных или обломочных пород, где нет крупных песков. Как показывает практика, применение слабых карбо-



натных пород, пылеватых песков, значительно снижает межремонтные сроки службы таких покрытий.

Для полного удовлетворения этих требований целесообразно использовать наряду с кондиционными материалами и современными технологиями ведения работ побочные продукты металлургического и химического производства. Которые, в свою очередь, позволят расширить номенклатуру выпускаемых изделий и снижат технико-экономические показатели по устройству дорог.

Грунты, укрепленные шлакощелочным вяжущим — «Граунд», представляет собой новый строительный материал. Обеспечение необходимых структурно-механических свойств требуемой плотности и высокой прочности этого материала невозможно без максимального уплотнения системы на основе грунта, молотого гранулированного доменного шлака, воды и щелочных компонентов. Количество раствора щелочных компонентов должно иметь оптимальное значение. Это необходимо для получения максимальной плотности при уплотнении, а также для нормального протекания основных и вторичных процессов структурообразования в данной системе.

Влияние влажности на изменение объемной массы скелета, укрепленного грунта и его прочность изучали на различных грунтах: песке, супеси и суглинке. Установлено, что грунты, укрепленные шлакощелочным вяжущим, имеют максимальные значения объемной массы скелета и прочности при оптимальной влажности. Для песков оптимальная влажность равна 10%–12%, для суглинка 16–18%.

На величину оптимальной влажности влияет также и количество шлака. С увеличением количества вводимого молотого шлака оптимальная влажность увеличивается, пропорционально содержанию его в смеси.

Изменение удельной поверхности шлака с 3200 до 4000 см<sup>2</sup>/г, т.е. в интервале, которую можно получить в производственных условиях, не сказывается на величине оптимальной влажности. При дозировках шлака более 24% величина оптимальной влажности не меняется, но увеличивается прочность укрепленных грунтов.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. В грунтах, укрепленных шлакощелочными вяжущими, имеет место оптимальная влажность, т.е. та влажность, при которой обеспечивается максимальная плотность и прочность.

2. Величина оптимальной влажности для разного вида грунтов увеличивается с увеличением дозировок молотого шлака.

3. При строительстве оснований дорожных одежд из грунтов, укрепленных шлакощелочным вяжущим необходим тщательный контроль за влажностью смеси. Отклонения от оптимальной влажности в сторону увеличения или уменьшения ее, вызывает уменьшение плотности, что заметно понижает прочность укрепленного грунта.

4. Величина оптимальной влажности для данного соотношения грунта и молотого шлака позволяет определить требуемое количество щелочных компонентов (щелочного плава или смеси едких щелочей) в зависимости от их плотности, используя данные по содержанию воды в щелочных растворах заданной плотности.

5. Увеличение удельной поверхности шлака с 3000 до 4000 см<sup>2</sup>/г не оказывает влияния на величину оптимальной влажности, но ведет к увеличению прочности укрепленных грунтов.

Установлено, что на свойства предлагаемых композитов оказывает влияние не только влажность смеси, но и плотность щелочного активатора твердения. Изучение влияния плотности щелочных растворов производилась на разных типах грунтов при дозировке молотого шлака с удельной поверхностью 3200 см<sup>2</sup>/г в количестве 24%. При укреплении песков, увеличение плотности растворов щелочных компонентов до 1,20 г/см<sup>3</sup> приводит к увеличению прочности до 120–130 кгс/см<sup>2</sup>, дальнейшее увеличение плотности растворов щелочных компонентов до 1,22 г/см<sup>3</sup> приводит к падению прочности на 5–7%. Это связано с реакционной способностью, пылеватой составляющей песков.

При укреплении супеси и суглинка, для которых содержание глинистых частиц значительно больше, увеличение плотности щелочных растворов в интервале от 1,2 до 1,22 г/см<sup>3</sup> ведет к увеличению прочности укрепленных грунтов, причем характер зависимости прочности укрепленных грунтов от плотности раствора близок к прямолинейному. Так, увеличение плотности супесчаных грунтов с 1,14 г/см<sup>3</sup> до 1,22 г/см<sup>3</sup> приводит к увеличению прочности с 39 кгс/см<sup>2</sup> до 84 кгс/см<sup>2</sup>, т.е. в два раза.

Нами было установлено, что оптимальное содержание шлака в композициях варьируется от 12 до 30% и это зависит от укрепляемого грунта

#### Литература:

1. Пат. 2370465РФ, МКП СО4В 7/153 №200812027521.05.08. Шлакощелочное вяжущее «Граунд-М» и способ его получения. Романенко И.И., Калашников В.И., Шаронов Г.И.
2. Пат. 2370466 С1РФ, МКП СО4В 7/153 №2008120276/0321.05.2008. Шлак щелочное вяжущее «Граунд» и способ его получения. Романенко И.И., Калашников В.И., Ибрагимов Р.А., Шаронов Г.И.

## Новые материалы в дорожном строительстве

Романенко Игорь Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Романенко Мария Игоревна, аспирант;

Петровнина Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Активизация шлака путем более тонкого измельчения до удельной поверхности 2000–3000 м<sup>2</sup>/кг позволяет использовать его для дорожного строительства. Полученные шлакогрунтовые композиции характеризуются высокими эксплуатационными, экологическими и экономическими свойствами.*

**Ключевые слова:** металлургический шлак, шлакоминеральная смесь, удельная поверхность, активизатор, грунт, прочность, структурообразование, водостойкость, виброуплотнение.

Значение автомобильных дорог трудно переоценить, они являются главной транспортной артерией, обеспечивающей сообщение меж регионами страны. Развитие сети автомобильных дорог и повышение их технико-эксплуатационных качеств вызвано бурным ростом автомобильного транспорта, количеством перевозимого груза и экономическим подъемом. Быстрое и безопасное движение транспорта во многом зависит от качества дорожного полотна и, прежде всего от деформативности основания линейного сооружения.

Асфальтобетонные покрытия дорог федерального уровня и городских улиц являются на сегодняшний день основным типом. Эти покрытия недостаточно устойчивы и долговечны, на них появляются сдвиги, трещины, выбоины, и другие дефекты которые приводят к отказам дорожного полотна. Все это обуславливает проведение дорогостоящих ремонтных работ, особенно в зимнее — весенний и осеннее — зимние периоды.

Не случайно в последние годы дорожники обратили пристальное внимание на соответствие качества дорог качеству используемых строительных материалов. Особенно это касается тех регионов, где нет своих высокопрочных горных или обломочных пород, где нет крупных песков. Такова и Пензенская область. В Пензенской области проходит автодорога федерального значения Москва-Челябинск. Для ее ремонта и реконструкции используется привозной гранитный щебень Уральского региона. В Пензенской области лишь в Иссинском районе добывают известковый щебень, который идет на строительство местных дорог. Его заявленная марка колеблется 600–400, хотя по нормам  $\text{mip}$  необходимая 800. Поэтому дороги построенные на таком щебне не удовлетворяют технико-эксплуатационным параметрам.

В связи с этим остро встал вопрос, как повысить качество дорожного основания и не в ущерб экологии заменить дорогостоящие материалы (привозной гранитный щебень), необходимые для строительства автодороги более дешевыми.

Целью нашего исследования была разработка новых материалов для использования в дорожном строительстве, при этом решая такие проблемы как снижение технико-э-

кономических показателей по устройству дорог, решение экологической проблемы, утилизация отходов химической и металлургической промышленности.

Для полного удовлетворения этих требований целесообразно использовать наряду с кондиционными материалами и современными технологиями ведения работ побочные продукты металлургического и химического производства. Которые, в свою очередь, позволят расширить номенклатуру выпускаемых изделий, снижат технико-экономические показатели по устройству дорог в два раза и решат экологические проблемы регионов.

Одним из перспективных направлений является укрепление дорожного полотна минеральными вяжущими на основе молотых металлургических шлаков, а также устройства монолитных бетонных покрытий.

Что такое шлак [1,2] — это отходы металлургического производства, которых в процессе переработки железной руды образуется огромное количество, возникают проблемы его утилизации, хранения. Шлак занимает огромные площади, которые могли бы использоваться в с/х целях, под какие-либо сооружения. Кроме того, существует чисто психологическая проблема: жить и работать в регионе, который является свалкой отходов металлургической промышленности. Такое соседство не доставляет удовольствия никому.

Мы же предлагаем простой дешевый и безопасный способ утилизации шлаковых отходов. На основании ранее проведенных исследований, был сделан вывод, что в качестве вяжущего выступает тонкоизмельченная фракция гранулированного шлака, удельная поверхность которого должна быть не менее 280 м<sup>2</sup>/кг и максимально не более 500 м<sup>2</sup>/кг. Измельчение гранулированного шлака сверх 500 м<sup>2</sup>/кг экономически не выгодно.

Хотелось бы остановиться на особенностях процессов гидратации и твердения шлаковых вяжущих, т.к. все видели, что такое шлак, но в качестве вяжущего представить его поначалу сложно.

Фазовый состав шлаковых вяжущих в значительной степени отличается от клинкерных цементов. Если в состав портландцемента входят легко гидратирующиеся минералы  $\text{C}_2\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_3\text{A}$  и  $\text{C}_4\text{AF}$ , то доменные шлаки содержат стеклофазу и минералы с пониженной гидрав-

лической активностью. Способность к гидравлическому твердению у большинства шлаков находится в открытом состоянии [3]. Для ускорения процессов гидратации в твердеющих шлаках применяются такие способы:

- введение активизирующих добавок;
- более тонкий помол шлака;
- пробуждение шлаков на бегунах;
- гидротермальная обработка.

Из перечисленных способов повышения гидравлической активности шлаков приемлемы все, кроме гидротермальной обработки при использовании его в качестве вяжущего для укрепления оснований дорог.

Активизирующие добавки представляют в различных соотношениях цемент, известь, гипс. Отдельно использование этих вяжущих экономически невыгодно.

Активизация шлака путем более тонкого измельчения до удельной поверхности  $2000\text{--}3000\text{ м}^2/\text{кг}$  еще изучается и в настоящее время имеются только лабораторные данные по изучению свойств таких вяжущих и привязки к местным условиям. В процессе измельчения твердых тел происходит деформация кристаллической решетки и разрыв ее ионных и ковалентных связей. Возникающая в момент разрыва связей новая поверхность энергетически не насыщена и покрыта электрическими зарядами с большой поверхностной плотностью. Насыщенные валентные связи поверхностей способны насыщаться, вследствие чего вновь образованные поверхности чрезвычайно химически активны

За рубежом шлаки [2,4] (немолотые) используются как заменитель щебня. За последние пять-шесть лет во Франции нашли широкое производственное применение немолотые доменные гранулированные шлаки в качестве материала для укрепления песка, щебня и гравийно-песчаной смесей. Такие смеси, как правило, готовятся в стационарных смесительных установках. В частности, на реконструкции магистральной дороги Нанси-Страсбург (1969 г.) в гравелистом карьере была смонтирована смесительная установка производительностью 350 т/ч, которая готовила смесь, состоящую из щебня (гравия) — 50%, песка-30%, гранулированного шлака-20%, извести-2%, воды — 8%. Приготовленную смесь транспортировали к месту укладки, выставляли на одной стороне уширяемой дороги и разравнивали автогрейдером на ширину 3,5 м, по длине захватки около 250–300 м. Смесь уплотняли одним виброткатком и одним тридцатитонным пневмокотком. После пяти проходов по одному месту первого катка и 15 проходов второго была достигнута такая же плотность, что и у лабораторных образцов. При этом толщина слоя из шлакоминеральной смеси равнялась 25 см в уплотненном состоянии. Сразу после укатки по уложенной полосе дороги открывалось движение. Такая смесь обладает замедленными сроками твердения. Это связано с процессами гидратации доменного шлака, причем шлак стано-

вится активным только в мелкодисперсном состоянии. Набор прочности начинается в этих смесях через 5–8 суток после приготовления и уплотнения такой смеси. Прочность основания по данной технологии через 90 суток составляет 5,0–8,0 МПа. Такие смеси обладают хорошей устойчивостью, имеют высокую несущую способность и низкую деформативность. Стоимость шлакоминеральных смесей в два раза ниже, нежели равнопрочных им битумоминеральных.

На основании литературного обзора можно сказать, что вопрос использования для укрепления грунтов гранулированного шлака в виде известково-шлакового вяжущего изучены достаточно полно как в лабораторных, так и в производственных условиях, а использование для укрепления грунтов, молотых гранулированных доменных шлаков без добавок, по имеющимся данным, изучено не в полной мере.

Нами было установлено, что глинистые грунты, укрепленные шлакощелочным вяжущим (ШЩВ), представляют собой композиционные материалы, в которых грунт является активной составляющей, оказывающей положительное или отрицательное (тормозящее) действие на процессы кристаллизационного структурообразования в шлакогрунте.

Оптимальные условия твердения шлакового вяжущего и формирования процессов структурообразования в шлакогрунте создаются при избытке ионов в смеси, наличии гидрата окиси кальция, а, следовательно, и щелочной среды.

Выявлено, что использование комплексного активизатора — силиката натрия и щелочи в соотношении 1:1, играет положительную роль, которая проявляется в снижении сроков схватывания и водопотребности смеси. В целом ряде случаев необходимо иметь универсальный активизатор твердения. Опытным путем мы получили, что оптимальное соотношение компонентов в активизаторе составляет 50% NaOH+50% Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (1:1).

При дозировке 30% молотого Новолипецкого шлака в 28 суточном возрасте на супесях прочность образцов составляет 48,0 МПа на комплексном активизаторе, а на NaOH-45,0 МПа.

При тех же дозировках, но на электротермофосфорном шлаке (ЭТФ), прочность на комплексном активизаторе составляет 40,0 МПа, а на NaOH-34,0 МПа.

Сопоставление полученных данных свидетельствует, что при введении комплекса NaOH+Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> в соотношении 1:1 эффективность использования вяжущего состава заметно улучшается.

При укреплении грунтов ШЩВ происходит взаимодействие между грунтами, вяжущим и щелочью, входящей в состав вяжущего, в результате чего образуются химические соединения с высокой прочностью и малой растворимостью в воде.

Литература:

1. Васильев, А. П., Яковлев Ю. М., Коганзон М. С., и др. Реконструкция автомобильных дорог. Технология и организация работ: Учебное пособие/МАДИ (ТУ). — М.; 1998.
2. Mouratidis, A., Tsohos G, Investigation of red mud properties for use in road construction, 4th International Congress on Environmental Geotechnics, Rio de Janeiro, 2002, pp. 493—496.
3. Романенко, И. И. Процессы структурообразования шлакощелочных бетонов. Материалы «Строй-инфо» вып. №27, Самара, 2003
4. Svirenko, L. P, Vergeles Ju. I. & Spirin O. Il. (2002) Environmental Effects of Ferrous Slags — Comparative Analyses and a Systems Approach in Slag Impact Assessment for Terrestrial and Aquatic Ecosystems. In: Approaches to Handling Environmental Problems in the Mining and Metallurgical Regions/Eds. W. L. Filho and I. Butorina. — Dordrecht, Kluwer Acad. Publ., 2003, pp. 211—229. (NATO Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences. — Vol. 20.

## Роль крупного заполнителя на формирование цементного камня на основе шлакощелочного вяжущего

Романенко Игорь Иванович, кандидат технических наук, доцент;

Романенко Мария Игоревна, аспирант

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Авторами произведены исследования свойств шлакощелочных бетонов на основе крупных заполнителей разных пород. Установлено, что доломитовые породы способствуют саморазрушению бетонов с течением времени за счет образования внутренних напряжений. Бетоны, полученные на основе гранитных пород в меньшей мере подвержены процессам саморазрушения.*

**Ключевые слова:** шлакощелочное вяжущее, крупный заполнитель, гранит, доломит, наполнитель, саморазрушение, трещины.

Шлакощелочные и шлакоминеральные вяжущие и бетоны на их основе все более привлекают к себе внимание исследователей. Дело в том, что эти вяжущие позволяют получать бетоны с заданными свойствами как эксплуатационными, экологическими так и экономическими. В условиях неукоснительного роста стоимости  $1\text{ м}^2$  жилья и  $1\text{ м}^2$  автомобильных дорог шлакощелочные и шлакоминеральные вяжущие позволяют для различных регионов решить проблемы по существенному снижению себестоимости строительства. Относительно новые материалы не существенно изменяют общепринятую технологию производства бетонов. И это еще один плюс в пользу предлагаемых вяжущих.

Но на сегодняшний день практически нет результатов или их очень мало освещено в научной литературе о влиянии природы и химического состава крупного заполнителя на свойства бетонов на основе шлакощелочных и шлакоминеральных вяжущих.

Исходными материалами для производства тяжелых бетонов приняты: молотый граншлак новопопелечского металлургического комбината с удельной поверхностью  $3250\text{ см}^2/\text{г}$ ; песок Сурский с модулем крупности  $M_{кр} = 1,5$ ; щебень доломитовый ивантеевского карьера фракции 5–20 мм. и щебень гранитный Павловского карьера

фракции 5–20 мм; активатор твердения — кальцинированная сода и жидкое стекло (Ж. С); вода затворения — водопроводная, питьевая.

Образцы изготавливались в виде кубиков размерами  $100 \times 100 \times 100\text{ мм}$  в тройчатках. Бетонная смесь приготавливали как в смесителе принудительного перемешивания объемом 20 л, так и в ручную, с осадкой конуса 6–9 см. (П-2). После укладки бетонной смеси в формы она уплотнялась на лабораторной виброплощадке. Время уплотнения 10 с. Часть образцов после выдержки 2 часа на воздухе при температуре  $20^\circ\text{C}$  и влажности воздуха 90% подвергалась пропариванию в лабораторной автоматической камере по режиму 2+6+3 и температуре изотермической выдержки  $85^\circ\text{C}$ . Остальная часть образцов твердела на воздухе в течение 7 суток и затем была погружена в воду. Составы предлагаемых бетонов для испытаний представлены в таблице.

Из результатов, представленных в таблице видно, что бетоны, изготовленные на доломитовом щебне после твердения в воде саморазрушились (рис 1). Их покрывала сплошная сеть трещин, в виде паутинок разделяющая каждую частицу крупного заполнителя от основного массива бетона. Когда образец пытались вынуть из воды, то легко отделялся щебень, а образец рассыпался, хотя до погру-



Рис. 1. Шлакощелочной бетон на доломитовом щебне

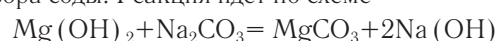
жения в воду образец обладал прочностью 12,5 МПа. Со всем другая картина наблюдается при изготовлении бетонов на гранитном щебне.

Трещинообразование в бетоне образуются из-за усадочных деформаций. Оно может быть вызвано по [1] следующими механизмам усадки цементного теста: первичной, вторичной и длительной усадкой. Первичная усадка зависит от продолжительности схватывания, интенсивности испарения влаги, интенсивности снижения влажности в результате гидратации. Вторичная усадка определяется содержанием в бетоне щелочей, тонкости помола вяжущего. Длительная усадка происходит тем интенсивнее, чем быстрее происходит испарение влаги из бетона.

Образование кластерных структур на начальных этапах структурообразования высококонцентрированных дисперсных систем приводит к анизотропии начальных усадочных деформаций. Появление трещин полностью изменяет распределение усадочных деформаций в бетоне по объему [2].

Условия твердения шлакощелочного бетона на основе гранитного щебня идентичны условиям твердения бетона на доломитовом щебне. Бетон не разрушился при твердении в воде. Прочность образцов бетона в возрасте 28 суток составляла 23,9 МПа, что на 12,55% меньше прочности бетона, прошедшего ТВО.

Такое поведение бетона с доломитовым заполнителем объясняется образованием  $MgCO_3$  на поверхности заполнителя в результате взаимодействия окиси магния и раствора соды. Реакция идет по схеме



Внутреннее напряжение разрывает сплошность среды, что и приводит к саморазрушению образца, хранившегося в воде за счет увеличения объема образовавшихся продуктов. Таким образом, применение доломитового заполнителя не всегда приемлемо при приготовлении бетонов на шлакощелочных и шлакоминеральных вяжущих, а также и на портландцементе.

В результате действия возникающих растягивающих напряжений в микроструктуре цементного камня привело к образованию микротрещин в матрице структуре бетона. Высокая водо связывающая способность щелочного компонента, обуславливает неравномерное распределение влажности по объему образца, что особенно влияет на образование трещин скорость испарения влаги.

Все бетоны обладают высокими показателями рН среды. Рекомендуем разработать ГОСТ на возможность применения доломитовых заполнителей для бетонов на основе шлакощелочных и шлакоминеральных вяжущих.

Проведенные нами эксперименты показали, что возможно устранить причины реакционного характера вза-

Таблица 1

№ п. п.	Природа крупного заполнителя	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> , кг					Р/Ш	Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа в возрасте, сут.				
		шлак	щебень	песок	Сода+ Ж. С	вода			ТВО		норм. твердение		
									1	28	7	Водное твердение 3 суток после твердения в норм условиях 7 суток	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	доломитовый	377	1032	716	37,7	132	0,35	2310	17,2	21,4	12,5	разрушились	
2	гранитный	388	1182	738	38,8	136	0,35	2350	19,6	23,9	10,3	20,9	

имодействия высокощелочного цементного камня с заполнителем за счет введения в состав вяжущего модификаторов структуры.

В качестве модификатора структуры шлакоминеральных и шлакощелочных бетонов рекомендуется применять тонкомолотые добавки-наполнители. Однако встает вопрос о величине оптимальной удельной поверхности этого наполнителя. Наполнитель способствует процессу формирования новообразований и в тоже время является демпфером внутренних напряжений.

При оптимальной концентрации и дисперсности наполнителя образуется мелкозернистая структура вяжущего, так как наполнитель логически можно отнести к основному вяжущему. Такой комплекс благоприятно отражается на технических свойствах растворной части бетона и, в конечном счете, на самом искусственном камне. При введении наполнителя в систему «вяжущее — затворитель» скорость твердения и прочность возрастают до тех пор, пока все зерна наполнителя остаются окруженными продуктами гидратации.

Роль наполнителя — обеспечение высоких реологических параметров растворной части за счет правильного подбора вида гиперпластификатора, способа его введения

в систему, соотношения между вяжущим и наполнителем. Искусственный камень бетона характеризуется максимальной адгезией между вяжущим и заполнителем, минимальной пустотностью.

В качестве наполнителей использовали микрокремнезем, молотые пески, гранитную пыль, метакатионин и каолин. Степень наполнения системы составляет 6–10% массы вяжущего, удельная поверхность 3800–15000 см<sup>2</sup>/г. При избытке наполнителя с высокой дисперсностью зерен возникают участки с большими внутренними напряжениями. По мере роста кристаллов такие зоны способствуют образованию трещин и другим нарушениям однородности микроструктуры.

Особой и «научной» задачей, стоящей перед современным материаловедением является создание бетонов с максимальным использованием техногенного, некондиционного сырья и продуктов переработки. Забота о сохранении природных ресурсов и окружающей среды, экономном использовании энергии стимулирует эту деятельность. Достоинством шлакощелочного бетона является рециркулируемость. После окончания срока его эксплуатации, он может использоваться в качестве заполнителя при изготовлении нового бетона и при строительстве дорог.

#### Литература:

1. Alon, F., Ferraris C. F., Wittmann F. H. Etude Experimentale du Retrait du Beton. Experimental studies of concrete shrinkage. //Mater. and Struct. — 1987. — № 119. — pp. 323–333
2. Выровой, В. Н. Механизм усадки твердеющих и затвердевших композиционных строительных материалов. // Технологическая механика бетона: Сб. науч. тр. — Рига: РПИ, 1985. — с. 22–27.
3. Красильников, К. Г., Никитина Л. В., Скоблинская Н. Н. Физико-химия процессов расширения цементов //Сб. тр. VI Международного конгресса по химии цемента. Т. III. — М., 1976. — с. 60–69.
4. Романенко, И. И., Романенко М. И., Пинт Э. М. Деформации цементного камня, приводящие к образованию поверхностных трещин. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова», № 4, 2012 г., г. Белгород Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова», № 4, 2012 г., г. Белгород. — с. 23–33.

## Показатели качества мясных рубленых полуфабрикатов с начинками

Рязанова Ксения Сергеевна, студент;

Елисеева Мария Владимировна, студент

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова (Челябинская область)

Гаврилова Евгения Владимировна, магистрант

Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

*В работе рассматриваются показатели качества мясных рубленых полуфабрикатов с начинками.*

**Ключевые слова:** оценка, полуфабрикат, показатель, категория.

Последние годы мясная отрасль стала одной из самых динамично развивающихся в пищевой индустрии. Столь быстрый рост отрасли привел к тому, что рынок фактически оказался затоварен. С потребительской точки зрения это очень хорошо заметно: расширился не только

ассортиментный ряд, но и выросло число производителей. Необходимо, чтобы ассортимент и состав мясопродуктов соответствовали физиологическим потребностям профессиональных и возрастных групп населения страны. Несмотря на то, что в последние годы производство мяса

в стране растет, Россия продолжает зависеть от импортных поставок, так как обеспечить себя отечественным мясом пока еще не может.

Мясные полуфабрикаты в последние годы пользуются у населения России особой популярностью, и спрос на них не перестает расти. Для предотвращения застоя и повышения интереса потребителей к данному сегменту рынка его нужно постоянно расширять и обновлять [1–4]. Но перед тем как предложить новый продукт потребителю необходимо оценить его органолептические показатели и пищевую ценность, их соответствие нормативным документам [5].

Нами были разработаны мясные рубленые полуфабрикаты с различными начинками (образец №1 — мясной рулет с грибами и луком, образец №2 — мясной рулет с картофелем, укропом и чесноком, образец №3 — мясной рулет с морковью и луком). В готовом продукте были определены следующие показатели:

- органолептические: внешний вид, вкус, вид на разрезе, запах и консистенция;
- физико-химические: массовая доля жира (ГОСТ 23042), массовая доля поваренной соли (ГОСТ 51480),

массовая доля белка (ГОСТ Р 50453) и массовая доля влаги (ГОСТ 9793) [5, 6].

Органолептические показатели определены описательным методом, полученные результаты представлены в таблице 1.

Для ориентирования в нормах показателей качества был произведен расчет массовой доли мышечной ткани в рецептуре рулета (таблица 2) для определения его категории по ГОСТ Р 52675–2006. По результатам расчета разработанный рулет относится к полуфабрикатам категории Г, массовая доля мышечной ткани для данной категории составляет от 20 до 40%.

Результаты физико-химических показателей представлены в таблице 3.

Массовая доля жира и влаги регламентируется в документе, в соответствии с которым данный полуфабрикат изготовлен.

Сравнивая полученные значения физико-химических показателей с нормируемыми для полуфабрикатов категории Г можно сделать вывод об их соответствии. Также разработанные полуфабрикаты отличаются высокими органолептическими свойствами.

Таблица 1. Органолептические показатели мясных рубленых полуфабрикатов

Наименование показателя	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Внешний вид	Сформованная масса свернутая в виде рулета, поверхность без разорванных и ломаных краев		
Консистенция	В сыром виде — вязкопластичная (для охлажденных) или твердая (для замороженных полуфабрикатов); в горячем виде — нежная, сочная		
Вид рулета на разрезе	Фарш красно-розового цвета, отчетливо видна грибная коричневая прослойка в виде спирали	Фарш красно-розового цвета, отчетливо видна светлая картофельная прослойка в виде спирали	Фарш красно-розового цвета, отчетливо видна оранжевая прослойка моркови с луком в виде спирали
Запах и вкус	В сыром виде — свойственные доброкачественному сырью; в жареном — свойственные жареному продукту, с приятным привкусом грибов	В сыром виде — свойственные доброкачественному сырью; в жареном — свойственные жареному продукту, с ярко выраженным привкусом чеснока	В сыром виде — свойственные доброкачественному сырью; в жареном — свойственные жареному продукту, присутствует еле уловимый сладковатый привкус

Таблица 2. Определение группы полуфабриката

Наименование ингредиента	Масса по рецептуре, кг на 100 кг	Содержание мышечной ткани в ингредиенте, доли	Общее содержание массовой доли мышечной ткани
Мясо котлетное говяжье	18,3	0,8	23,2
Свинина жирная	42,9	0,2	

Таблица 3. Физико-химические показатели мясных рубленых полуфабрикатов

Значение показателя	Значение показателя, %			
	По ГОСТ Р 52675–2006	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Массовая доля белка, %, не менее	7	10,0	9,4	9,6
Массовая доля жира, %, не более	-	26,6	26,4	26,8
Массовая доля хлорида натрия, %, не более	1,8	1,4	1,5	1,3
Массовая доля влаги, %, не более	-	53,1	58,1	48,9

## Литература:

1. Анохина Г. Ш. Анализ ассортимента и потребительских предпочтений мясных полуфабрикатов, реализуемых в ТС «Подсолнук»/Анохина Г. Ш., Губер Н. Б., Зинина О. В., Ступникова П. Б.// Молодой ученый. 2015. №3 (83). с. 87–90. 2. Гаязова А. О., Ребезов М. Б., Паульс Е. А., Ахмедьярова Р. А., Косолапова А. С. Перспективные направления развития производства мясных полуфабрикатов. Молодой ученый. 2014. №9 (68). с. 127–129.
2. Зинина О. В. Определение качественных показателей полуфабрикатов мясных рубленых функциональной направленности [Текст]/О. В. Зинина, Е. В. Гаврилова, К. С. Рязанова // Молодой ученый. — 2014. — №8. — с. 179–182.
3. Зинина О. В., Ребезов М. Б., Жакслыкова С. А., Солнцева А. А., Чернева А. В., Полуфабрикаты мясные рубленые с ферментированным сырьем. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. №3. с. 19–25.
4. Рязанова К. С. О качестве и безопасности полуфабрикатов мясных рубленых [Текст]/К. С. Рязанова, П. Б. Ступникова, Е. В. Гаврилова // Молодой ученый. — 2014. — №16. — с. 96–99.
5. Ребезов М. Б., Мирошникова Е. П., Богатова О. В., Максимиук Н. Н., Хайруллин М. Ф., Лукин А. А, Зинина О. В., Залилов Р. В. Технохимический контроль и управление качеством производства мяса и мясопродуктов. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. 107 с.

## Работа турбины авиационного ГТД в условиях повышенной температуры воздуха за камерой сгорания и нарушенного охлаждения рабочей лопатки

Салимова Ирина Ильинична, студент, лаборант;

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Рожков Кирилл Евгеньевич, научный сотрудник;

Белобровина Марина Викторовна, студент, лаборант

Уфимский государственный авиационный технический университет

В связи с значительной теплонпряженностью современных газотурбинных двигателей большое значение имеет эффективная работа системы охлаждения горячих элементов двигателя, особенно рабочих лопаток турбин. К сожалению, эксплуатационные факторы могут привести к полному или частичному отказу системы охлаждения. Одним из возможных вариантов отказа является заби-

вание и частичная блокировка каналов конвективно-плечного охлаждения рабочих лопаток, что связано с работой в запыленной среде и малыми размерами каналов. В связи с этим моделирования частично отказавшей системы охлаждения является актуальной задачей.

В охлаждаемых воздухом сопловых и рабочих лопатках турбин снижение их температуры относительно



температуры омывающего их газа происходит посредством либо внутреннего конвективного, конвективно-пленочного или проникающего (пористого) охлаждения.

При внутреннем конвективном охлаждении лопаток охлаждающий воздух, протекающий по специально выполненным каналам внутри лопатки, нагреваясь, отводит от нее тепло в проточную часть турбины.

При конвективно-пленочном охлаждении воздух выдувается через специально выполненные прорезы (щели) или отверстия в стенке лопатки, создавая защитный слой между газом и поверхностью лопатки. Слой охлаждающего воздуха, обтекая некоторый участок профиля лопатки, по пути размывается газом, поэтому ряды подобных прорезей или отверстий, через которые вводятся новые порции охлаждающего воздуха, располагают в тех местах профилей, где пленка еще не размыта. Очевидно, что пленочному охлаждению предшествует конвективное, ибо прежде чем попасть на поверхность лопатки, охлаждающий воздух течет по внутренним каналам, отнимая от лопатки тепло. Поэтому в таких лопатках роль конвективного охлаждения соизмерима с заградительным. Так как давление газа, обтекающего лопатки, неодинаково по обводу профиля, то для требуемого условия охлаждения распределения охлаждающего воздуха по поверхности лопатки создают отде-

ленные друг от друга полости, через которые подводят воздух к различным участкам профиля. С целью экономии расхода воздуха высокого давления на охлаждение лопаток в полость, примыкающую к выходной кромке иногда подают воздух, отбираемый из промежуточной ступени компрессора.

В рамках исследования данной задачи, выполнен тепловой расчет в программе вычислительной гидрогазодинамики, методом конечных элементов. В качестве исходных данных была взята рабочая лопатка турбины низкого давления газотурбинного авиационного двигателя и система ее охлаждения, в условиях нарушенной работы каналов охлаждения в условиях запыленности.

Для проведения расчетов были построены трехмерные модели рабочей лопатки с полностью работающими каналами и с каналами перекрытыми препятствиями. Вокруг модели лопатки были сформированы рабочие области и сгенерирована неструктурированная расчетная сетка (рис. 1). Сетка была сгущена в областях с предполагаемым высоким градиентом параметров. Вдоль стенок был сформирован пограничный слой сетки.

Настраиваем параметры сетки на поверхностях.

Задаем граничные условия (рис 2): на входе задано полное давление с учетом эпюры радиальной неравномерности, угол потока на входе в рабочую лопатку, статическая температура с учетом радиальной неравномер-

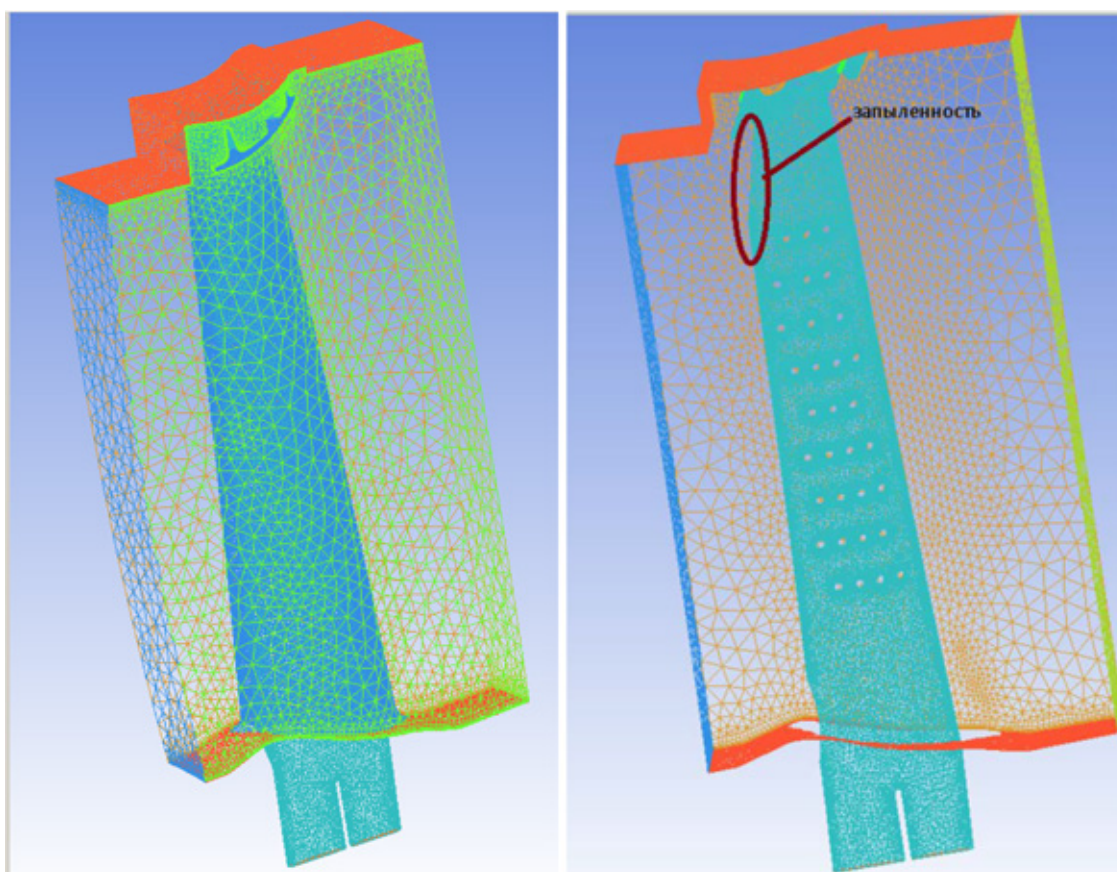


Рис. 1. Сетка газовой области и рабочей лопатки

ности. На выходе задано статическое давление. Так же были заданы частота вращения ротора, расход и температура охлаждающего воздуха, теплофизические свойства материала. Для варианта с нарушенным охлаждением

был задан расход охлаждающего воздуха уменьшенный на 40%.

Проводим расчет и контролируем сохранение расхода воздуха и газа.

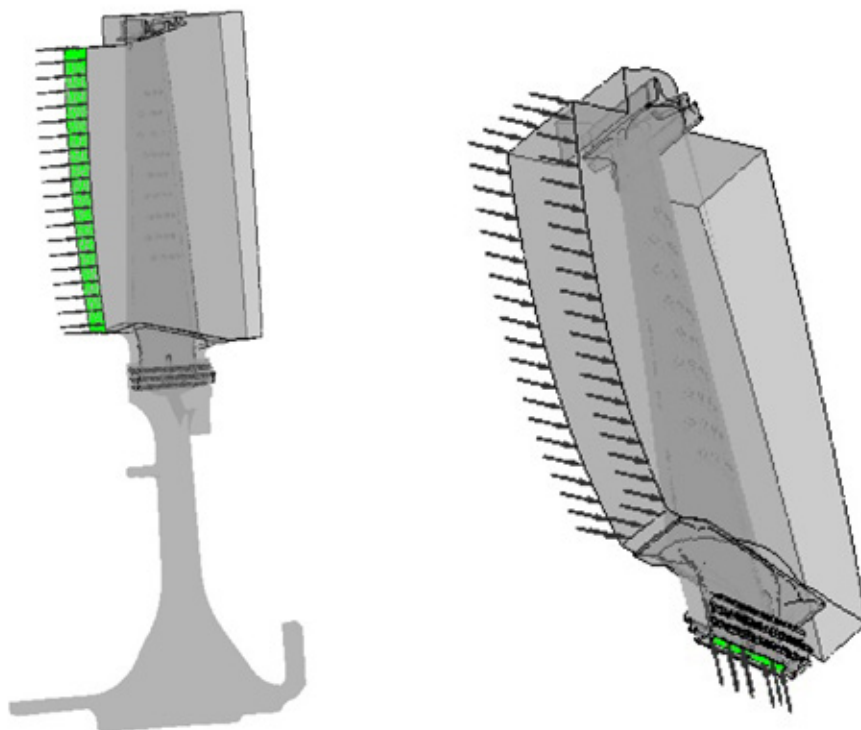


Рис. 2. Граничные условия

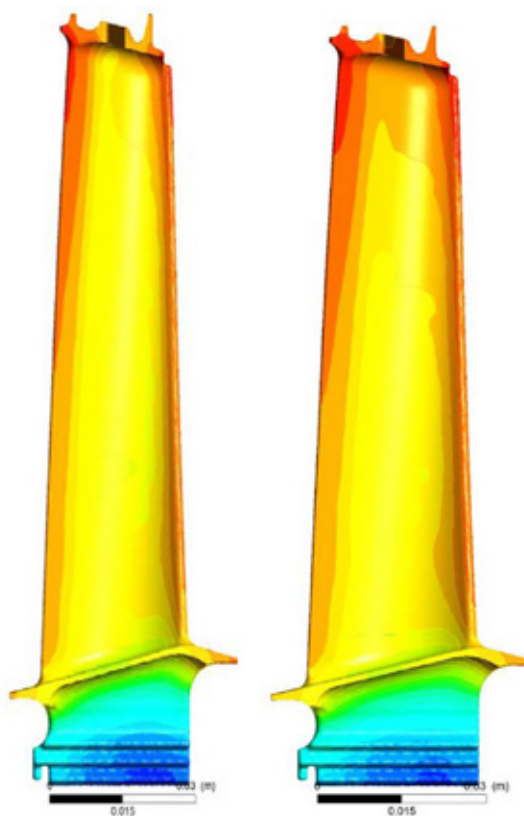


Рис. 3. Температурное поле исходной лопатки и для лопатки с нарушенным охлаждением

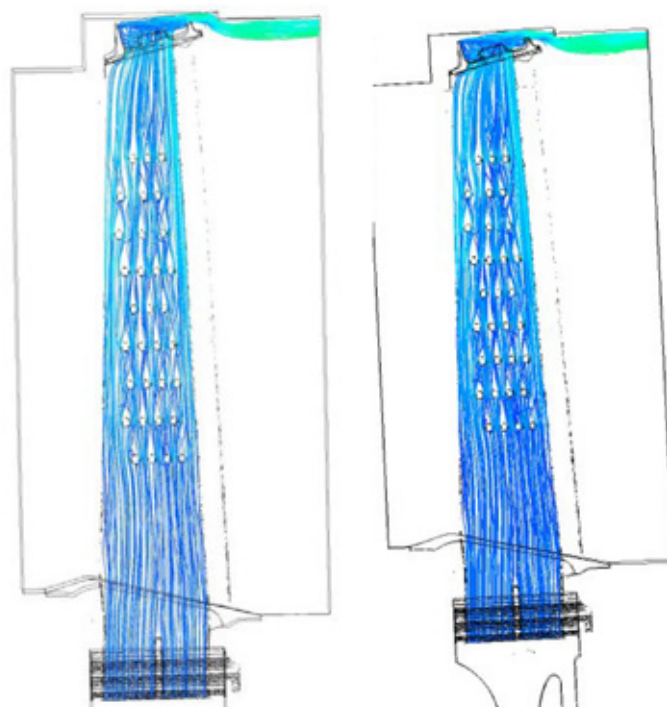


Рис. 4. Линии тока исходной лопатки и с запыленностью

Таблица 1. Результаты расчета

	Периферийное сечение		Корневое сечение	
	Исходная лопатка	Лопатка с запылением	Исходная лопатка	Лопатка с нарушенным охлаждением
Отн. температура	1,131	1,258	1	1,21
Запас прочности	4,58	4,302	7,96	7,5

В результате расчета рабочей лопатки ТНД получены следующие результаты, максимальная относительная температура лопатки 1,285. Относительная температура в корневом сечении изменяется от 1 до 1,21. Относительная температура в периферийном сечении изменяется от 1,131 до 1,258.

Анализируя выполненные расчеты можно сделать вывод, что запыление приводит к увеличению максимальной температуры пера лопатки на 1,4°, в сечении запыления на 13,1°. Растет градиент температуры на 15%. При уменьшении расхода охлаждающего воздуха на 40% (нарушенного охлаждения) температура повышается на 4,3°. Минимальная температура лопатки повышается на 3,4%.

Литература:

1. Газотурбинные двигатели./А.А. Иноземцев, В. Л. Сандрацкий. Пермь: ОАО «Авиадвигатель», 2006.

По рассчитанному газодинамическому состоянию в программном комплексе был произведен расчет на прочность этой лопатки.

Выводы: по результатам газодинамических расчетов был выполнен расчет лопатки на прочность трех вариантов и посчитаны запасы прочности в корневом и периферийном сечениях (табл. 1).

Высокие показатели коэффициента запаса прочности объясняются тем, что газодинамический расчет выполнялся не на максимальном режиме. При запылении коэффициент запаса прочности снижается на 6,1% из-за повышения максимальной температуры лопатки. В случае с нарушенным охлаждением коэффициент запаса прочности уменьшается на 5,8%.

## Комбинированная технология удаления аммонийного азота и органических примесей из сточных вод

Титов Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
Сафронов Максим Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
Кочергин Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;  
Таланова Светлана Юрьевна, студент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Приведены схемы обработки и очистки хозяйственно-бытовых сточных вод по предлагаемой комбинированной технологии глубокого удаления аммонийного азота и органических примесей. Показаны результаты сравнительных производственных испытаний физико-химической и биологической очистки стоков от ионов аммония на городских канализационных очистных сооружениях.

**Ключевые слова:** хозяйственно-бытовые сточные воды, аммонийные формы азота, физико-химическая и биологическая очистка.

Глубокая очистка сточных вод от соединений азота требуется в настоящее время органами здравоохранения и комитетами природных ресурсов практически повсеместно, а для этого необходимы дополнительные огромные капитальные вложения, что обуславливает остроту проблемы и актуальность ее решения.

Большой интерес представляют комбинированные схемы очистки сточных вод от азотсодержащих соединений с использованием преимуществ физико-химических и биологических методов удаления различных форм азота.

В работе [1] были показаны преимущества способа окисления азота обработкой сточной воды хлором и кислородом при избыточном давлении. Авторами была исследована новая комбинированная технология удаления аммонийного азота из сточных вод с использованием физико-химических и биологических методов, заключающаяся в предварительном полном кислородонасыщении стоков под избыточным давлением, последующей обработке сточных вод хлорсодержащими реагентами и окончательной биологической очистке с активацией кислородонасыщенного возвратного ила постоянным электрическим током.

Производственные испытания комбинированной технологии с использованием физико-химического и биологического методов удаления ионов  $NH_4^+$  из сточных вод производилось на канализационных очистных сооружениях (КОС) г. Заречный Пензенской области производительностью 35000 м<sup>3</sup>/сут.

В голове очистных сооружений КОС г. Заречный находится насосная станция перекачки городских стоков с установленными в ней двумя рабочими и одним резервным насосами марки ФГ 800/32 и приемная камера сточных вод емкостью 180 м<sup>3</sup>. Вода от насосной станции подается в камеру гашения напора по трубопроводу диаметром 400 мм, длиной 160 м и далее поступает на песколовки и первичные отстойники (рис. 1).

В результате проведения реконструкции на одном из насосных агрегатов 2 была смонтирована байпасная линия 3 с эжектором 4.

Были проведены исследования по изучению влияния доз активного хлора и концентраций растворенного кислорода на эффективность удаления аммонийного азота из сточных вод при заданных параметрах давления в трубопроводе и времени обработки.

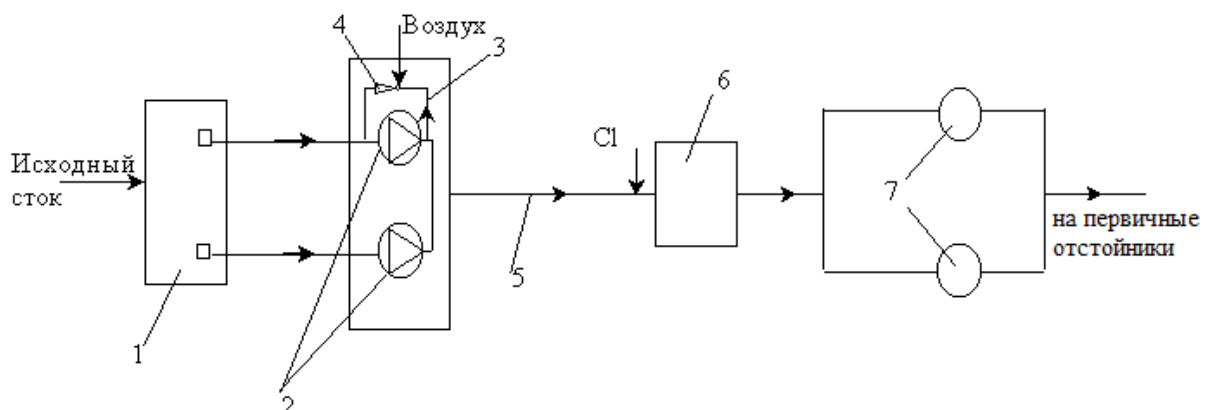


Рис. 1. Схема сооружений перекачки и первичной физико-химической обработки сточных вод на КОС г. Заречный: 1-приемный резервуар исходного стока; 2-насосы; 3-байпасная линия; 4-эжектор; 5-напорный трубопровод; 6-камера гашения напора; 7-песколовки

Таблица 1. Результаты внедрения физико-химического метода первичной обработки сточных вод на ОСК г. Заречный

Показатели	Концентрация в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, мг/л	Концентрация загрязнений сточных вод на выходе в первичные отстойники, мг/л			
		$D_{\text{хл}}=5$ мг/л $C_{\text{к}}=4,3$ мг/л	$D_{\text{хл}}=5$ мг/л $C_{\text{к}}=7,8$ мг/л	$D_{\text{хл}}=10$ мг/л $C_{\text{к}}=4,7$ мг/л	$D_{\text{хл}}=10$ мг/л $C_{\text{к}}=7,9$ мг/л
$NH_4^+$	20,8–22,3	18,4	16,2	15,6	12,0
ХПК	192–201	182	170	165	154

Давление в напорном патрубке насоса ФГ 800/32 было равно 0,3 МПа, на выходе в камеру гашения напора 0,14 МПа. Воздух поступал через эжектор 7 во всасывающий патрубок работающего насоса 2. Расход эжектируемого воздуха регулировался вентилем на воздушном патрубке эжектора. Рабочее колесо насоса обеспечивало высокую степень диспергирования и растворения пузырьков воздуха в сточной воде. При расходе сточных вод 800 м<sup>3</sup>/ч скорость движения в трубопроводе  $d=400$  мм составляла 1,7–1,8 м/с, что соответствовало времени контакта растворенного кислорода воздуха с водой 80–90 с при длине трубопровода  $l=160$  м. Хлорная вода с различными дозами хлора вводилась в трубопровод 5 непосредственно перед изливом потока в камеру 6. Пробы воды отбирались из приемного резервуара 1 (см. рис. 1) и на выходе из трубопровода в камеру 7. Отобранные пробы анализировались по следующим показателям: азот аммонийный, рас-

творенный кислород, остаточный хлор, ХПК. Данные анализов показаны в таблице 1 при обработке воды различными дозами хлора  $D_{\text{хл}}$  и при различных концентрациях кислорода в стоке  $C_{\text{к}}$  на выходе в камеру гашения напора.

Практическое внедрение способа активации возвратного ила для интенсификации удаления аммонийных форм азота из сточных вод при их биологической очистке проводилось на аэротенках-вытеснителях канализационных очистных сооружений г. Заречный Пензенской области. В состав биологических очистных сооружений входит блок, состоящий из четырех трехкоридорных аэротенков, оснащенных мелкопузырчатой системой аэрации. Кроме того, каждый аэротенк был оборудован установкой утилизации избыточной энергии потока возвратного ила, состоящей из эжектора и электрогидродинамического устройства (ЭГДУ), конструкция которого приведена в работах [2, 3, 4] (рис. 2). Концентрация кислорода в потоке возвратного

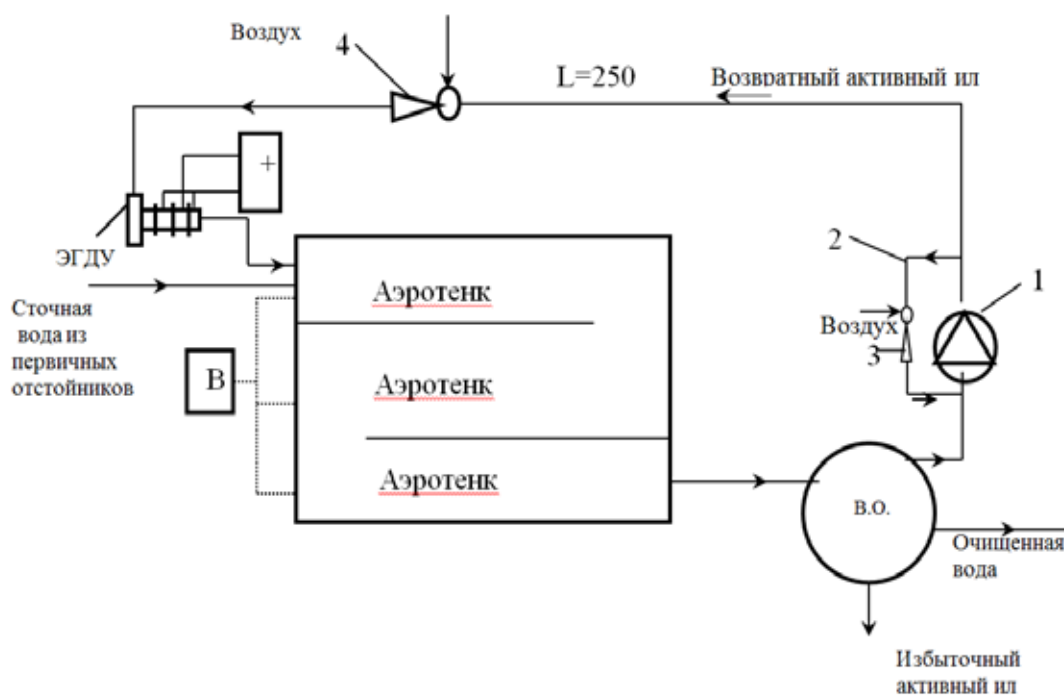


Рис. 2. Схема биологической очистки сточных вод от аммонийного азота: 1 — насос возвратного активного ила; 2 — байпасная линия; 3 — эжектор байпасной линии; 4 — эжектор на основной линии возвратного активного ила; В — воздуходувка; В.О. — вторичный отстойник

Таблица 2. Результаты внедрения комбинированной технологии удаления аммонийного азота и органических соединений из сточных вод на КОС г. Заречный Пензенской области

Показатели	Концентрация в сточных водах, поступающих на биологическую очистку в аэротенках, мг/л		Концентрация загрязнений сточных вод на выходе из сооружений биологической очистки сточных вод, мг/л при с различных концентрациях кислорода в возвратном иле			
	Без предварительной физико-химической обработки	С предварительной физико-химической обработкой при $D_{\text{кл}} = 10$ мг/л $C_{\text{к}} = 7,9$ мг/л	Без предварительной физико-химической обработки стоков		С предварительной физико-химической обработкой стока	
			$D_{\text{ки}} = 3,5$ мг/л	$D_{\text{ки}} = 6,5$ мг/л	$D_{\text{ки}} = 3,5$ мг/л	$D_{\text{ки}} = 6,5$ мг/л
1	2	3	4	5	6	7
Взвешенных веществ	98,2	98,2	11,2	11,2	10,8	10,8
ХПК	198	154	37	23	21	18
$NH_4^+$	21,0	12,0	7,6	4,2	1,8	1,0
$NO_2^-$	-	0,08	0,75	0,66	0,52	0,43
$NO_3^-$	-	0,12	7,3	5,2	4,9	4,2
Иловый индекс, $см^3/г$	—	—	115	108	105	98
Прирост активного ила, $г/м^3$	—	—	80	76	74	70

ила, проходящего через ЭГДУ, при работающем эжекторе 4 в среднем составляла  $D_{\text{ки}} = 3,3-3,8$  мг/л.

Для увеличения концентрации растворенного кислорода в возвратном иле и улучшения процесса биологической очистки стока от аммонийного азота на подающем и всасывающем патрубках центробежного насоса возвратного ила была смонтирована байпасная линия 2 с эжектором 3, после включения которой содержание растворенного кислорода в иловой смеси на входе в ЭГДУ увеличилась до  $D_{\text{ки}} = 6,2-6,5$  мг/л.

Такое увеличение стало возможным благодаря тому, что трубопровод от центробежного насоса 1 до эжектора 4 длиной 250 м стал выполнять роль весьма совершенного смесителя иловоздушного потока. Подача насоса 1 составляла  $320 м^3/ч$ , через эжектор 3 пропусклся расход  $10-12 м^3/ч$ . В связи с высокой инерционностью процессов, происходящих в промышленном аэротенке изучение биологической очистки сточных вод с использованием электроактивированного и кислородонасыщенного

возвратного ила производилось через 20 дней после включения байпасной линии.

Результаты, полученные при внедрении технологии с использованием физико-химического метода удаления ионов  $NH_4^+$ , а также электроактивации потока возвратного ила с высокими концентрациями растворенного кислорода на КОС г. Заречный представлены в таблице 2.

Разработанную схему кислородонасыщения возвратного активного ила с использованием байпасной линии с эжектором на циркуляционном насосе по существу можно считать самостоятельной системой гидравлической аэрации, которая добавляет к штатной системе аэрации дополнительную окислительную способность на начальных, наиболее загруженных участках аэротенков. Внедрение комбинированной технологии удаления аммонийного азота на КОС г. Заречный позволило значительно снизить нагрузку на водоем по биогенным элементам при сбросе очищенных сточных вод.

#### Литература:

1. Гришин, Б. М. Удаление соединений азота из сточных вод с применением окислителей/Б. М. Гришин, А. Н. Кошев, Н. Н. Ласьков, М. В. Бикунова // Региональная архитектура и строительство. — 2013. № 2.
2. Гришин, Б. М. Совершенствование конструкций электрогидродинамических устройств, используемых для обработки возвратного активного ила аэротенков/Б. М. Гришин, С. Ю. Андреев, М. В. Бикунова, С. В. Ишев // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. № 10.

3. Гришин, Б.М. Вихревые гидродинамические устройства для интенсификации работы городских КОС/Б.М. Гришин, С.Ю. Андреев // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. №6—1.
4. Гришин, Б.М. Обработка возвратного активного ила в вихревом электрогидродинамическом устройстве/Б.М. Гришин, С.Ю. Андреев // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №3—1.

## Совершенствование технологической операции втачивания рукавов в пройму изделия

Файзуллаева Гулшода Шавкатовна, магистрант;

Темирова Наргиза Элмурод кизи, магистрант;

Саидова Гулчирой Шокировна, магистрант

Пулатова Сабохат Усмановна, кандидат технических наук, доцент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Швейная промышленность — одна из самых значительных отраслей легкой промышленности, как по объему выпускаемой продукции, так и по номенклатуре швейного оборудования, используемого в производстве. Это оборудование чрезвычайно разнообразно. Оно различается по видам выполняемых технологических операций, а также по конструкции машин и принципам управления ими.

Технологические процессы и операции, применяемые для изготовления одежды, во многом определяют конструкцию и устройство необходимого для их выполнения оборудования; с учетом назначения процесса, способа выполнения операций, а также формы и размеров обрабатываемых изделий создаются целые виды и классы оборудования, обеспечивающие изготовление изделий с наименьшими затратами времени при достижении лучшего качества.

В мире более 100 фирм выпускают промышленные и бытовые швейные машины и различные сопутствующие им изделия и устройства (иглы, электроприводы, приспособления, узлы автоматизации и т. п.).

Одним из направлений совершенствования изготовления швейных изделий является применение оборудования, отвечающего специфике его эксплуатации. В условиях частой смены видов и режимов технологических операций швейные машины должны обладать расширенными функциональными возможностями, иметь «обратимость» и «гибкость» конструкции для перехода с одного вида операции на другую. Втачивание рукава в пройму изделия, как одна из таких операций, в настоящее время при пошиве изделий часто выполняется на универсальных швейных машинах.

В технологическом процессе изготовления многих видов изделий от четкости исполнения операции втачивания рукавов в пройму зависит общее качество изделия.

Рукава с проймами соединяют стачным швом шириною 10 мм с направлением припусков на швы в сторону рукава. Перед соединением проверяют точность линий срезов рукавов и пройм. В рукавах проверяют их симметричность,

длину, ширину и наличие контрольных рассечек. Контрольные рассечки проверяются по проймам полочек и спинки.

Длина оката рукава должна быть больше длины линии проймы. Разница зависит от модели и вида проймы и составляет 0,4 мм на 10 мм длины проймы для полустяжных тканей с содержанием синтетики до 30%; до 1,5 мм на 10 мм длины для чисто шерстяных материалов. В связи с этим втачивание сопровождается обязательной посадкой ткани по срезу головки рукава. Величина посадки по периметру проймы не остаётся постоянной. Для создания необходимого внешнего вида, для обеспечения свободы движения руки посадку оката рукава распределяют по длине линии проймы различно в зависимости от требований, предъявляемых к тому или другому участку. Таких участков по длине проймы обычно от трёх до шести в зависимости от назначения изделия.

На рисунке 1 в качестве примера приведена схема, где окат рукава разделён на пять участков; изделие — жакет женский из гладкокрашеной ткани. Участок 1 — от контрольной надсечки на линии переднего переката до переднего шва и далее на такое же расстояние по нижней части рукава. Рукав здесь соединяют с проймой без посадки, что обеспечивает фиксацию положения линий переднего переката. Участок 2 — от контрольной надсечки на линии переднего переката до плечевого шва, не доходя до него 25÷30 мм. Посадка рукава на этом участке создаёт красивую обтекаемую форму на внешнем участке оката и обеспечивает необходимую свободу движения руки. Посадка здесь значительная и, ориентировочно, составляет 30÷33% всей посадки. И распределение её по участку не одинаково: в центре, на наиболее косом срезе оката, она больше, а к концам участка её уменьшают. Участок 3 — область плечевого шва на 25÷30 мм, в одну и другую сторону от него. Посадка необходима для оформления верхней части оката. Величина посадки должна обеспечивать свободное огибание внутренних швов втачивания на данном участке и составляет 10÷12% всей посадки. Участок 4 — часть оката рукава, расположенная со сто-



Рис. 1. Схема деления оката рукава на участки

роны спинки от конца участка 3 до контрольной надсечки на линии локтевого переката. С учётом необходимости оформления оката рукава на данном участке и обеспечения свободы движения посадка оката должна быть здесь до  $30 \div 33\%$  всей посадки, примерно так же, как на участке 2. Участок 5 — часть оката рукава между концом участка 4 и началом участка 1. Посадка составляет  $20 \div 24\%$  всей посадки.

Схема наглядно показывает, что операция достаточно сложная и трудоёмкость её весьма велика. Кроме того, велико и разнообразие вариантов посадки, которое устанавливается для различных конкретных случаев.

Применение для этой операции универсальных машин нецелесообразно, так как оно возможно только после предварительного вмётывания рукава в пройму, осуществляемого вручную по рассечкам для обеспечения необходимого качества посадки.

В последние годы созданы специальные машины, такие как «Juki» DP-2100; «Durkopp/Adler» 550—16—26; «Pfaff» 3834—14/21, которые существенно повышают производительность труда (рис. 2).

Операция по втачиванию рукавов производится с объёмным объектом и не на плоскости, а в пространстве.

В связи с этим машина изготовлена в варианте с колонкой, на которой будет размещаться изделие.

Сухая головка, прямой привод — эти достижения вошли составной частью в конструкцию машины. Но главной особенностью является исполнение её транспортирующего узла. Он выполнен в виде пары роликов и прижимной лапки, а у машины фирмы «Juki» в виде пары транспортирующих ремешков. Движение этих роликов раздельное и управляемое. Разность в скоростях движения роликов определяет разницу в перемещении контактирующих с ними слоёв пакета, за счёт чего производится посадка. Процесс посадки контролируется программной системой и отображается на экране жидкокристаллического дисплея. Система может содержать в памяти 99 различных программ посадки по участкам. Таких участков может быть до 30.

Процесс программирования максимально упрощён: просто на пульте, сенсорно. Кроме того, система даёт подробную визуальную информацию о конкретной ситуации в проведении операции в данный момент и о том, что будет выполняться в следующий этап.

Длина челночного стежка регулируется от 1,5 до 6,0 мм. Скорость работы — 3500 оборотов в минуту. Толщина па-



Рис. 2. Машина фирмы «Pfaff» для втачивания рукава в пройму изделия



кета материалов под транспортирующими органами — до 3,5 мм.

Важным моментом, который обязательно нужно отметить, является стабильность воспроизведения программы и высокое качество изделия: одинаковое втачивание в пройму правого и левого рукава.

В машине предусмотрено выполнение и ряда вспомогательных функций: автоматический останов в конце операции, подъём верхнего транспортирующего ролика, обреза ниток.

Таким образом, повышение эффективности и качества выполнения операции втачивания рукава в пройму

изделия наиболее рационально решать за счет расширения функциональных возможностей швейных машин или применения специальных полуавтоматов для втачивания рукава в пройму изделия. Правильный выбор и обоснованное применение более совершенной техники и оборудования, по сравнению с существующим аналогом производства вносит существенное совершенствование в технологический процесс изготовления изделия. Это позволит значительно повысить производительность труда и улучшить качество и конкурентоспособность изделия.

Литература:

1. Франц, В. Я. Оборудование швейного производства. — М.: Академия, 2002.
2. Исаев, В. В. Оборудование швейных предприятий. — М.: Легпромиздат, 1989.
3. Анастасиев, А. А. и др. Машины, машины-автоматы и автоматические линии легкой промышленности. — М.: Легкая индустрия, 1983.
4. Зак, И. С., Полухин В. П., Лейбман С. Я. Комплексно-механизированные линии в швейной промышленности. — М.: Легпромбытиздат, 2008. — 320 с.
5. Кокеткин, П. П. Пооперационная машинноавтоматизированная технология одежды. — М.: Легпромбытиздат, 2008. — 232 с.

## Эффективность применения противотурбулентных присадок при перекачке газового конденсата по магистральному трубопроводу

Чурикова Лариса Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;  
Рамазанов Мирасбек Мирбекович, магистрант  
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск)

*Статья посвящена вопросам эффективности применения противотурбулентных присадок при перекачке газоконденсата, описаны механизм действия присадки, факторы, обуславливающие эффективность ее применения. Авторы обосновывают преимущества использования противотурбулентных присадок.*

**Ключевые слова:** противотурбулентная присадка, гидравлическое сопротивление, газоконденсат, деформация, турбулизация, экономия энергозатрат.

В Западной территории Казахстана разрабатывается месторождение Карачаганак. Карачаганакское месторождение является одним из крупнейших нефтегазоконденсатных месторождений в мире. Трубопровод «Карачаганак — Атырау» соединяет Карачаганакский Перерабатывающий Комплекс с населенным пунктом Большой Чаган (1 секция) и далее до НПС «Атырау» (2 секция), где производится его подключение к трубопроводу КТК. Данная транспортная система длиной 635,5 км является экспортным трубопроводом, поставляющий газовый конденсат.

Проблему повышения производительности трубопроводного транспорта можно решить увеличением мощности силовых установок, используемых на насосных станциях. Однако это обуславливается техниче-

скими трудностями и большими объемами капиталовложений. Поэтому снижение гидродинамических затрат при перекачке нефти и конденсата, приводящие к увеличению производительности трубопровода при тех же мощностях силовых установок, представляет значительный интерес.

Потери напора на трение являются основной причиной затрат электроэнергии на перекачку жидкостей и газов по трубопроводам. Они обусловлены силами внутреннего трения между слоями движущейся жидкости. И в ламинарном и в турбулентном потоке происходит диссипация (рассеивание) механической энергии упорядоченного движения и переход ее в энергию хаотичного движения частиц жидкости. Для турбулентных течений этот переход носит многостадийный характер.

Механическая энергия движения переходит сначала в энергию крупномасштабных вихрей турбулизованной среды, затем в энергию пульсационного движения мелкомасштабных вихрей и, наконец, за счет сил вязкости — в тепловую энергию жидкости. Поэтому важной задачей является вмешательство в структуру турбулентных течений с целью снижения потерь энергии.

Противотурбулентные присадки — высокомолекулярные полимерные вещества, позволяющие уменьшить коэффициент гидравлического сопротивления перекачиваемой при турбулентном режиме жидкости.

В настоящее время областью применения противотурбулентных присадок являются трубопроводные системы с ограничением по пропускной способности или по давлению.

Их использование позволяет экономить капиталовложения, необходимые для строительства лупингов или дополнительных насосных станций. Применение противотурбулентных присадок при заданном расходе дает возможность снизить рабочее давление в трубопроводе, а это — повышение эксплуатационной надежности и экономия затрат на перекачки.

Принцип действия противотурбулентных присадок основан на эффекте Б.А. Томса [3], проявляющегося при введении в турбулентный поток жидкости очень малых количеств высокомолекулярных полимеров.

Пропускная способность страдает также при добыче и перекачке тяжелых, высоковязких нефтей. Увеличиваются энергозатраты на подъем и дальнейшую транспортировку жидкости, возможна полная остановка потока при застывании продукции.

Однако даже в отсутствие перечисленных выше факторов пропускная способность нефтепроводов и нефтепродуктопроводов может в ряде случаев значительно снижаться за счет турбулизации потока безводной нефти, вызывающей резкий рост гидравлического сопротивления и повышение энергозатрат. Применение специальных противотурбулентных присадок (ПТП) позволяет увеличить объем прокачки и снизить рабочее давление на большинстве трубопроводов, транспортирующих нефть и в том числе газовый конденсат в турбулентном режиме.

Как правило, турбулизация потока жидкости в трубопроводе возникает при определенных условиях. В первую очередь это плотность и вязкость перекачиваемой жидкости. Чем ниже плотность и вязкость углеводородной фазы, тем проще потоку перейти из ламинарного в турбулентный режим, что и происходит при перекачке легких нефтей и нефтепродуктов.

Во-вторых, важную роль играют объем перекачиваемой жидкости и скорость движения потока. Чем выше объем и скорость потока, тем выше число Рейнольдса.

И, наконец, характеристики самого трубопровода. Основной фактор в данном случае — это диаметр трубопровода: чем он меньше, тем больше вероятность турбулизации потока.

При наличии условий турбулизации потока (например, при перекачке газового конденсата по трубам недостаточного диаметра с большим расходным коэффициентом) в пристеночной области возникают пульсации, направленные не вдоль потока, а преимущественно перпендикулярно ему. Когда ламинарное течение переходит в турбулентное, резко возрастает дополнительное гидравлическое сопротивление (до 80% от общего), что требует повышенных затрат энергии на перекачку.

При выборе противотурбулентной присадки необходимо принимать во внимание такие ее эксплуатационные характеристики как товарная форма, деструкция в турбулентном потоке, скорость растворения в нефтяных системах и ее эффективность.

Для снижения гидравлического сопротивления турбулентного потока нефти используются два типа товарных форм противотурбулентных присадок — гелеобразные и дисперсионные.

В присадках первого типа высокомолекулярный полимер растворен в углеводородном растворителе. Это такие присадки, как CDR-102, Виол, FLO (Бейкер Пайплайн Продактс) и Necadd-547 (АО «Фортум Ойл энд Гэз»).

В дисперсионных присадках Liquid Power (Коноко Специалити Продактс Инк.), M-FLOWTREAT (ООО «Миррико Сервис»), FLO XL (Бейкер Пайплайн Продактс) и Necadd-447 (АО «Фортум Ойл энд Гэз») гидравлически активная часть находится в виде суспензии на водной или углеводородной основе. Такая товарная форма позволяет получить добавки с большим содержанием полимера (до 25%). Однако в их состав входят стабилизаторы и другие химические добавки (10–15%).

В качестве ПТП применяют карбоцепные полимеры (полиметилметакрилаты, полиметоакрилаты, поли- $\alpha$ -олефины, полибутадienes, полистиролы) молекулярной массой более 106, которые при вводе в нефть в количестве 10–50 г/т уменьшают турбулентность потока, что снижает гидравлическое сопротивление нефтепровода. Эффективность присадки определяется природой молекулярной массой полимера эксплуатационными параметрами работы трубопровода (скоростью течения, диаметром трубопровода, температурой и вязкостью нефти и др.) [1].

При эксплуатации магистральных трубопроводов решается задача по определению эффективности противотурбулентной присадки в зависимости от ее концентрации. В качестве ПТП предлагается выбрать M-FLOWTREAT, как наиболее приемлемую в условиях эксплуатации трубопроводной системы.

В условиях промышленного применения ПТП «M-FLOWTREAT» ее эффективность (относительное снижение турбулентного сопротивления) определяется по формуле [2]:

$$DR = \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda_0}\right) \cdot 100\%$$

где  $\lambda$ ,  $\lambda_0$  — коэффициенты гидравлического сопротивления потока с присадкой и без нее (базовый режим соответственно)

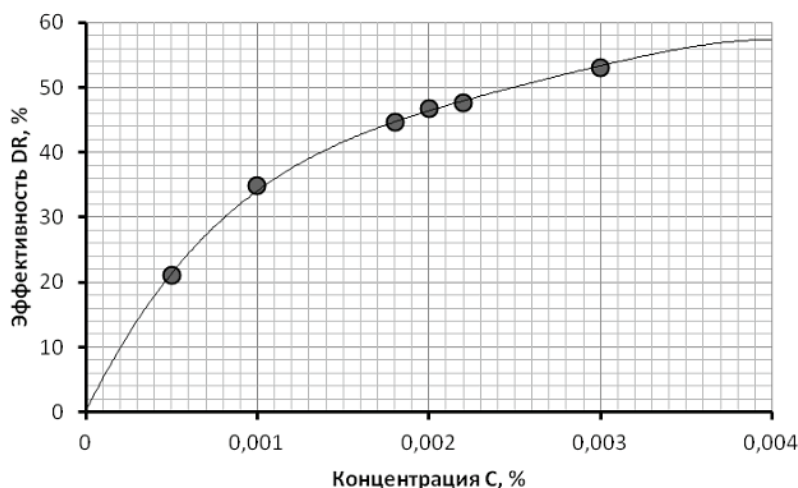


Рис. 1. Зависимость снижения сопротивления потока конденсата от концентрации присадки «M-FLOWTREAT»

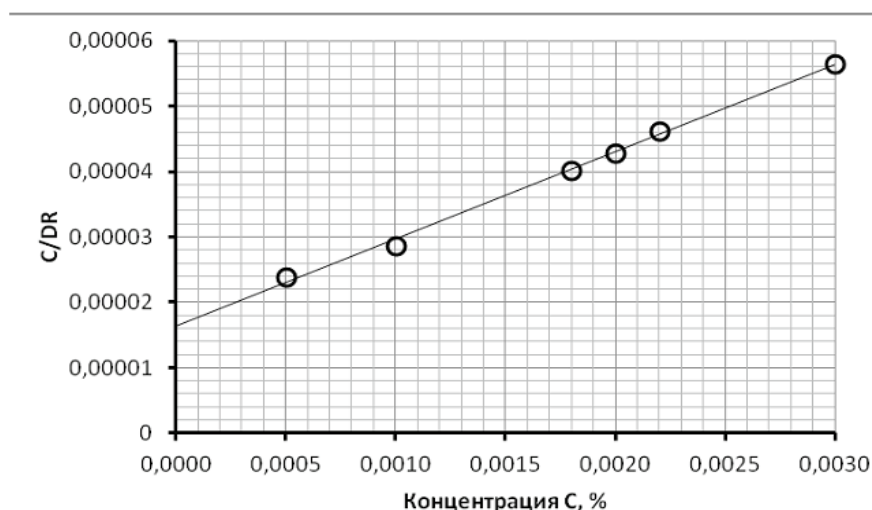


Рис. 2. Графическое определение эффективности противотурбулентной присадки «M-FLOWTREAT»

Таким образом, без технологии введения ПТП не обойтись как минимум в трех случаях. Во-первых, при перекачке газоконденсата на предпиковых и пиковых уровнях добычи природного газа. В данном случае применение противотурбулентных присадок дает существенную экономию капитальных затрат за счет отказа от строительства дополнительных трубопроводов, мощности которых не будут востребованы после прохождения пика добычи.

Во-вторых, при перекачке газоконденсата по маги-

стральным трубопроводам. Применение противотурбулентных присадок дает экономию энергозатрат для перекачки больших объемов газоконденсата.

И в-третьих, при перекачке газоконденсата по промышленным трубопроводам, эксплуатирующимся на предельном давлении. Применение противотурбулентных присадок для снижения рабочего давления снижает риск наступления аварии и экологических катастроф, а также предотвращает потери газоконденсата.

Литература:

1. Прохоров, А.А. Подбор наилучшей эмпирической зависимости/А.А. Прохоров //Тезисы докладов на 53ой Межвузовской студенческой научной конференции «Нефть и Газ-99». М. — 1999. — с. 23.
2. Результаты применения противотурбулентной присадки «M-FLOWTREAT» при трубопроводном транспорте газового конденсата/А.Г. Егоров, К.А. Лосев, Ю.В. Сулейманова и др. //Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. — 2013. — № 1. — с. 34–35
3. Муратова, В.И. Оценка влияния противотурбулентных присадок на гидравлическую эффективность нефтепродуктопроводов: автореф. дисс. — Уфа, 2014. — 23 с.

4. Прохоров, А. А. Оптимизация режимов перекачки дизельных топлив с антифрикционными полимерными присадками/А. А. Прохоров //Тезисы докладов 56 межвузовской студенческой научной конференции. М., РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. М. — 2002. — с. 26.

## Анализ методов и средств очистки внутренней полости магистральных газопроводов

Чурикова Лариса Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;

Смагулов Мейирбек Болатулы, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск)

*Статья посвящена вопросам эффективности применения очистки магистральных газопроводов, выбора средств очистки трубопроводов.*

**Ключевые слова:** надежность газопроводов, очистной поршень, гелевый поршень, скребок, снижение энергозатрат.

Интенсивное развитие газовой промышленности Казахстана и напряженность эксплуатации газотранспортного оборудования, обуславливают необходимость решения проблем разработки и внедрения новых энергосберегающих технологий транспорта газов. Непосредственно это связано с вводом новых мощностей, заменой морально устаревшего и физически изношенного оборудования, реконструкцией газотранспортных объектов, прежде всего с целью увеличения газопотоков при снижении удельных энергозатрат на транспорт природного газа по магистральным газопроводам.

С целью повышения гидравлической эффективности и надежности газопроводов предприятиями, которые их эксплуатируют, принимается ряд мер: очистка внутренней полости трубопроводов с помощью очистных устройств различного типа, установка узлов пуска и приема очистного оборудования, повышение скорости газа в газопроводах и т. д.

Загрязнения, которые выносятся очистным устройством в процессе очистки внутренней полости газопровода, принимают в специальные емкости. Затем они вывозятся и утилизируются. Но, в отдельно взятых случаях, очистка трубопроводов негативно сказывается на экологическом состоянии окружающей среды [1].

Наибольшее скопление загрязнений наблюдается в конденсатосборниках, буферных емкостях, дрипах, пылеуловителях, дренажных и сливных емкостях.

Для проведения очистки внутренней полости газопроводов применяются различные типы очистных устройств. Выбор их типа зависит от вида загрязнений, которые накапливаются внутри трубопровода. К их числу относятся следующие: скребки, поршни-разделители и очистные поршни. В период завершения строительно-монтажных работ на газопроводах для очистки полости от загрязнений и строительного мусора (электроды, шлак и пр.) применяются скребки. Затем, после проведения гидрав-

лических испытаний трубопровода для вытеснения жидкости, используются поршни-разделители. На заключительном этапе, после завершения пуско-наладочных работ, а также в период эксплуатации очистка внутренней полости газопровода производится при помощи очистных поршней, которые снабжены специальными манжетами и дисками для смягчения ударов при приеме поршня в камере.

Очистные поршни на установках запуска и приема иностранного производства обычно поступают в комплекте с камерами. Поршни отечественного производства поставляются отдельно и комплектуются непосредственно в линейно-производственном управлении [2].

Наименее эффективной технологией, используемой для очистки, является скребок из пеноматериалов (из пенопласта, поропласта, пенорезины). За ним следует манжетный скребок. В обоих случаях приспособление захватывает большую часть твердых частиц в трубопроводе; однако при своем прохождении через трубопровод скребок лишь разносит частицы по всей протяженности и вмазывает их в коррозионные язвы (в стенках трубопровода), которые необходимо очищать. Использование или неподходящего устройства или его неправильное применение только усугубляет проблему. Если добавить к этому убежденность в том, что стенки трубопровода очищены (хотя это не так), это становится причиной дополнительного нарушения целостности трубопровода [2].

В стремлении к сохранению целостности трубопровода борьба с коррозионными язвами — очень важна. Очистка язв от твердых частиц и предотвращение коррозии, будь она химической или биологической, является задачей первостепенной важности. Язва должна быть очищена полностью, до дна и вдоль ее краев. Любое количество частиц или микробов, оставленных в язвах, будет приводить к дальнейшей коррозии стенок трубопровода. Микробы, присутствующие на дне язв, защищают себя, по-

крываясь продуктами своей жизнедеятельности. Скребок из пенопласта или манжетный скребок, который проходит над ними, не беспокоя их, а только усиливая защиту микробов путем вмазывания частиц в язвы, создавая для микробов идеальную среду, способствующую продолжению коррозии стенок трубопровода.

Эффективная очистка требует, чтобы язвы были полностью очищены, и микробы были удалены. Микробам требуется время, чтобы прикрепиться к стенкам трубопровода. Регулярная программа техобслуживания с использованием правильных устройств предотвратит это.

Единственной щеткой, которая проникает в язвы и очищает их, является щетка из тонкой проволоки (или проволочная щетка) рис. 1 [3]. Существуют и некоторые специальные конструкции проволочных щеток, которые наиболее эффективны в определенных случаях. Как правило, наиболее эффективным устройством очистки является скребок Vi-Di с кистевыми щетками, которые представляют собой специальные, определенным способом установленные, проволочные щетки. Плоские проволочные щетки обычно слишком большие и жесткие, чтобы обеспечить наиболее эффективную очистку язв. Прямоугольная форма плоских проволочных щеток делает их неэффективными в очистке трубопровода, поскольку они не могут достать до дна язв. А оставить микробы или очаги коррозии на дне язв является неприемлемым решением.



Рис. 1. Скребок Vi-Di с кистевыми щетками

Наиболее часто применяются очистные поршни типа ДЗК-РЭМ, ОПР-М, которые позволяют очищать полость газопроводов как от твердых, так и от жидких веществ [36]. Для очистки газопроводов больших диаметров применяются поршни-разделители следующих модификаций: ДЗК-РЭМ-1200, ДЗК-РЭМ-1400, ОПР-М-1200, ОПР-М-1400. Поршень-разделитель типа ОПР-М-1400 представляет собой полый металлический корпус, на котором закреплены очистные элементы кольцевой формы, конструктивно схожие с автомобильной покрышкой. Они поджаты распорными втулками с установленными на них поролоновыми кольцами. Поршень обычно снабжен двумя, тремя и более очистными элементами. Также используются очистные поршни ПО-1, ПО-2 и ПО-5.

При продувке трубопроводов применяются очистные поршни, предназначенные для удаления из внутренней полости трубопровода посторонних предметов и зачистки его внутренней поверхности. Очистные поршни движутся

по очищаемому газопроводу за счёт энергии сжатого воздуха или природного газа. Очистные поршни состоят из следующих основных элементов: корпуса, манжетных уплотнительных устройств и металлических щёток. Манжетные уплотнения обеспечивают плотность посадки поршней в газопроводе, а металлические щётки очищают внутреннюю поверхность трубопровода.

Корпус поршня выполнен из трубы и заглушен в передней части. Смонтированные по окружности и загнутые в одном направлении трубки предназначены для создания скоростных воздушных струй, обеспечивающих при продувке одновременно с поступательным перемещением вращение поршня реактивными силами.

Для продувки трубопроводов, проходящих по сильно пересечённой местности или прокладываемых по способу «змейка», применяются поршни, выполненные из двух частей, соединённых между собой шарнирно. Для установки обеих частей по одной оси и смягчения ударных нагрузок шарнир стабилизируется цилиндрической пружиной. Такая конструкция позволяет поршню вписываться в многочисленные кривые вставки, не создавая значительных ударных нагрузок на трубопровод.

Очистные поршни типа ОП могут применяться для продувки магистральных трубопроводов под давлением воздуха или природного газа при скорости перемещения в пределах 35–70 км/ч; для очистки полости протягивания в процессе сборки и сварки секций в нитку.

Поршни-разделители применяются для промывки и одновременного освобождения от воздуха и заполнения водой для гидравлического испытания, а также для освобождения газопровода от воды после гидравлического испытания. Скорость перемещения этих устройств должна быть не менее 1 км/ч, а максимальная скорость может достигать 10 км/ч. Для удаления воды из газопровода поршни-разделители применяют в два этапа. На первом этапе работ предварительно удаляют основной объём воды, на втором — контрольном этапе вода полностью удаляется из испытанного газопровода.

При продувке и пневматическом испытании трубопровода сжатый воздух закачивается в него передвижными компрессорными станциями.

Все вышеперечисленные способы имеют недостатки, особенно применительно к трубопроводам большой протяженности. Производительность насоса или объём жидкости, необходимые для удаления загрязнений с использованием высокоскоростных потоков, часто оказываются недостаточными. Механические скребки имеют тенденцию либо к образованию скоплений загрязнений в трубопроводе, либо к перескакиванию через них, в результате чего они образуют плотный слой, облегающий стенки (или поверхность дна) трубопровода.

Существующие конструкции очистных устройств не могут эффективно использоваться в газопроводах переменного сечения, проходить местные сужения во внутренней полости трубопровода и места, где установлены приборы или датчики. Также они не могут сохранять до-

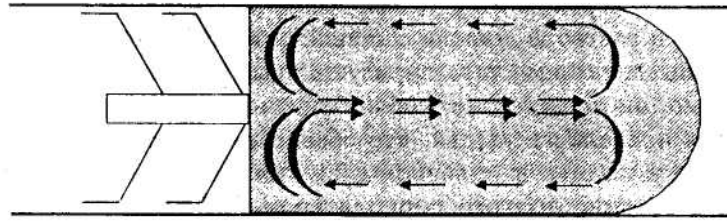


Рис. 2. Механизм переноса загрязняющего материала в очистном поршне из геля

статочную высокую степень герметичности на участках газопроводов большой протяженности, передвигать перед собой большие количества загрязнений без остановки или полной закупорки.

Гелеобразные поршни могут выполнять большинство функций обычных очистных устройств, а также отличаются способностью к некоторым химическим реакциям и не выходят из строя в процессе их передвижения по газопроводу, как механические поршни [4, стр. 29].

Гель отличается весьма высокой адгезионной способностью по отношению к загрязняющим материалам. Эти материалы захватываются и переносятся в центральную часть гелевого поршня (рис. 2).

Удаление отложений со стенок трубопровода при использовании гелеобразных химических поршней происходит за счет растворения или выноса рыхлого мусора по мере прохождения поршня.

Используемые в настоящее время гели либо действуют подобно механическому скребку, проталкивая загрязнения вдоль днища трубопровода с уплотнением материала и, перескакивая над уплотненным слоем, либо требуют развития очень высокой скорости для образования турбулентности в виде вторичных потоков, которые имеют достаточную мощность для выноса загрязнений.

Гели характеризуются целым рядом свойств твердого тела. Они сохраняют форму, обладают упругими свойствами и эластичностью. По ряду свойств гели занимают

промежуточное положение между растворами и твердыми телами.

При эксплуатации газопроводов гели используются для следующих целей: удаления загрязнений из внутренней полости трубопроводов; при заполнении и гидравлических испытаниях трубопроводов; удаления конденсата из газопроводов; прокачки ингибиторов коррозии; удаления застрявших в трубопроводах механических скребков.

В целом, выбор скребков в 90% [5] случаев следует применять скребки с использованием щеток. Применение кистевых щеток на скребках будет способствовать сокращению затрат на уретан примерно на 50% [5], поскольку их понадобится значительно меньше. Это наиболее эффективная комбинация.

Может быть применен также вариант, когда вместо механических поршней за осушающим следует гелеобразный проталкивающий поршень, по составу совместимый с проталкивающим газом. В состав геля этого дополнительного поршня может быть введен ингибитор коррозии.

Цепочка из комбинации гелевых поршней, в том числе осушающего, механических поршней и проталкивающего газа, может обеспечить одновременное освобождение полости трубопровода от воды и осушку и, как следствие, значительное сокращение затрат времени и средств на проведение этих операций по сравнению с обычно применяемыми методами.

#### Литература:

1. Крылов, В.Г., Салюков В.В., Отт К.Ф., Смирнов В.А., Стояков В.М. Очистка линейных участков магистральных газопроводов // Газовая промышленность, 2000, № 11. — с. 57–58.
2. Natural Gas Engineering Handbook, 2nd Edition Copyright, 2005 by Gulf Publishing Company, Houston, Texas
3. Бошкова, И.Л. Трубопроводный транспорт и переработка продукции морских скважин. Учебное пособие/И.Л. Бошкова. — Одесская государственная академия холода, 2010. — 144 с.
4. Бурных, В., Дутчак И., Ковалева Л., Макеев А., Слесарев В. Исследование технологического процесса очистки газопроводов гелями и области их применения // Нефтяник, 1994, № 3. — с. 29–32.
5. Assessing The Effectiveness Of Pipeline Cleaning Programs/Pipeline & Gas Journal? June, 2012.

## Вариационный ряд антропометрических признаков студенток СППО города Бухары (Узбекистан)

Шарипова Саодат Ислмовна, старший преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье изложена работа по созданию размерной типологии для промышленного производства формы для студенток СППО. Она начинается с выбора размерных признаков, необходимых для конструирования, разработки программы и методики измерений.*

Для построения размерной типологии весь полученный антропометрический материал подвергают математической обработке.

Для каждого из признаков в результате математической обработки находят такие значения (статистические параметры), которые характеризуют величину и вариативность признака в выборке, а соответственно и в генеральной совокупности.

Для получения достоверных данных обработка антропометрического материала должна рассматриваться как самостоятельная задача и проводиться так же, как сбор материала, по определенной методике, основанной на методах математической статистики.

Математическая статистика — наука, которая изучает вопросы соотношения генеральной совокупности и выборок. Еще в конце XIX века ветвь математической статистики, которая занимается применением математических методов для изучения разнообразия живых существ, в том числе и человека, получила название биометрии [1].

Как бы однородна ни была изучаемая группа людей, любой из антропометрических признаков внутри этой группы обнаруживает большую или меньшую изменчивость. Если измерена определенная группа людей, то можно заранее сказать, что различные значения любого из антропометрических признаков в этой группе встречаются с разной частотой.

Для получения характеристики вариативности антропометрических признаков обратимся к конкретному материалу.

Допустим, что нужно проанализировать измерения длины тела у группы женщин, состоящей из 30 человек. Сначала эти данные представляют в виде упорядоченной таблицы, где их располагают в порядке возрастания (табл. 1.1). Далее следует найти наибольшее и наименьшее значения признака в группе. Минимальным значением длины тела в данной группе будет 150, а максимальным — 170 см.

Для удобства дальнейших вычислений отдельные значения признака группируют в классы. Число классов должно быть 15—15, так как при меньшем их числе снижается точность расчета. В том случае, если в выборке число наблюдений менее 60, значения признака не группируют в классы.

Интервал между двумя соседними классами — классовый интервал — определяют по формуле [1]

$$i = \frac{Max - Min}{15(18)},$$

где *Max* — наибольшее значение признака в выборке;

*Min* — наименьшее значение признака в выборке.

Разность между наибольшим и наименьшим значениями признака в выборке (*Max* — *Min*) называется размахом вариативности признака в выборке. При получении дробной величины *i* ее округляют до 0,5 или до целого числа.

В нашем примере (см. табл. 1):

1. Рост

$$i = (170 - 150):15 = 1,33 \text{ см} \approx 1 \text{ см}$$

2. Обхват груди

$$i = (106 - 75):15 = 2,06 \text{ см} \approx 2 \text{ см}$$

3. Обхват талии

$$i = (90 - 60):15 = 2,00 \text{ см} \approx 2 \text{ см}$$

Это значит, что в один класс следует объединить значения длины тела, которые отличаются друг от друга не более чем на 1 см. Таким образом, вместо 60 отдельных значений можно записать 15 классов, в которые войдут все значения данного признака.

Далее определяют границы классов, т.е. начальное (нижнее) и конечное (верхнее) значения каждого класса. За начальное значение класса удобно взять целое число или число, оканчивающееся на 0,5. Границы классов определяют так, чтобы не возникло сомнений, к какому классу относится то или иное значение.

Ниже приведены результаты измерений по выбранным в программе измерениям.

После этого составляют таблицу, где в первую графу по вертикали записывают границы классов, во вторую графу — численность значений в каждом классе (табл. 2).

При большом числе классов (т.е. при малом классовом интервале) кривая будет иметь зигзагообразную форму, при малом числе классов (при большом классовом интервале) будет дана неполная характеристика вариационного ряда. Поэтому нужное число классов при построении кривой распределения определяется исходя из численности выборки (табл. 3) [1].

Определив число классов для заданной численности выборки, находят классовый интервал

Таблица 1.1. Значения длины тела (Р), см (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

<b>150</b>	<b>155</b>	158	160	164	167
<b>151</b>	156	158	160	164	<b>167</b>
<b>152</b>	156	<b>158</b>	<b>160</b>	<b>164</b>	168
153	<b>156</b>	159	161	165	168
153	157	159	<b>161</b>	165	<b>168</b>
<b>153</b>	157	159	162	<b>165</b>	169
154	157	<b>159</b>	<b>162</b>	166	169
<b>154</b>	157	160	163	<b>166</b>	<b>169</b>
155	<b>157</b>	160	163	167	170
155	158	160	<b>163</b>	167	<b>170</b>

Таблица 1.2. Значения обхват груди 3 (Ог3), см (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

75	80	83	87	89	<b>92</b>
75	<b>80</b>	84	87	89	93
76	81	<b>84</b>	88	90	<b>94</b>
<b>76</b>	81	85	88	90	95
77	81	85	88	<b>90</b>	<b>96</b>
77	82	86	88	91	<b>98</b>
77	82	86	88	91	<b>100</b>
78	<b>82</b>	<b>86</b>	<b>88</b>	91	<b>102</b>
<b>78</b>	83	87	89	92	<b>104</b>
79	83	87	89	92	<b>106</b>

Таблица 1.3. Значения обхват талии (От), см (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

60	64	67	70	74	78
60	64	<b>67</b>	70	74	78
60	64	68	70	74	79
61	64	68	71	75	80
<b>61</b>	65	68	<b>71</b>	<b>75</b>	82
62	65	68	72	76	84
62	<b>65</b>	69	72	76	<b>84</b>
63	66	69	72	<b>76</b>	86
63	66	69	73	77	88
<b>63</b>	67	<b>69</b>	<b>73</b>	<b>77</b>	<b>90</b>

$$i = \frac{Max - Min}{L}$$

Полученное значение интервала следует округлять.

Так, для рассматриваемого примера (см. табл. 1) численность выборки  $n=30$ ; число классов для данной численности по табл. 3 равно 7.

Минимальное значение длины тела в выборке равно 150, максимальное — 170 см; следовательно, классовой интервал для построения вариационной кривой распределения

$$i = (170,9 - 150) / 7 = 2,98 \text{ см} = 3 \text{ см.}$$

Минимальное значение обхват груди 3 в выборке равно 75, максимальное — 106,9 см; следовательно, классовой интервал для построения вариационной кривой распределения

$$i = (106,9 - 75) / 7 = 4,6 \text{ см} = 5 \text{ см.}$$

Минимальное значение обхват талии в выборке равно 60, максимальное — 91,9 см; следовательно, классовой интервал для построения вариационной кривой распределения

$$i = (91,9 - 60) / 7 = 4,6 \text{ см} = 5 \text{ см.}$$

Полученный классовой интервал в полтора раза больше, чем при построении вариационного ряда в табл. 2.



Таблица 2.1. Вариационный ряд длин тела (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.	Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.
150–150,9	1	161–161,9	2
151–151,9	1	162–162,9	2
152–152,9	1	163–163,9	3
153–153,9	2	164–164,9	3
154–154,9	2	165–165,9	3
155–155,9	3	166–166,9	2
156–156,9	3	167–167,9	4
157–157,9	5	168–168,9	4
158–158,9	4	169–169,9	3
159–159,9	4	170–170,9	2
160–160,9	6		n= 60

Таблица 2.2. Вариационный ряд по обхват груди 3 (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.	Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.
75–76,9	4	91–92,9	6
77–78,9	5	93–94,9	2
79–80,9	3	95–96,9	2
81–82,9	6	97–98,9	1
83–84,9	5	99–100,9	1
85–86,9	5	101–102,9	1
87–88,9	10	103–104,9	1
89–90,9	7	105–106,9	1
			n= 60

Таблица 2.3. Вариационный ряд по обхват талии (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.	Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.
60–61,9	5	76–77,9	5
62–63,9	5	78–79,9	3
64–65,9	7	80–81,9	1
66–67,9	5	82–83,9	1
68–69,9	8	84–85,9	2
70–71,9	5	86–87,9	1
72–73,9	5	88–89,9	1
74–75,9	5	90–91,9	1
			n= 60

Объединение значений признака в классы для построения вариационной кривой проводится по определенному правилу.

Для нашего примера нижней границей первого класса будет значение 150 см, а верхней границей класса — 152,9 см; второй класс будет включать значения от 153,0 до 155,9 см и так далее до 168,0–170,9 см (табл. 4.1.).

Всякий вариационный ряд можно изобразить графически. На графике вариационный ряд изображается вариационной кривой (кривой распределения).

При построении кривой распределения величину классового интервала определяют не таким способом, как при составлении вариационного ряда.

При построении кривой распределения на графике по оси абсцисс  $x$  откладывают средние значения каждого

Таблица 3. Определение числа классов при заданной численности выборки для построения вариационной кривой

Число случаев <i>n</i>	Число классов <i>L</i>	Число случаев <i>n</i>	Число классов <i>L</i>
Меньше 50	6	400–730	10
<b>50–100</b>	<b>7</b>	730–1460	11
100–190	8	1460–3030	12
190–400	9	3030–5880	13

Таблица 4.1. Вариационный ряд длин тела для построения кривой распределения (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.	Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.
150,0–152,9	3	162,0–164,9	8
153,0–155,9	8	165,0–167,9	9
156,0–158,9	12	168,0–170,9	8
159,0–161,9	12		n = 60

Таблица 4.2. Вариационный ряд обхват груди 3 для построения кривой распределения (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.	Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.
75–79,9	10	95–99,9	3
80–84,9	13	100–104,9	3
85–89,9	19	105–109,9	1
90–94,5	11		n = 60

Таблица 4.3. Вариационный ряд обхват талии для построения кривой распределения (женщины 17–19 лет, г. Бухара, 2014 г.)

Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.	Границы классовых интервалов, см	Число значений в каждом классе, ед.
60–64,9	14	80–84,9	4
65–69,9	16	85–89,9	2
70–74,9	13	90–94,9	1
75–79,9	10		n = 60

класса, которые равны сумме значений нижней и верхней границ каждого класса, деленной на два.

**1. Длина тела.** Так, среднее значение для первого класса будет  $(150,0 + 152,9)/2 = 151,45$  см ( $\approx 151,5$ ), для второго класса —  $154,45$  см ( $\approx 154,5$ ) и т. д.

**2. Обхват груди 1.2.** Так, среднее значение для первого класса будет  $(75,0 + 79,9)/2 = 77,45$  см ( $\approx 77,5$ ), для второго класса —  $82,45$  см ( $\approx 82,5$ ) и т. д.

**3. Обхват талии.** Так, среднее значение для первого класса будет  $(60,0 + 64,9)/2 = 62,45$  см ( $\approx 62,5$ ), для второго класса —  $67,45$  см ( $\approx 67,5$ ) и т. д.

На оси ординат *y* откладывают частоту встречаемости признака. Кривая распределения (вариационная кривая)

длины тела для данного примера изображена на рис. 1.

Анализируя форму вариационной кривой (или распределение численностей в вариационном ряду), можно обнаружить, что максимальная высота кривой (т.е. наибольшая численность) приходится на класс, который лежит посередине ряда. Вправо и влево от класса с максимальной численностью на кривой распределения (или вверх и вниз от этого класса в табл. 4) число значений признака в каждом классе постепенно убывает, имея наименьшие значения в первом и последнем классах. Подобная закономерность в вариативности значений признака в вариационном ряду наблюдается у всех антропометрических признаков. [2].

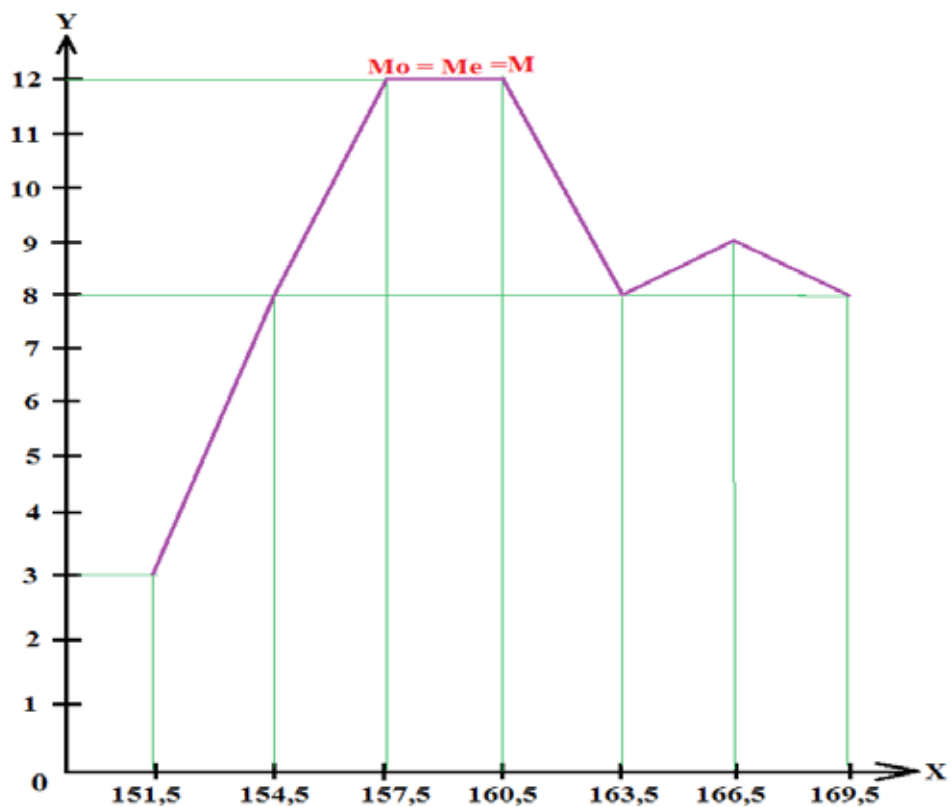


Рис. 1. Вариационная кривая по длин тела (женщины 17–20 лет)

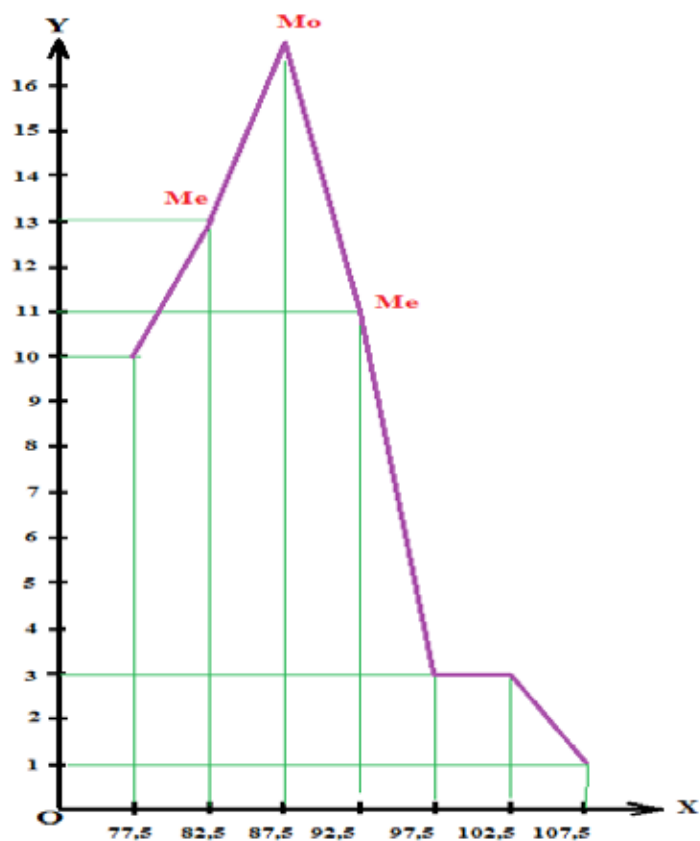


Рис. 2. Вариационная кривая по обхват груди 3 тела (женщины 17–20 лет)

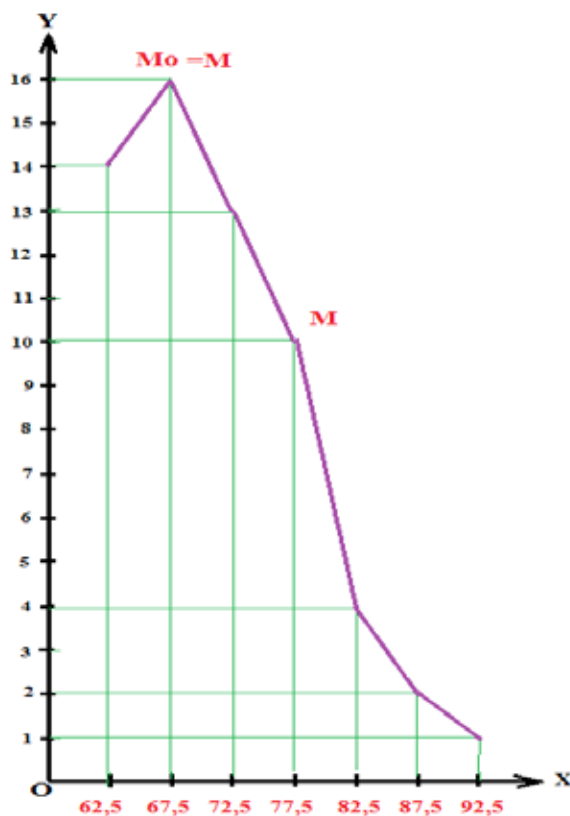


Рис. 3. Вариационная кривая по обхват талии тела (женщины 17–20 лет)

В данной статье подробно описано построение программы измерений, были проведены антропометрические измерения телосложения девушек студентов колледжа.

Были построены вариационного ряда и диаграммы кривых определяющих изменения параметров телосложения.

#### Литература:

1. Дунаевская, Т. Н. и др. Размерная типология населения с основами анатомии и морфологии человека/Дунаевская Т. Н., Коблякова Е. Б., Ивлева Г. С. М., 1980.
2. Проблемы размерной антропологической стандартизации для конструирования одежды/Куршакова Ю. С. Дунаевская Т. Н., Зенкевич П. И. и др. М., 1978.

## Способы построения гибридных систем управления

Шевко Денис Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент  
Дальневосточный государственный аграрный университет (г. Благовещенск, Амурская обл.)

Козюра Виктория Евгеньевна, заместитель директора общеобразовательного лицея;  
Павельчук Анна Владимировна, старший преподаватель  
Амурский государственный университет (г. Благовещенск)

*Приводятся методы построения гибридных нелинейно преобразованных систем прямого адаптивного управления.*

**Ключевые слова:** *прямое адаптивное управление, гибридные системы управления.*

Характерная особенность гибридных систем управления (ГСУ) заключается в том, что объект управления в них функционирует во времени непрерывно, а измерение выходных координат и подача управляющих воздействий происходят в дискретные моменты. В таких системах регулятор (управляющая ЭВМ) совместно с непрерывным объектом управления работает в режиме реального времени. По принципу действия ЭВМ является устройством дискретного времени, и процесс преобразования в ней сигнала описывается разностными уравнениями. Следовательно, математическая модель гибридной системы имеет вид дифференциально-разностных уравнений. Для исследования таких систем обычно выполняют переход к единой форме описания, т.е. как для регулятора (управляющего устройства), так и для объекта управления.

Существуют различные подходы к решению задачи синтеза гибридных систем прямого адаптивного управления.

Во-первых, один из них опирается на метод непрерывных моделей (метод усреднения), позволяющий использовать для исследования гибридных адаптивных систем управления, хорошо разработанные методы анализа и синтеза непрерывных систем управления. Основная идея метода непрерывных моделей заключается в том, что при исследовании гибридной стохастической системы производят замену исходной системы на ее непрерывную модель, которая является упрощенной, но сохраняющей основные свойства исходной системы. В частности, достоинство подобной замены заключается в том, что при рассмотрении исходной системы приходится иметь дело с нелинейными стохастическими уравнениями, исследование которых в дискретном варианте может быть достаточно сложным или неразрешимым, а решение этих же задач с использованием непрерывной модели исходной системы может оказаться относительно простым. В соответствии с этим методом система в целом рассматривается сначала как непрерывная, и для нее известными методами теории непрерывных систем разрабатывается закон управления. Затем выполняется переход к описанию полученного закона разностными уравнениями для цифровой реализации.

Известно, что для непрерывных систем управления, функционирующих в условиях априорной неопределенности, задача построения быстродействующих алгоритмов

может быть решена за счет применения метода нелинейного преобразования координат, разработанного Р.У. Брокеттом. Эти результаты можно применить и для разработки ГСУ. Действительно, если опираться на результаты синтеза аналоговых алгоритмов, то с помощью метода непрерывных моделей можно построить соответствующие дискретные алгоритмы. Однако недостатком такого подхода к синтезу ГСУ является относительно малый шаг дискретизации алгоритмов управления и адаптации.

Во-вторых, другой подход к построению ГСУ связан с дискретизацией уравнений непрерывной части системы управления и непосредственным синтезом дискретных алгоритмов, в частности, на основе критерия гиперустойчивости. При этом, рассматривая синтез дискретных адаптивных регуляторов как самостоятельную задачу и получая относительно большой шаг дискретизации, приходится констатировать тот факт, что применение нелинейных преобразований и аналитическое решение задачи разработки высокоэффективных дискретных алгоритмов для ГСУ встречает ряд существенных ограничений. Основные трудности при решении задачи синтеза возникают уже на начальных этапах построения системы управления, у которой требуется осуществить степенное преобразование дискретных фазовых координат линейной части системы. Так, если для линейной части непрерывной системы после степенного преобразования ее переменных пространства состояния этот же фрагмент системы (нелинейно преобразованный) можно вновь сделать линейным, за счет расширения и формирования нового пространства состояний, то для дискретной системы аналогичная задача в общем случае не может быть разрешена.

В-третьих, при синтезе ГСУ на основе критерия гиперустойчивости можно воспользоваться следующей последовательностью разработки систем прямого адаптивного управления: представление исходной системы в эквивалентной форме — в виде линейного стационарного блока прямой цепи и нелинейного нестационарного блока обратной связи; обеспечение строгой положительности передаточной матрицы линейной части системы; нелинейное преобразование эквивалентной системы и построение дискретных алгоритмов параметрической настройки регулятора; оценка выполнения целевых условий и свойств адаптивности системы; упрощение технической реали-

зации за счет исключения аналоговых вычислительных устройств из основного контура системы управления и выполнения всех вычислений с помощью цифрового вычислительного устройства. Однако, следует отметить, что данный подход также не лишен недостатков. Например, он не позволяет синтезировать ГСУ с запаз-

дываниями нейтрального типа и адаптивными последовательными компенсаторами.

Таким образом, развитие способов синтеза высокоэффективных ГСУ динамическими объектами, функционирующих в условиях априорной неопределенности, остается актуальной и важной научно-технической проблемой современной науки, требующей решения.

#### Литература:

1. Островерхий, В.В., Шевко Д.Г. // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. — 2011. — №53. — с. 69–73.
2. Шевко, Д. Г. Алгоритмы настройки для гибридной системы управления с запаздыванием // Молодой ученый. — 2014. — №19. — с. 262–263.
3. Шевко, Д. Г. Гибридная система прямого адаптивного управления неминимально-фазовым объектом // Информатика и системы управления. — 2002. — №1. — с. 112–120.
4. Шевко, Д. Г. Критерий гиперустойчивости и синтез нелинейно-преобразованных гибридных систем прямого адаптивного управления // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. — 2012. — №57. — с. 65–69.
5. Шевко, Д. Г. Метод синтеза гибридных систем адаптации // Молодой ученый. — 2014. — №21. — с. 251–253.
6. Шевко, Д. Г. Модели и алгоритмы нелинейно преобразованных гибридных систем прямого адаптивного управления: дис. ... канд. техн. наук. — Благовещенск, 2003. — 149 с.
7. Шевко, Д. Г. Модели и алгоритмы нелинейно преобразованных гибридных систем прямого адаптивного управления: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Хабаровск, 2003. — 20 с.
8. Шевко, Д. Г. Синтез алгоритмов самонастройки регулятора дискретной системы управления и сравнительный анализ качества процессов адаптации // Информатика и системы управления. — 2011. — №1. — с. 97–105.
9. Шевко, Д. Г. Синтез и нелинейные преобразования гибридных систем прямого адаптивного управления // Информатика и системы управления. — 2002. — №2. — с. 133–144.
10. Шевко, Д. Г., Козюра В. Е. Гибридная система управления с запаздыванием по состоянию // Молодой ученый. — 2015. — №1. — с. 113–115.

## Эффективность применения акустических экранов

Щадинский Александр Викторович, студент  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Актуальность и необходимость данной тематики, касающейся обсуждению одной из важнейших проблем человечества — перенасыщение звуковых эффектов и шумов во внешней окружающей среде, посредством которых возрастает общий уровень раздражителей. Учитывая довольно динамичный уровень жизни населения планеты — решение данной задачи, а именно максимально возможное уменьшение внешних шумовых раздражителей, и есть цель нашей работы. Рассмотрим основное изобретение человека по борьбе со звуком — Акустический экран.

Акустический экран — изобретение человека, запроектированное и сооружаемое в качестве звукового барьера. [1–22] Цель-снижение и защита жилых застроек от шума транспортных систем и других источников шума. Не менее важными являются и условиям безопасности движения, долговечность, эксплуатационные свойства, возможность быстрого и удобного монтажа, прекрасный внешний вид. Помимо шумозащитных свойств экран служит ещё и преградой от распространения вредных химических веществ и частиц тяжелых металлов [1].

#### Классификация

Кратко рассмотрим необходимость и возможность максимально выполнять тот спектр функций, который отведен Акустическим экранам.

Основной принцип акустической защиты экрана — отражение и поглощение звука. [4] Звуковая энергия на пути от источника шума к расчетной точке перераспределяется и уменьшается в результате следующих процессов:

- звуковая энергия отражается от поверхности и падает на акустический экран;
- энергия частично проходит через экран, а частично поглощается им (при наличии звукопоглощающей облицовки), или отражается от него;
- часть звуковой энергии дифрагирует на свободном ребре экрана.

Все существующие акустические экраны на данный момент на предмет используемого материала и принадлежащим им свойствам можно классифицировать по 3 группам:

— звукоотражающие — только отражают звуковую энергию. Отражающие свойства этих экранов определяются коэффициентом звукопоглощения равным от 0,01 до 0,04-они менее эффективны, в сравнении с экранами, смонтированными со звукопоглощающими материалами;

— звукопоглощающие — отражают и поглощают звуковую энергию. Коэффициенты звукопоглощения варьируются в пределах от 0,6 до 1,0;

— комбинированные — экраны выполнены из комплекса материалов, увеличивающие таким образом обзор и эстетику самого акустического экрана.

Акустические экраны — по сути сборная конструкция, включающая в себя 3 основных элемента: фундамента, опорные стойки и шумозащитные панели [8] и является индивидуальным для каждого конкретного случая и на то есть свои причины, а именно: место расположения, плечо от дороги до селитебной зоны, этажность, рельеф местности.

В свою очередь акустические экраны распределяются по своему назначению. Рассмотрим основные из них:

— защита от шума автотранспортных потоков;

— защита от шума железнодорожного транспорта;

— защита от шума стройплощадок, также трансформаторов, вентиляторов и холодильных камер.

### **Защита от шума автотранспортных потоков**

Шум от автомобильных дорог зависит от интенсивности (количество и скорость) движения, состава потока (доля легкового и грузового автотранспорта), состояние дорожного покрытия (бетон или асфальт) и погодных условий (дождь, снег). Уровень звука автотранспортного потока в час пик достигают 65–80 дБА [20]. Эффект снижения шума транспортного экрана правильно спроектированного и смонтированного 15–20 дБА [22].

На эффективность экрана вдоль автомобильных дорог влияет его высота, длина и близость к источнику шума. На практике в основном устанавливают высоту от 2,0 до 6,0 м, но в отдельных случаях, когда высотная жилая застройка приближена к источнику, высота экрана может достигать 7,0–8,0 м. Для достижения высокой эффективности экранов их устанавливают с обеих сторон автомобильной дороги, обязательно предусматривая звукопоглощающие элементы конструкции.

### **Защита от шума железнодорожного транспорта**

При движении железнодорожного транспорта возникает шум, интенсивность и частотные характеристики которого зависят от скорости движения, типа подвижного состава (грузовой или пассажирский), состояние рельсов и колесной пары, типа тормозов и типа железнодорожного пути. Уровень звука при движении подвижного состава при скорости 60–80 км/час составляет 80–90 дБА [20]. Эффективность акустического экрана достигает значения 8–12 дБА [22]. Экраны, устанавливаемые на железных дорогах, как правило, ниже, чем на автомобильных дорогах, так как они могут устанавливаться ближе к источнику шума. На практике в основном устанавливают высоту от 2,0 до 4,0 м при минимальном расстоянии 1,0–1,5 м. Они устанавливаются между железнодорожными путями и объектами защиты (жиливыми домами, гостиницами, больницами, школами и пр.), обеспечивая снижение шума до санитарных норм или запроектированных значений. Конструктивные решения акустических экранов должны быть архитектурно-выразительными и учитывать тип местности, на которой устанавливаются акустические экраны. Следует применять такие конструкции и внешнюю отделку акустических экранов, которые позволяют органично вписывать акустический экран в окружающий ландшафт.

### **Защита от шума стройплощадок**

Снижение шума от действующих стройплощадок надо предусматривать на стадии проектирования. Шум при строительстве вызывает дискомфорт у населения, проживающего вблизи площадки. При проведении строительных работ используются самосвалы, краны, бульдозеры, компрессорные станции и другое оборудование. Шум на стройплощадках зависит, в первую очередь, от специфики работ и удаленности от жилой застройки. Наблюдения показывают, что шум колеблется в пределах от 63 до 85 дБА [7].

Уменьшение шума строительства возможно посредством установки мобильного экрана вокруг строительной площадки. Экран представляет собой сборно-разборную конструкцию, состоящую из вертикальных металлических стоек, бетонных оснований и звукопоглощающих панелей. С помощью экрана можно добиться эффекта снижения шума от 8 до 17 дБА [11].

Шумовые нормы устанавливаются компетентными органами на основе накопленного опыта, в первую очередь, исходя из того, на сколько уровень шума влияет на здоровье и самочувствие людей, не оставляя без внимания социальные и экономические факторы.

Таким образом, нормы шума подвержены влиянию многих природных и антропогенных факторов, например, продолжительности воздействия шума, деятельности защищаемых от шума людей, характер источника шума.

И, как следствие, выше описанного напрашивается вывод о том, что необходимо разработать нормы и описание условий соблюдения норм. Нормативные разработки полагаются на теоретический и экспериментальный опыт.

Необходимо учесть следующую информацию:

- 1) характеристики шума;
  - 2) временные интервалы;
  - 3) описание данной местности;
  - 4) особенности зоны, где используют нормы шума;
  - 5) источник шума, цикличность;
- условия распространения звука от источника шума к микрофону;
  - соответствие нормативным значениям шума.

Мало кто задается вопросом, что такое шум и как его определить, а уж тем более предотвратить или, как минимум свести к допустимым значениям. Для измерения сего используют прибор — шумомер.

### **Шумомер**

Шумомер — прибор, измеряющий уровень звука и имеющий частотные характеристики А, В, С, D, Лин и временные характеристики F, S, I, Пик [5].

Диапазон частот измерений звука образует классификацию шумомеров по 3 классам:

- шумомеры 0 и 1-го классов: от 20 до 12500 Гц;
- шумомер 2-го класса: от 20 до 8000 Гц;
- шумомер 3 класса: от 31,5 до 8000 Гц [5].

В свою очередь номинальный диапазон частот достигает 20000 Гц. Шумомеры по условиям эксплуатации должны соответствовать 2, 3, 4, 5 или 6 группам по ГОСТ 22261—94 [3].

Звуки, например, вызываемые проезжающим автомобилем или пролетающим самолетом, носят характер однократных звуковых событий. Однократное звуковое событие характеризуется множеством физических величин, которым соответствуют уровни в децибелах. Характеристика частот не применяется для измерений шума, также источника импульсного шума высокой энергии или узкополосного шума. Больше применение получили следующие величины:

- воздействующий уровень шума при измерениях с заданной характеристикой частот;
- максимально принятый корректированный уровень давления звука;
- кульминационный уровень давления звука при измерениях с заданной характеристикой.

Время, в течение которого некоторая характеристика шума превышает какой-либо фиксированный уровень, является продолжительностью звукового события.

Как правило, единичные события имеют последовательное происхождение. Примером может служить шум пролетающего самолета возле аэропорта, шум поезда или автомобиля при транспортном потоке малой интенсивности. Оценочные эквивалентные уровни звукового давления определяют путем описания всех повторяющихся единичных событий, где используют уровни воздействия шума однократных событий и число этих событий.

Следовательно, уровень звукового давления источника непрерывного шума может быть постоянным, флуктуирующим или медленно изменяющимся в течение временного интервала. Яркими примерами источников непрерывного шума могут служить трансформаторы, вентиляторы и холодильные камеры. Непрерывный шум преимущественно характеризуют эквивалентным уровнем звука на заданном временном интервале. Флуктуирующий иначе прерывистый шум характеризует собой максимальный уровень звука, измеренный при заданной временной характеристике шумомера.

Имея представление, что же такое Акустический экран и область его применения плавно переходим к основному вопросу: на сколько эффективно применение акустических экранов, существующие методы расчета и возможные погрешности в расчетах.

### **Методы расчета шума. Погрешность**

Рассмотрим основные моменты, влияющие на работоспособность Акустических экранов [15].

Требуемую акустическую эффективность экрана следует обеспечивать при проектировании за счет надлежащего выбора его основных параметров — высоты, длины, конструктивного решения его верхней части, применения в панелях звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов, обеспечения целостности конструкции Акустических экранов, не допускающей щелей и отверстий, а также за счет рационального расположения акустического экрана относительно автомобильной дороги и защищаемых объектов. Расчеты акустических экранов производится согласно СП 20.13330 «СНиП 2.01.07 Нагрузки и воздействия».

В свою очередь, при размещении акустического экрана необходимо учитывать требования по обеспечению безопасности и видимости транспортных средств и пешеходов в соответствии с нормами СП 78.13330; СП 42.13330. Звукоизоляция панелей экрана должна быть определена аккредитованной испытательной лабораторией по ГОСТ 27296. Заявленные значения звукоизоляции панелей, а также коэффициента звукопоглощения для панелей, содержащих звукопоглощающий материал, следует определять и контролировать по методам, установленным ОДМ 218.2.013 (Приложения Г и Д). Допустимый прогиб панелей под собственным весом и/или приложенной ветровой нагрузкой принимается в соответствии с СП 20.13330.2011, но не должен превышать 20 мм. Так, например, из партии панелей выбирают



некоторое количество образцов и для каждого, создавая одинаковые условия, проводят до 25 измерений звукоизоляции по ГОСТ 27296 определяя значения звукоизоляции в октавных полосах частот.

Оценочный эквивалентный уровень звукового давления — есть основная характеристика шума. Не менее важны такие характеристики, как максимальный уровень звукового давления, пиковый (корректированный уровень воздействия шума) уровень звукового давления.

Частотные характеристики. Помимо источников импульсного шума высокой энергии или сильных низкочастотных источников шума в общем случае частотную характеристику используют для оценки всех источников шума.

Корректированные уровни. Разновидностью оценочного уровня при единичных звуковых событиях является корректированный уровень. Для них используют те же обозначения, что и для оценочного уровня, в подстрочных индексах указывая номера звукового события, номера вида шума или номера источника.

Корректированный уровень воздействия шума. Следующий метод может быть использован в случае, если уровни воздействия единичных звуковых событий могут быть измерены по отдельности или рассчитаны. Кроме источников импульсного шума высокой энергии или сильных низкочастотных источников, для любого единичного звукового события  $i$ , корректированный уровень воздействия шума  $L_{REij}$ , дБ, определяется как сумму уровня воздействия шума  $L_{Eij}$  и коррекции  $K_j$ , для  $j$ -го источника шума (вида шума) по формуле [1]:

$$L_{REij} = L_{Eij} + K_j \tag{1}$$

В случае, если единичные звуковые события не могут быть выделены на фоне шума других источников.

Корректированный эквивалентный уровень звукового давления (или оценочный уровень)  $L_{Reqj, Tn}$ , дБ,  $j$ -го источника на временном интервале  $T_n$  определяется как сумма эквивалентного уровня звука  $L_{Aeqj, Tn}$  и коррекция  $K_j$  для  $j$ -го источника (вида шума) по формуле [1]:

$$L_{Reqj} = L_{Aeqj, Tn} + K_j. \tag{2}$$

Только при наличии данного вида шума следует применять коррекции по видам шума. Например, если тональный шум заметен, то должна быть выполнена коррекция на тональность шума.

Оценочные уровни. Один источник шума. Если в течение временного интервала  $T_n$  действует только один источник шума  $j$ , то оценочный эквивалентный уровень звукового давления  $L_{Reqj, Tn}$ , дБ, рассчитывают по формуле (3), подставляя в нее корректированный уровень [1]:

$$L_{Reqj, Tn} = 10 \lg \left( \frac{1}{T_n} \sum_I 10^{L_{REij} / 10} \right), \tag{3}$$

Комбинация источников. Оценочный уровень можно определить для любого временного интервала. Интервалы действия источников могут перекрываться, что не оказывает влияния на оценочный уровень. В общем случае временной интервал состоит из суммы интервалов  $T_{nj}$  действия каждого из источников  $j$ . Продолжительность интервала  $T_{nj}$  выбирают таким образом, чтобы коррекция в этом интервале при расчете  $L_{Reqj, Tn}$  была постоянной величиной. Для разных источников интервал  $T_{nj}$  может быть различным. Оценочный эквивалентный уровень звукового давления  $L_{ReqT}$ , дБ, рассчитывают по формуле [1]

$$L_{ReqT} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_n \sum_i T_{nj} 10^{L_{Reqj, T_{nj}} / 10} \right) \tag{4}$$

где суммарное время работы  $T$  всех источников  $j$  определяют по формуле

$$T = \sum_n T_{nj}. \tag{5}$$

Комбинированные суточные оценочные уровни. На селитебной территории следующим широко используемым методом определения шума является метод оценки суточного уровня в различные периоды одних суток, как, например, оценочный уровень в периоде «день-ночь»  $L_{Rdn}$ , дБ, определяют по формуле [4]:

$$L_{Rdn} = 10 \lg \left[ \frac{d}{24} 10^{(L_{Rd} + K_d) / 10} + \frac{24 - d}{24} 10^{(L_{Rn} + K_n) / 10} \right] \tag{6}$$

где  $d$  — продолжительность дня, ч;

$L_{Rd}$  — дневной оценочный уровень с учетом коррекций на источник и характер шума, дБ;

$L_{Rn}$  — ночной оценочный уровень с учетом коррекций на источник и характер шума, дБ;

$K_d$  — коррекция на выходные дни, если применяется, дБ;

$K_n$  — коррекция на ночь, дБ.

В периоде «день-вечер-ночь»  $L_{Rden}$ , дБ для определения оценочного уровня, может быть использована аналогичная формула [1]:

$$L_{Rden} = 10 \lg \left[ \frac{d}{24} 10^{(L_{de} + K_e)/10} + \frac{e}{24} 10^{(L_{ne} + K_e)/10} + \frac{24 - d - e}{24} 10^{(L_{me} + K_e)/10} \right] \quad (7)$$

где  $e$  — число вечерних часов;

$L_{Re}$  — вечерний оценочный уровень с учетом коррекций на источник и характер шума, дБ;

$K_e$  — коррекция на вечерние часы.

Компетентные органы определяют продолжительность дня и время его начала.

Итак, определяя заявленные значения звукоизоляции акустических панелей и коэффициент звукопоглощения панелей отражающее — поглощающих акустических экранов во внимание принимают следующее:

погрешность метода измерений. Характеризуется погрешность стандартной неопределенностью повторяемости результатов измерений, которые получены на одном и том же образце акустической панели при одинаковых условиях (например, при повторном применении одного и того же метода измерений в течение короткого промежутка времени между измерениями в одном и том же испытательном помещении, одним и тем же оператором, с использованием одного и того же испытательного оборудования).

нестабильность процесса производства, характеризуемая стандартной неопределенностью стабильности производства, для оценки которой проводят измерения звукоизоляции и коэффициента звукопоглощения панелей в одной лаборатории в одинаковых условиях, как они определены выше для оценки неопределенности повторяемости, на нескольких образцах акустических экранов из одной партии;

суммарные стандартные неопределенности измеренных значений звукоизоляции и коэффициента звукопоглощения акустических панелей.

### Заключение

Расчёты по действующим нормативам для определения необходимой формы и высоты Акустических экранов не выполняются на практике. Этому есть несколько причин: множество допущений в нормативах, нарушение технологий возведения Акустических установок, нарушение эксплуатации, человеческий фактор.

А главное и основное, на что следует обратить внимание, что тех накопленных знаний и опыта в изучении уровня звука недостаточно для оценки тонального, импульсного или сильного низкочастотного шума. И, как следствие, для долгосрочного прогнозирования раздражающего воздействия некоторых из этих видов шума прибавляют соответствующую коррекцию в децибелах к уровню звука или эквивалентному уровню звука. И, совершенно справедливо сказать о том доказательстве, что различные транспортные или промышленные шумы оказывают неодинаковое раздражающее воздействие при одном и том же эквивалентном уровне звука.

### Литература:

1. ГОСТ Р 51943—2002. «Экраны акустические для защиты от шума транспорта», Гостстандарт России, М., 2002 г.;
2. ГОСТ 17187—81. «Шумомеры», М., 1981 г.;
3. ГОСТ 22261—94. «Средства измерения электрических и магнитных величин. Общие технические условия», Минск, 1994 г.;
4. ГОСТ 54931—2012. «Экраны акустические для железнодорожного транспорта», М., 2013 г.;
5. ГОСТ 31296.1—2005 (ИСО 1996—1:2003). «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности», М., 2008 г.;
6. ТРТС 014/2011. «Безопасность автомобильных дорог», Настоящий технический регламент Таможенного союза разработан на основании Соглашения о единых принципах и правилах технического регулирования в Республике Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации от 18 ноября 2010 года.;
7. МГСН 2.04.97. «Допустимые уровни шума и вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях», М., 1997 г., Москомархитектура;
8. Пособие к МГСН 2.04.97. «Проектирование защиты от шума и вибрации инженерного оборудования, в т. ч. во встроенные ИТП, в жилых и общественных зданиях», М., 1998 г., Москомархитектура;
9. ГОСТ 30690—2000. «Экраны акустические передвижные. Методы определения ослабления звука в условиях эксплуатации», М., 2000 г., ФГУП ЦПП;
10. СНИП 23.03—2003 «Защита от шума», М., 2004 г., ФГУП ЦПП;

11. СП 13330.2010 Актуализированная редакция «Защита от шума», М., 2011 г., ФГУП ЦПП;
12. ИСО 7196:1995 «Акустика. Частотные характеристики при измерении инфразвука»;
13. Berry, V.F. and Bisping R. CEC joint project in impulse noise: Physical qualification methods Proc. 5Th Intl. Congresson Noise as a Public Healhe Problem, 1998;
14. ГОСТ 20444–2005. «Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики», М., 2005 г.;
15. ИСО 10847–97. «Акустика. Определение эффективности акустических экранов всех типов на месте установки на открытой местности», М., 1997 г.;
16. Arenas, J. P. Use of Barriers: Handbook Noise and Vibration Control/Ed. Malcolm J. Crocker; John Willy, N/Y, 2007;
17. XXVII Сессия Российского Акустического общества, посвященная памяти ученых-акустиков. ФГУП «Крыловский государственный научный центр». А. В. Смольякова и
18. В. И. Попкова, Санкт-Петербург, 16–18 апреля 2014 г. Н. В. Тюрина «Исследование акустических экранов»;
19. Иванов, Н. И., Семенов Н. Г., Тюрина Н. В. «Акустические экраны для снижения шума в жилой застройке», «Безопасность жизнедеятельности», апрель №4/2012;
20. Иванов, Н. И. «Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом», 3-е издание, переработанное и дополненное, М, Логос, 2013г;
21. Министерство Транспорта Российской Федерации. Государственная компания «Российские автомобильные дороги», ООО «Прогресс Строй». Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка комплекса проектов межгосударственных стандартов: ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Акустические экран. Технические требования» и ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Акустические экраны. Методы контроля» (1 этап), М., 2013г;
22. Технический регламент Таможенного Союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011);
23. ОДМ 218.2.013–2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам», М., 2011 г..

# Молодой ученый

Научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 7 (87) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметова Г. Д.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Авдеюк О. А.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Игнатова М. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матроскина Т. В.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенюшкин Н. С.  
Ткаченко И. Г.  
Яхина А. С.

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я.

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

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

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

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

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