

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Выпуск № 2(23) 2021

**ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ СТАТЬИ
ОБРАЩАТЬСЯ
В РЕДАКЦИЮ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА**

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2133;

тел.: +7(473)2-71-53-21;

e-mail: gik_vgasu@mail.ru.

Ознакомиться с *электронной версией журнала* можно на сайте:

[http:// journal-gik.wmsite.ru](http://journal-gik.wmsite.ru)



Ознакомиться с *полнотекстовой версией журнала* можно на сайте
Российской универсальной научной электронной библиотеки:

<http://www.elibrary.ru>



ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ИНФРАСТРУКТУРА КОММУНИКАЦИИ

Выпуск № 2(23)

Июнь, 2021

- ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
- ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
- АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
- ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ
- ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ
- ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
- ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
- ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
- СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
- ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)

Воронеж



**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Научный журнал

Издается с 2015 года

Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». Территория распространения - Российская Федерация.

Статьи рецензируются, проверяются в программе «Антиплагиат» и регистрируются в **Российском индексе научного цитирования**. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: **Колосов А. И.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

**Заместители
главного редактора:** **Скляр К. А.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет
Тульская С. Г., канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

Бондарев Б. А., д-р техн. наук, проф., Липецкий государственный технический университет

Енин А. Е., канд. арх., доц., Воронежский государственный технический университет

Осипова Н. Н., д-р техн. наук, доц., Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.

Зубков А. Ф., д-р техн. наук, проф., Тамбовский государственный технический университет

Калгин Ю. И., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет

Капустин П. В., канд. арх., доц., Воронежский государственный технический университет

Козлов В. А., д-р физ.-мат. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

Кузнецов С. Н., д-р техн. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

Куцев Л. А., д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Леденев В. И., д-р техн. наук, проф., Тамбовский государственный технический университет

Лобода А. В., д-р физ.-мат. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

Подольский Вл. П., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет

Самодурова Т. В., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет

Чесноков Г. А., канд. арх., доц., Воронежский государственный технический университет

Редактор: *Петрикеева Н. А.* Отв. секретарь: *Аралов Е. С.* Дизайн обложки: *Чуйкина А. А.*

Дата выхода в свет 30.06.2021. Усл. печ. л. 6,51. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 99

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Цена свободная

АДРЕС УЧРЕДИТЕЛЯ И ИЗДАТЕЛЯ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2133;

тел.: (473)2-71-53-21; e-mail: gik_vgasu@mail.ru

ОТПЕЧАТАНО: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	6
<i>Мартыненко Г. Н., Авдеева Т. В., Ермоленко М. С., Рязанцева А. А.</i> Повышение надежности функционирования газораспределительных сетей на основе применения теории вероятности.....	6
<i>Тульская С. Г., Панов М. Я., Долгих А. А., Кузнецов С. Н.</i> Анализ низкотемпературной сепарации для осушки газа в магистральных трубопроводах.....	12
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	20
<i>Юдина А. А., Шипилова И. А.</i> Нормативно-девиантные и диагностические задачи строительно-технической экспертизы при определении причин и механизмов разрушения здания.....	20
<i>Круглякова В. М., Логачева Д. В.</i> Современные приоритеты инвестиционной деятельности в строительстве.....	25
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА	30
<i>Колосова Н. В., Федорова Н. П., Лантиев А. В.</i> Анализ и оценка воздействия на окружающую среду предприятий нефтяного комплекса.....	30
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ	37
<i>Калинина А. И., Коровкина А. И., Дядина А. В.</i> Анализ методов воздействия на нефть с высокой вязкостью флюидов.....	37
<i>Вобленко С. Ю., Бредихин И. И., Забродин Д. С., Агапов Д. Ю.</i> Определение затрат на эксплуатацию системы охлаждения газа при оптимальном режиме работы	44
ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)	48
<i>Дудкина Ж. А., Головина Е. И.</i> Анализ вредных и социальных факторов производства синтетического каучука.....	48
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ	55

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 621.398

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ

Г. Н. Мартыненко, Т. В. Авдеева, М. С. Ермоленко, А. А. Рязанцева

*Воронежский государственный технический университет**Г. Н. Мартыненко, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)459-09-07, e-mail: glen2009@mail.ru**Т. В. Авдеева, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)776-59-24, e-mail: avdeeva.tatyana1999@mail.ru**М. С. Ермоленко, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(961)172-15-82, e-mail: michael19sh@mail.ru**А. А. Рязанцева, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(919)189-41-48, e-mail: svryazanceva@gmail.com*

Постановка задачи. Повышение эффективности работы обходчиков газового хозяйства происходит в соответствии с маршрутными картами, которые оптимизируются с целью снижения количества поломок и аварий на газораспределительных сетях. Оптимизация достигается расчетом вероятностей отказа участков газовых сетей, составляющих конкретные направления движения газа к потребителям.

Результаты и выводы. Проведен расчет и анализ вероятностей отказа различных участков и ответвлений газовой сети. С учетом приведенных расчетов вероятностей отказа оборудования можно составить порядок обхода газовых участков по маршрутным картам, что значительно повысит эффективность выполняемой обходчиками работы, а также уменьшит количество аварий на газовых участках. Подобный расчет может быть применен при расчете инженерных сетей различного назначения как на этапе проектирования, так и этапе эксплуатации.

Ключевые слова: вероятностный подход, газораспределительные системы, отказ, элементы сети.

Введение. Газораспределительные сети должны обеспечивать надёжную и бесперебойную подачу расчётного количества газа потребителям. В настоящее время проблема поломки и отказа газораспределительных систем является актуальной, так как в случае аварии на газопроводе потребителям поступает заниженное или завышенное количество газа, что может привести к чрезвычайным ситуациям. Путём решения данной проблемы является повышение эффективности работы обходчиков газового хозяйства, что, в свою очередь, позволит снизить количество поломок и аварий на газораспределительных сетях. Повысить эффективность работы обходчиков можно путём применения теории вероятностей для расчёта вероятностей отказа на участках газораспределительной сети и у конечных потребителей.

1. Маршрутная карта. Для проверки газопроводных сетей обходчики применяют маршрутные карты, которые представляют собой схемы трасс газопроводов с привязками в

определенных точках, а также отметки населенных пунктов. Пример маршрутной карты представлен на рис. 1.

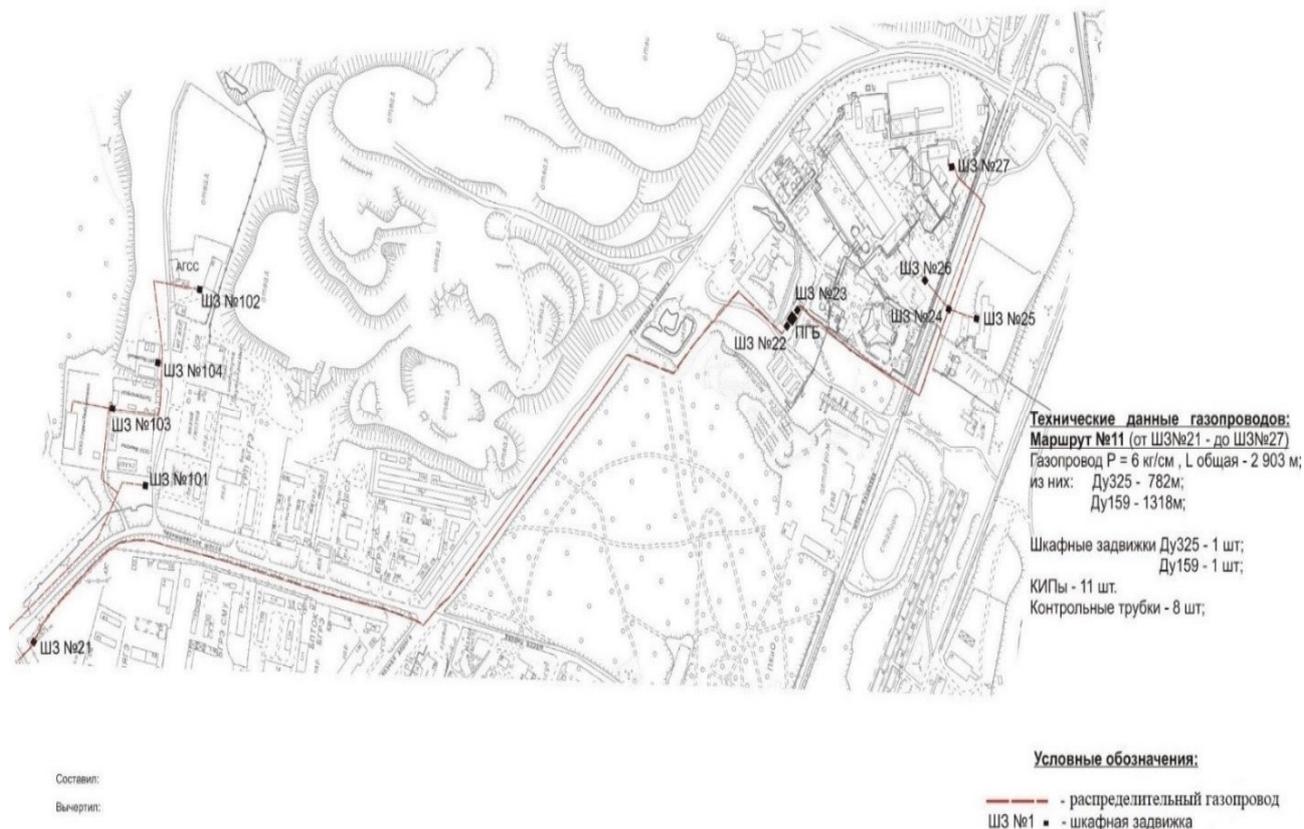


Рис. 1. Схема маршрутной карты для обхода участка газовой сети [1]

Маршрутные карты оформляются в двух экземплярах. На них обычно указывают: улицы, нумерацию домов, газопроводы, пересечения с различными преградами, газораспределительные станции, пункты редуцирования и учета расхода газа, различные сооружения и устройства, установленные на газопроводах, средства защиты газопроводов и контрольно-измерительные пункты, различные потребители и предприятия, инженерные коммуникации, установленные расстояния на определенных и нормируемых расстояниях.

Периодичность осмотра различных газопроводов зависит от следующих критериев:

- стальные или полиэтиленовые;
- надземные или подземные;
- со сроком службы до 15 лет или выше;
- низкого или среднего (высокого) давления;
- в селитебной зоне или нет.

Подобные факторы влияют на периодичность и очередность обхода газовых сетей, но в настоящее время газовые сети включают в себя большое количество различных ответвлений, колец, устройств и сооружений разного типа для очистки и редуцирования газа, защиты от коррозии [2, 3, 4].

Из-за роста протяженности и мощности сетей уменьшается их надежность и повышается количество отказов и аварий на различных участках. Вследствие этого системы газоснабжения нужно спроектировать, учитывая требования к уровню надежности. Эксплуатация должна происходить также с соблюдением необходимого уровня надежности в течение срока службы системы. Для решения этих задач предлагается использовать теорию вероят-

ности отказов элементов газораспределительной системы как при проектировании, так и при эксплуатации систем газоснабжения, используя соответствующие методики расчета.

2. Расчёт надёжности газоснабжения отдельных потребителей. Надёжность газораспределительной системы газоснабжения – это способность доставлять потребителю требуемое количества газа заданных параметров с учетом нормальных условиях эксплуатации систем в определенный период времени [4].

Обычно под надёжностью технических устройств понимают безотказную работу элемента или системы в целом в течение заданного промежутка времени $P(t)$. Для повышения надёжности было создано несколько способов. Первый – это повышение качества, а как следствие, и надёжности элементов, входящих в систему. Чаще всего этот путь используется для повышения надёжности систем газоснабжения. Но иногда из-за невозможности его применения, прибегают ко второму пути – резервированию. Он применим для повышения надёжности самой системы в целом, а не ее отдельных элементов [5, 6].

Газовые сети являются ремонтируемыми, поэтому их можно назвать ремонтпригодными, а значит, существует возможность обнаружить и устранить различные возникшие отказы и неисправности при помощи технического обслуживания и ремонта. Основным фактором ремонтпригодности системы является время ремонта отказавшего элемента tr , а одной из главных элементов, характеризующих надёжность, является интенсивность отказов λ , которая определяется как вероятность элемента, проработавшего безотказно время t , отказывает в работе в последующий момент dt .

Отказ на сети приводит к аварии, из-за этого возникает необходимость в отключении отдельных потребителей. Для того чтобы рассчитать частоту отключения потребителя i от длины сети необходимо определить вероятность отключения в течении года.

Вероятность отключения i -го потребителя в течении года определяется зависимостью

$$q_{omki} = 1 - e^{-\sum kw_k}, \quad (1)$$

где $e^{-\sum kw_k}$ – сумма параметров потока отказов элементов, входящих в зону сети, отказ которой приводит к отключению потребителей [6].

Вероятность отключения, как правило нормируется значением $q_{omki}^{норм} = 0,005$, для которого должно выполняться следующее условие $q_{omki} \leq q_{omki}^{норм}$.

Если оно не выполняется, значит вероятность отказа велика и необходимо уменьшать длину сетей либо количество оборудования на ней.

Вероятность отказа на i -м участке определяется зависимостью

$$w_i = w_r \cdot l_r + w_{об}, \quad (2)$$

где w_r – коэффициент отказа; l_r – длина ответвления; $w_{об}$ – вероятность отказа оборудования на рассматриваемом ответвлении.

3. Пример расчета участка сети Коминтерновского района г. Воронежа. В данной работе был рассмотрен участок газовой распределительной сети, расположенной в Коминтерновском районе г. Воронежа. Схема сети представлена на рис. 2.

Данная газораспределительная сеть состоит из газопроводов старше 15 лет и младше 15 лет, включает в себя 18 конечных участков

В качестве запорной арматуры установлены стальные задвижки. Параметр потока отказов принимается исходя из возраста газопроводов. Для газопроводов старше 15 лет параметр потока отказов принимается равным $3,27 \cdot 10^{-3}$ 1/(км·год), младше 15 лет – $2 \cdot 10^{-3}$ 1/(км·год). Для запорной арматуры – стальных задвижек – параметр потока отказов принимается $0,5 \cdot 10^{-3}$ 1/год для газопроводов старше 15 лет и $0,3 \cdot 10^{-3}$ 1/год для газопроводов младше 15 лет [6].



Рис. 2. Схема газовой распределительной сети

Произведён расчёт вероятностей отказа на отдельных участках газопровода. Результаты расчёта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вероятности отказов по участкам газораспределительной сети

Номер участка	Длина участка, км	Параметр потока отказов для газопровода, 1/(км·год)	Параметр потока отказов для арматуры на участке, 1/год	Вероятность отказа на участке
1-2	0,028	0,00327	0,0005	0,00059
2-3	0,055	0,00327	0,0005	0,00068
3-4	0,099	0,00327	0,0005	0,00082
4-5	0,094	0,00327	0	0,00031
5-6	0,095	0,00327	0,0005	0,00081
6-7	0,097	0,00327	0	0,00032
3-11	0,495	0,00327	0,0005	0,00212
4-12	0,391	0,00327	0,0005	0,00178
5-13	0,386	0,00327	0,0005	0,00176

Продолжение табл. 1

Номер участка	Длина участка, км	Параметр потока отказов для газопровода, 1/(км·год)	Параметр потока отказов для арматуры на участке, 1/год	Вероятность отказа на участке
6-14	0,379	0,00327	0,0005	0,00174
7-15	0,374	0,00327	0,0005	0,00172
7-16	0,908	0,00327	0,0005	0,00347
2-8	0,056	0,00327	0,0005	0,00068
8-9	0,096	0,00327	0	0,00031
9-10	0,09	0,00327	0,0005	0,00079
8-17	0,369	0,00327	0,0005	0,00171
9-18	0,302	0,00327	0,0005	0,00149
10-19	0,181	0,00327	0,0005	0,00109
10-20	0,287	0,00327	0,0005	0,00144
3-21	0,263	0,002	0,0003	0,00083
21-22	0,098	0,002	0,0003	0,00050
22-23	0,094	0,002	0,0003	0,00049
23-24	0,096	0,002	0	0,00019
22-28	0,217	0,002	0,0003	0,00073
23-29	0,216	0,002	0,0003	0,00073
24-30	0,221	0,002	0,0003	0,00074
24-31	0,71	0,002	0,0006	0,00202
21-25	0,113	0,002	0,0003	0,00053
25-26	0,098	0,002	0,0003	0,00050
26-27	0,103	0,002	0	0,00021
25-32	0,218	0,002	0,0003	0,00074
26-33	0,212	0,002	0,0003	0,00072
27-34	0,184	0,002	0,0003	0,00067
27-35	0,161	0,002	0,0003	0,00062

Также произведён расчёт вероятностей отключения отдельных ответвлений. Результаты расчёта представлены в табл. 2.

Таблица 2

Вероятности отключения ответвлений

Номер ответвления	Сумма вероятностей отключения участков на ответвлении	Вероятность отключения ответвления
1-2-3-11	0,00339	0,00338
1-2-3-4-12	0,00387	0,00387
1-2-3-4-5-13	0,00416	0,00416
1-2-3-4-5-6-14	0,00495	0,00494
1-2-3-4-5-6-7-15	0,00525	0,00524

Номер ответвления	Сумма вероятностей отключения участков на ответвлении	Вероятность отключения ответвления
1-2-3-4-5-6-7-16	0,00700	0,00698
1-2-8-17	0,00298	0,00298
1-2-8-9-18	0,00308	0,00307
1-2-8-9-10-19	0,00347	0,00347
1-2-8-9-10-20	0,00382	0,00381
1-2-3-21-22-28	0,00333	0,00332
1-2-3-21-22-23-29	0,00381	0,00381
1-2-3-21-22-23-24-30	0,00402	0,00401
1-2-3-21-22-23-24-31	0,00529	0,00528
1-2-3-21-25-32	0,00336	0,00335
1-2-3-21-25-26-33	0,00384	0,00384
1-2-3-21-25-26-27-34	0,00399	0,00399

Выводы. Вопросы управления функционированием систем газоснабжения рассматривались во многих работах [2, 3, 5, 6], однако применение теории вероятности для решения ряда задач не затрагивалось. Таким образом, с учетом приведенных расчетов вероятностей отказа оборудования на участках направления газораспределительных сетей Коминтерновского района г. Воронежа, появляется возможность составить порядок обхода газовых участков для обходчиков газового хозяйства. Это значительно повысит успешность выполняемой ими работы, уменьшит количество аварий на газовых участках и повысит эффективность всей работы газового хозяйства. Помимо этого, возрастет надежность функционирования отдельных направлений газоснабжения, что является неотъемлемым требованием в газовом хозяйстве. Подобный расчет может быть применен при расчете инженерных сетей другого назначения на этапе проектирования и эксплуатации.

Библиографический список

1. URL: <http://2018.мирный-сахар.рф/gazifikaciya.html> (дата обращения 22.04.2021).
2. Оценка надежности газоснабжения отдельных потребителей с использованием цифрового моделирования / Г.Н. Мартыненко, Н.А. Петрикеева, С.А. Горских, А.А. Горских // В сборнике: Альтернативная и интеллектуальная энергетика. Материалы II Международной научно-практической конференции. 2020. С. 159–160.
3. Оптимальный синтез гидравлических трубопроводных систем в области оперативного управления / Г.Н. Мартыненко, М.Я. Панов, В.И. Щербаков, И.П. Давыдова // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 2 (542). С. 78–83.
4. Использование системы matlab для моделирования процесса управления функционированием систем газоснабжения / М.Я. Панов, Г.Н. Мартыненко, В.В. Ухлова, А.И. Колосов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1 (367). С. 239–243.
5. Лукьяненко В.И., Мартыненко Г.Н., Панов М.Я. Оперативное управление функционированием городских систем газоснабжения // В сборнике: Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения. Труды научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. 2012. С. 89–94.
6. Панов М.Я., Мартыненко Г.Н. Многофакторный анализ городских систем газоснабжения // Газовая промышленность. 2003. № 4. С. 38–39.

Для цитирования: Повышение надежности функционирования газораспределительных сетей на основе применения теории вероятности / Г.Н. Мартыненко, Т.В. Авдеева, М.С. Ермоленко, А.А. Рязанцева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2(23). С. 6–11.

АНАЛИЗ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ДЛЯ ОСУШКИ ГАЗА В МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

С. Г. Тульская, М. Я. Панов, А. А. Долгих, С. Н. Кузнецов

Воронежский государственный технический университет

С. Г. Тульская, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: tcdtnkfyf2014@yandex.ru

М. Я. Панов, д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

А. А. Долгих, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(919)236-24-60, e-mail: Alechka18_3@mail.ru

С. Н. Кузнецов, д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

Постановка задачи. Транспортировка газа с помощью трубопроводного транспорта удобна и довольно проста в эксплуатации. Трубопроводный транспорт имеет свои недостатки и проблемы, такие как гидратообразование и возникновение ледяных пробок в системе. Процесс ведёт к быстрой коррозии труб и нарушению работы системы в целом, вплоть до аварий. Благодаря осушке газа из транспортируемой среды можно удалить как водяной пар, так и капельную влагу.

Результаты. Основная задача статьи - выявить наиболее эффективный метод осушки газа. Результатом анализа нескольких методик осушки газа станет выявление наиболее рентабельного и эффективного способа. Этому поспособствует сравнение плюсов и минусов различных способов и выявление двух самых выгодных, из которых в ходе данной работы будет выявлен один.

Выводы. Низкотемпературная сепарация газа с использованием турбодетандера в данном варианте по материально-тепловому балансу подходит под все заданные критерии газа. Сравнение затрат на строительство, безусловно, с первого взгляда не даёт этой схеме преимуществ, но не стоит забывать об эксплуатационных вложениях в объекты подземных хранилищ газа (ПХГ). Благодаря общему взгляду на все составляющие и был выбран этот способ, как наиболее эффективный.

Ключевые слова: осушка газа, низкотемпературная сепарация, турбодетандер, подземные хранилища газа.

Введение. Если газ не прошёл газоподготовку, то при фиксированных давлениях и температуре он имеет в своём составе максимум воды, то есть является влагонасыщенным. Вода в составе газа может быть в разных формах. Капельная влага удаляется из газовой среды с помощью сепараторов, но для выведения водяных паров требуются совершенно другие технологии. Для непрерывной эксплуатации газопроводов нужно, чтобы в них не возникало кристаллогидратов и ледяных пробок, так же требуется поддержание точки росы. Всё это достигается осушкой газа [1, 2].

Основные варианты осушки газа в зависимости от различного технологического оборудования и структуры промплощадки:

- НТС с применением турбодетандерного агрегата (ТДА);
- НТС с применением холодильной установки;
- НТС с использованием перепада давления на клапане-регуляторе (дроссель-эффект или коэффициент Джоуля-Томсона);
- абсорбционная установка с применением ДЭГа.

Низкотемпературная сепарация газа (НТС) – промышленная обработка природного газа, направленная на извлечение из него газового конденсата. Методика процесса состоит в ступенчатой сепарации газожидкостной смеси с применением низких температур на по-

следней ступени сепарации и рекуперацией холода, получаемого за счет энергии пласта или холодильного цикла [3].

Она допускает наличие неуглеводородных компонентов в газе, позволяет обеспечить точку росы газа по воде и углеводородам в соответствии с требованиями нормативной литературы и уровень извлечения конденсата ($C_5H_{12+высш.}$) до 97 % (точка росы по углеводородам соответствует температуре сепарации). Также НТС применяется в любой климатической зоне [3,4].

Турбодетандер – это расширительная динамическая машина лопаточного типа, в ней происходит адиабатическое расширение потока газа с совершением внешней механической работы. Понижению давления и температуры газа способствует расширение газа с отводом энергии. По сравнению с дросселем турбодетандер обеспечивает гораздо низкие температуры газа на выходе при той же величине падения давления.

Эффект Джоуля-Томсона – изменение температуры газа в результате медленного протекания его под действием постоянного перепада давления сквозь дроссель. Под дросселем можно понимать различные местные препятствия потоку газа, такие как капилляр, вентиль или пористую перегородку, расположенную в трубе на пути потока. Дросселирование – адиабатический процесс, то есть происходит без теплообмена газа с окружающей средой.

При абсорбционной осушке газа применяются гликоли, а для извлечения тяжелых углеводородов – углеводородные жидкости. Абсорбенты должны обладать высокой взаиморастворимостью с водой, простотой и стабильностью при регенерации, низкой вязкостью при температуре контакта, невысокой коррозионной способностью, не образовывать пен или эмульсий. На современных промыслах чаще применяют диэтиленгликоль (ДЭГ). Реже, при осушке впрыском в теплообменники в качестве ингибитора гидратообразования используется этиленгликоль (ЭГ) [3, 5].

1. Основные технологические показатели установки осушки газа на заданном ПХГ. Основные технологические показатели установки осушки газа на основании расчетных данных газосборной сети приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели площадки ПХГ

Отбор по месяцам	Среднесуточный отбор, млн.м ³ /сут	Давление на площадке ПХГ, МПа	Температура на площадке ПХГ, °С
Октябрь	2,49	6,44	19,1 ÷ 21,2
Ноябрь	4,2	5,68	24,1 ÷ 30,6
Декабрь	5	5,07	29 ÷ 31,8
Январь	10,63	3,44	28,4 ÷ 33,9
Февраль	10,2	2,67	24,8 ÷ 34
Февраль (пиковый режим)	16,1	2,53	30,3 ÷ 32,4
Март	3,89	2,44	18,5 ÷ 27,4

В табл. 2 приведен компонентный состав и физико-химические показатели отбираемого газа.

Газ, поступающий из хранилища, при отборе содержит тяжелые углеводороды, поэтому при выборе технологической схемы учитывалась возможность извлечения тяжелых углеводородов из потока газа. В период отбора после установки отключающих устройств газ по существующим коллекторам направляется в компрессорный цех для компримирования газа и обеспечения оптимальных условий для осушки газа.

Необходимое выходное давление природного газа с компрессорного цеха в зависимости от технологической схемы варьируется в пределах $5,5 \div 8,5$ МПа.

Таблица 2

Компонентный состав и физико-химические показатели отбираемого газа

Компонент	Компонентный состав газа (молярные доли, %)
Метан (СН ₄)	87,961
Этан (С ₂ Н ₆)	4,168
Пропан (С ₃ Н ₈)	1,573
изо-Бутан (С ₄ Н _{10-i})	0,3880
н-Бутан (С ₄ Н ₁₀)	0,4890
нео-Пентан (С ₅ Н ₁₂)	0,006
изо-Пентан (С ₅ Н _{12-i})	0,1530
н-Пентан (С ₅ Н ₁₂)	0,079
Гексан (С _{6+высш})	0,1
Азот (N ₂)	3,935
Диоксид углерода (СО ₂)	0,53
Кислород (О ₂)	0,6180
Плотность газа при стандартных условиях, кг/м ³	0,7666
Теплота сгорания низш, МДж/м ³	34,75
Теплота сгорания высш, МДж/м ³	38,47
Число Воббе низш, МДж/м ³	43,57
Число Воббе высш, МДж/м ³	48,23
Категория взрывоопасной смеси (по ГОСТ 30852.11-2002)	IIA
Группа взрывоопасной смеси (по ГОСТ 30852.5-2002)	T2

В начале отбора в октябре, ноябре и декабре, когда пластовое давление еще достаточно велико, возможно после установки отключающих устройств направлять газ на установку осушки без предварительного компримирования.

2. Сравнение методов осушки газа по принципу их работы. Проведем сравнение методов осушки по принципу их работы и получим:

1. Низкотемпературная сепарация с применением турбодетандерного агрегата (ТДА): после первичных сепараторов и установки отключающих устройств газ в период отбора – декабрь, январь, март – пиковый режим подается на компримирование в КЦ. При отборе в начале сезона (октябрь, ноябрь) давление газа достаточно высокое и газ сразу направляется теплообменный аппарат, сепартор и далее на ТДА.

Включение в схему турбодетандерного агрегата обеспечивает значительное снижение температуры газа на единицу давления. Благодаря этому для обеспечения осушки газа требуется меньшее снижения давления газа, чем при расширении газа с применением дроссельного устройства [6, 7].

Для обеспечения безгидратного режима работы установки необходимо вводить ингибитор гидратообразования – метанол, в поток газа перед теплообменником «газ–газ» незначительное количество от 1 до 3 кг/час, так как по расчету гидратообразования на данном участке не происходит и перед детандером – основное количество метанола от 50 до 230 кг/час.

В результате захлаживания газа в турбодетандерной установке до минус 13,6 ÷ минус 15 °С в сепараторах происходит осушка газа и извлечение тяжелых углеводородов и пропан-бутановой фракции C₃₊.

Для извлечения тяжелых углеводородов расчетная температура газа должна быть не выше минус 13,6 °С. При входном давлении на ТДА P_{вх} = 5,82 МПа, T = 9,36 °С, давление на выходе P_{вых} = 3,9 МПа, T = – 13,6 °С.

Затем осушенный газ из низкотемпературного сепаратора поступает в теплообменник в межтрубное пространство для охлаждения встречного потока газа. В компрессоре ТДА давление газа повышается до P = 4,72 МПа, T = 25 °С, точка росы по воде осушенного газа, подаваемого в магистральный газопровод, составляет минус 13,57 °С при P = 4,0 МПа.

Нестабильный конденсат с установки осушки газа направляется на установку стабилизации конденсата.

Таким образом, осушенный газ соответствует требованиям СТО Газпром 089-2010 [1], технологическая схема низкотемпературной сепарации с применением ТДА обеспечивает требуемые параметры [1, 8].

2. Низкотемпературная сепарация с применением холодильной установки: после первичных сепараторов и установки отключающих устройств газ в период отбора – январь, март – пиковый режим подается на компримирование в КЦ. При отборе в начале сезона (октябрь, ноябрь, декабрь) давление газа достаточно высокое и газ сразу направляется в теплообменный аппарат, сепаратор и далее на холодильную установку.

В холодильной машине в качестве хладагента можно использовать пропан. Производство холода с использованием хладагента основано на выделении энергии при испарении сжиженных газов в испарителях. Полученный холод передается газовому потоку. Затем пары хладагента сжимаются, охлаждаются и в жидком виде возвращаются в испарители. Для циркуляции хладагента рассматриваются к применению холодильные установки с поршневыми, винтовыми и центробежными компрессорами.

Для обеспечения безгидратного режима работы установки необходимо вводить ингибитор гидратообразования – метанол, в поток газа перед теплообменником «газ–газ» незначительное количество от 1 до 3 кг/час, так как по расчету гидратообразования на данном участке не происходит и перед холодильной установкой – основное количество метанола от 55 до 325 кг/час.

В результате захлаживания газа в холодильной установке до минус 15 °С в сепараторах происходит осушка газа и извлечение тяжелых углеводородов и пропан-бутановой фракции C₃₊.

Для извлечения тяжелых углеводородов расчетная температура газа должна быть не выше минус 15 °С. Параметры газа при входе в холодильную установку P_{вх} = 5,32 МПа, T = 9 ÷ 10 °С, параметры на выходе P_{вых} = 5,0 МПа, T = – 15 °С.

Затем осушенный газ из низкотемпературного сепаратора поступает в теплообменник в межтрубное пространство для охлаждения встречного потока газа и в магистральный газопровод со следующими параметрами P = 4,97 МПа, T = 4,9 °С, точка росы по воде осушенного газа, подаваемого составляет минус 14,34 °С при P = 4,0 МПа.

Нестабильный конденсат с установки осушки газа направляется на установку стабилизации конденсата.

Таким образом, осушенный газ соответствует требованиям СТО Газпром 089-2010 [1], технологическая схема низкотемпературной сепарации с применением холодильной машины обеспечивает требуемые параметры.

Основным технологическим оборудованием в данной технологической схеме, обеспечивающим осушку газа, является холодильная установка.

Таким образом, схема с применением холодильной машины обеспечивает требования к качеству осушенного газа в соответствии с СТО Газпром 089-2010, но схема является более

металлоемкой, энергоемкой, требуются дополнительные затраты для обеспечения внешним хладагентом, то дальнейшее рассмотрение этой схемы выполнять нецелесообразно [1, 9].

3. Низкотемпературная сепарация с использованием перепада давления на клапане-регуляторе: после первичных сепараторов и установки отключающих устройств газ в период обора подается на компримирование в КЦ, где компримируется до давления $P = 8,0 \div 8,5$ МПа. Затем газ подается на установку осушки в теплообменник.

Для обеспечения безгидратного режима работы установки необходимо вводить ингибитор гидратообразования – метанол, в поток газа перед теплообменником «газ-газ» незначительное количество от 1 до 3 кг/час, так как по расчету гидратообразования на данном участке не происходит и перед теплообменником – основное количество метанола 51–353 кг/ч.

Охлаждение газа происходит за счет дроссель-эффекта, изменение температуры газа при его дросселировании на 1 кгс/см^2 – на клапане-регуляторе.

В результате перепада давления на клапане-регуляторе не менее 3–3,5 МПа температура газа составит минус 13°C . Этого достаточно для осушки газа в низкотемпературном сепараторе и извлечении тяжелых углеводородов и пропан-бутановой фракции C_{3+} .

Затем осушенный газ из низкотемпературного сепаратора поступает в теплообменник в межтрубное пространство для охлаждения встречного потока газа и далее в коммерческий узел замера и в магистральный газопровод. Параметры газа на выходе с установки осушки давление $P = 4,69$ МПа, $T = 15,88^{\circ}\text{C}$, точка росы по воде осушенного газа, подаваемого в магистральный газопровод, составляет минус $12,65^{\circ}\text{C}$ при $P = 4,0$ МПа.

Нестабильный конденсат с установки осушки газа направляется на установку стабилизации конденсата.

Технологическая схема также является рекомендуемой для дальнейшего рассмотрения и сравнения.

4. Абсорбционная установка с применением ДЭГа: применение гликолевой осушки имеет ряд недостатков:

- в абсорбере не происходит полного извлечения конденсата;
- для извлечения конденсата из газа потребуется дополнительная установка НТС;
- строительство дополнительной установки регенерации ДЭГа;
- учитывая, что многие ПХГ созданы на базе истощенных газоконденсатных месторождений, а также возможно поступление газа с УКПГ с содержанием C_{5+} , то происходит вспенивание ДЭГа и, как следствие, его повышенный унос. Для предотвращения вспенивания потребуются технические решения по улучшению гидродинамической ситуации на тарелках массообменной секции, а также ввод антивспенивающих препаратов, организации склада хранения и дозированной подачи.

При применении ДЭГа на установки осушки ввод метанола не требуется, если расчётами доказать, что гидраты образовываться не будут.

Но при этом следует учитывать, что при данной схеме дополнительно необходимо предусматривать складское хозяйство ДЭГа, установку регенерации ДЭГа. Широкий диапазон производительности по газу в режиме отбора, например, от 4,9 млн. $\text{м}^3/\text{сут}$ до 16,1 млн. $\text{м}^3/\text{сут}$ и в сочетании с большим интервалом давления потребует применения большего количества технологических линий по сравнению с НТС.

Для извлечения конденсата необходимо будет понижать температуру газа с применением клапана-регулятора или ТДА, что увеличит металлоемкость площадки и капитальные вложения [8, 10].

3. Анализ эффективности схем НТС. Основными и рекомендуемыми технологическими схемами осушки газа для основных показателей сети является НТС с применением ТДА или клапана-регулятора с компримированием газа перед установкой осушки. Материально-тепловой баланс установки осушки газа выполнен для двух вариантов (рисунки 1, 2).

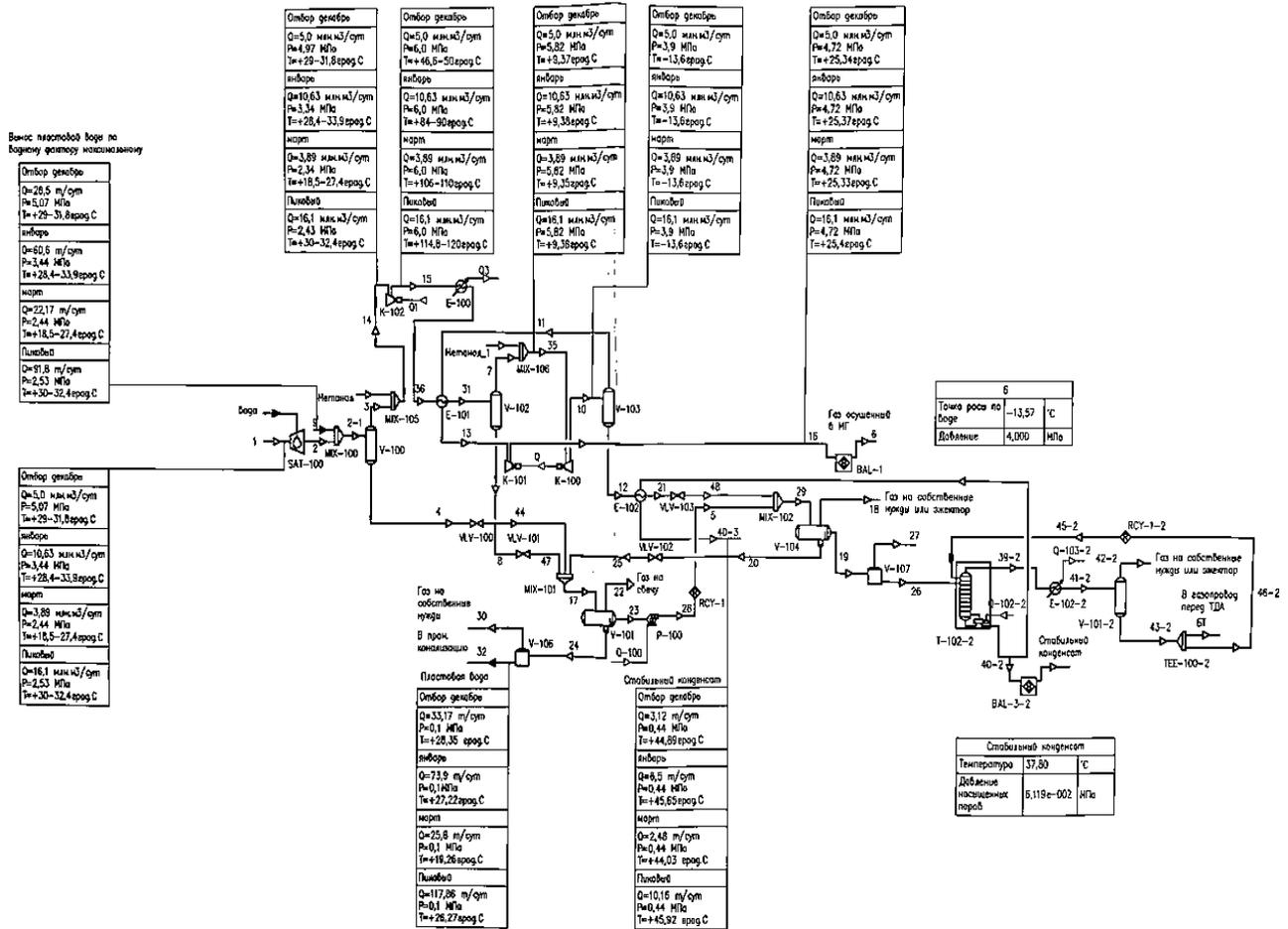


Рис. 1. Схема НТС с ТДА

Важным фактором является то, что в начальные периоды отбора октябрь, ноябрь, декабрь схема с применением ТДА может работать без предварительного компримирования. При применении классической схемы НТС с клапаном-регулятором компримировать газ будет необходимо с первого месяца отбора. Эксплуатационные затраты двух схем сопоставимы, экономия будет только в период бескомпрессорного отбора, но снижение затрат в эти месяцы будут значительные. Также немаловажно рассмотреть затраты на строительство этих вариантов (табл. 3 и 4) [10, 11].

Таблица 3

Сметная стоимость строительства варианта НТС с ТДА

№ п/п	Наименование объекта	Стоимость объекта с учетом индексов-дефляторов на 01.01.2021.,тыс.руб				
		Строительные работы	Монтажные работы	Оборудование	Прочие	Всего
1	Комплекс сооружений установки НТС	134 256,23	223 418,04	1 588 948,95		1 946 623,22
2	Здание цеха низкотемпературной сепарации	135 884,04	62 416,44	470 555,92	4 326,94	673 183,34
ВСЕГО						2619806,56 тыс.руб.

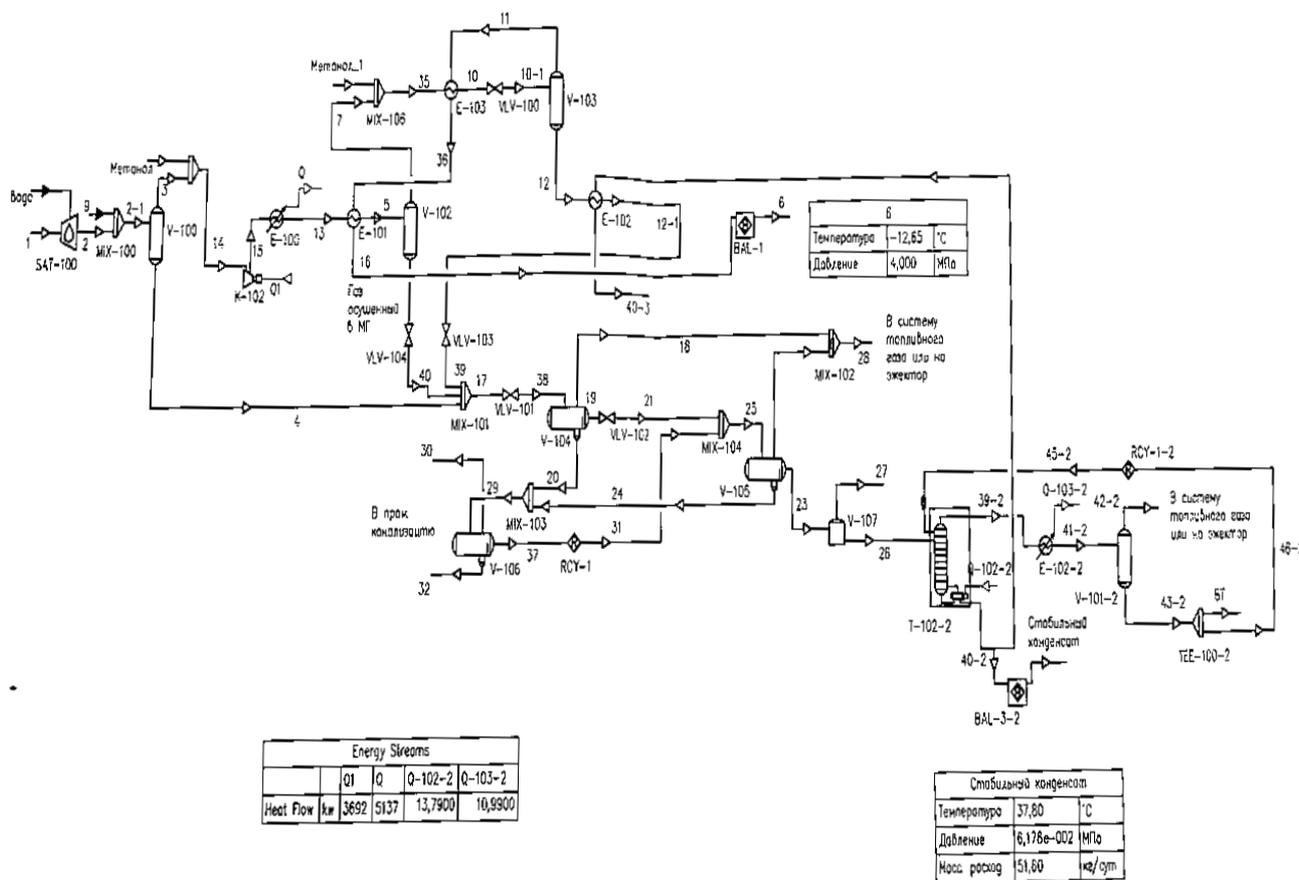


Рис. 2. Схема НТС с использованием дроссель-эффекта

Таблица 4

Сметная стоимость строительства варианта НТС с дроссель-эффектом

№ п/п	Наименование объекта	Стоимость объекта с учетом индексов-дефляторов на 01.01.2021., тыс.руб				
		Строительные работы	Монтажные работы	Оборудование	Прочие	Всего
1	Комплекс сооружений установки НТС	133983,26	222985,96	633609,41		990578,63
2	Здание цеха низкотемпературной сепарации	135604,82	62288,18	469589,02	4318,05	671800,07
ВСЕГО					1662378,7 тыс.руб.	

В связи с приведёнными показателями делаем вывод, что схема НТС с применением ТДА является наиболее выгодной, удобной и эффективной. Стоимость строительства, которая выходит больше, чем классическая схема НТС с применением дроссель-эффекта, не сопоставима с экономией при эксплуатации площадки [10, 12].

Выводы. Проанализировав результаты можно сделать вывод, что на сегодняшний день выгоднее использовать низкотемпературную сепарацию для осушки газа на площадках ПХГ

[10, 13, 14]. Основными критериями является состав газа, необходимые давления на вход и выход, затраты на строительство и эксплуатацию, надёжность и эффективность оборудования. Для сравнения были взяты турбодетандер, клапан и холодильная машина, расписав принципы работы, сравнив характеристики и показатели, было выведено, что турбодетандер является самым технологически выгодным вариантом.

Рассматривать методы осушки газа с заданными параметрами самой среды сложно, в каждом методе есть плюсы и минусы. Поэтому варианты были рассмотрены с конкретными свойствами газа и площадки ПХГ. Из вышеизложенного следует, что низкотемпературная сепарация газа с использованием турбодетандера в данном варианте по материально-тепловому балансу подходит под все заданные критерии газа. Сравнение затрат на строительство, безусловно, с первого взгляда не даёт этой схеме преимуществ, но не стоит забывать об эксплуатационных вложениях в объекты ПХГ. Благодаря общему взгляду на все составляющие и был выбран этот способ, как наиболее эффективный.

Библиографический список

1. СТО Газпром 089-201. Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия. М.: ОАО «Газпром», 2010. 19 с.
2. Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. Технологии и оборудование: Справочное пособие / Г.К. Зиберт [и др.] // М.: ОАО «Недра-Бизнесцентр», 2001. 316 с.
3. Ишмурзин А.А., Мияссаров Р.Ф., Махмутов Р.А. Низкотемпературная сепарация природного газа для извлечения целевых компонентов // Молодой ученый. 2017. № 7 (141). С. 69–72.
4. Кузнецова Г.А. Технологическая надёжность газового оборудования // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. №1 (22). С. 25–29.
5. Математическая модель потокораспределения при изотермическом течении вязкого газа / А.И. Колосов, М.Я. Панов, К.В. Зубарев, А.А. Свиридов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2015. № 4 (40). С. 34–41.
6. Лукьяненко В.И., Мартыненко Г.Н., Панов М.Я. Оперативное управление функционированием городских систем газоснабжения // В сборнике: Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения. Труды научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. 2012. С. 89–94.
7. Использование системы MATLAB для моделирования процесса управления функционированием систем газоснабжения / М.Я. Панов, Г.Н. Мартыненко, В.В. Уклова, А.И. Колосов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1 (367). С. 239–243.
8. Автоматизация процессов регулирования газовой среды / С.Г. Тульская, А.А. Губин, С.А. Петров, Р.А. Задвицкий // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 4 (17). С. 24–28.
9. Кузнецова Г.Н. Продолжительность эксплуатации внутридомового газового оборудования // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. №1 (22). С. 54–58.
10. Алимов С.В., Зайцев Е.Г., Кубаров С.В. Экономический подход к охлаждению природного газа на КС МГ // Газовая промышленность. 2009. № 3. С. 46–47.
11. Коэффициент сжимаемости природного газа расчетного состава / Д.Н. Китаев, Д.О. Недобежкин, В.М. Богданов, Т. Бейманов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 1 (14). С. 29–33.
12. Анализ статистических данных по аварийности в системах газоснабжения / Е.С. Аралов, С.Г. Тульская, К.А. Скляр, Д.О. Бугаевский // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 1 (14). С. 9–14.
13. Тульская С.Г., Чуйкина А.А., Аралов Е.С. Приём и отпуск нефтепродуктов на нефтебазах при различных видах транспорта // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. № 1 (6). С. 69–77.
14. Реологическое моделирование истечения жидкости при переменном напоре из вертикального трубопровода / Б.М. Кумицкий, С.Г. Тульская, И.А. Апарина, М.А. Сарычев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. № 4 (9). С. 19–23.

Для цитирования: Анализ низкотемпературной сепарации для осушки газа в магистральных трубопроводах / С. Г. Тульская, М. Я. Панов, А. А. Долгих, С. Н. Кузнецов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 12–19.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 658:624.05

НОРМАТИВНО-ДЕВИАНТНЫЕ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИЧИН И МЕХАНИЗМОВ РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЯ

А. А. Юдина, И. А. Шипилова

Воронежский государственный технический университет

А. А. Юдина, студент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 207-22-20, e-mail: yudina.2014@mail.ru

И. А. Шипилова, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 207-22-20, e-mail: 9202299190@mail.ru

Постановка задачи. Рассмотреть и изучить основы правового содержания строительно-технической экспертизы, определить ее роль в современном обществе, основные задачи, решаемые строительно-технической экспертизой, важность и значимость проведения строительно-технических экспертиз, определить причины и механизмы разрушения зданий, сооружений, причины травматизма и гибели работников строительной сферы.

Результаты. Проанализированы основы правового содержания строительно-технической экспертизы, изучены основные задачи, выявлена ее роль, раскрыта важность и значимость проведения строительно-технических экспертиз. Пошагово разобран процесс ее проведения, изучена классификация ССТЭ по существующим видам, представлена многоуровневая система нормативных документов, применяющаяся на всех этапах создания и эксплуатации объектов в строительстве. Рассмотрены основные законодательные требования к методике выполнения и заключению.

Выводы. В результате проведенных исследований установлены основные задачи строительно-технической экспертизы, раскрыта важность и значимость проведения данного вида экспертиз, выявлены причины разрушения зданий, сооружений, причины травматизма и гибели работников строительной сферы, а также сформулированы некоторые рекомендации по минимизации аварийных ситуаций и гибели работников.

Ключевые слова: судебная строительно-техническая экспертиза, диагностические задачи, контроль, проверка, нормативные документы, строительный объект, объект экспертизы, право.

Введение. Судебная строительно-техническая экспертиза играет важную роль в современном мире. Среди всех видов судебных экспертиз – занимает первое место по объему проводимых исследований. Она назначается по гражданским, уголовным и административным делам. А именно, когда необходимо провести расследование несчастного случая, аварии, разрушений в строительстве; при рассмотрении споров о праве собственности на недвижимость, стоимости возведения и качестве строительных зданий, сооружений. Касаемо административных дел, проводится расследование дел, связанных с установлением правомерности строительства, подключение коммуникаций [1].

Ежегодно мы наблюдаем расширение масштабов и увеличение скорости строительства.

А, следовательно, увеличивается число аварий, несчастных случаев (гибель работников строительных организаций, травматизм). Причинами этого являются – неисполнение должностными лицами обязанностей (злоупотребление должностными полномочиями), отсутствие тщательного контроля над деятельностью работников, халатность, нарушения и отступления от требований СНиП, и других правил, и сводов, направленных на предотвращение несчастных случаев, аварий, защиту будущих жильцов от негативных последствий. Решением этих вопросов занимается строительно-техническая экспертиза.

1. Понятие и задачи судебной строительно-технической экспертизы. Судебная строительно-техническая экспертиза – это процессуальное действие, включающее исследование и дачу заключения экспертом, проводящаяся органом дознания, экспертом, следователем для установления обстоятельств, требующих доказательства по определенному делу, например, при совершении преступления.

К задачам ССТЭ относят (рис. 1) [2]:

- экзистенциальные;
- атрибутивные;
- ситуалогические;
- стоимостные;
- классификационные;
- диагностические;
- казуальные;
- нормативно-девиантные;
- преобразовательные.



Рис. 1. Виды задач судебной строительно-технической экспертизы

2. Диагностический и нормативно-девиантный вид задач. Рассмотрим диагностический и нормативно-девиантный вид задач, как один из основных видов вопросов судебной строительной-технической экспертизы.

Диагностические задачи в рамках строительной-технической экспертизы направлены на определение состояния строительного объекта, помогающие установить следующие явления: (рис. 2):

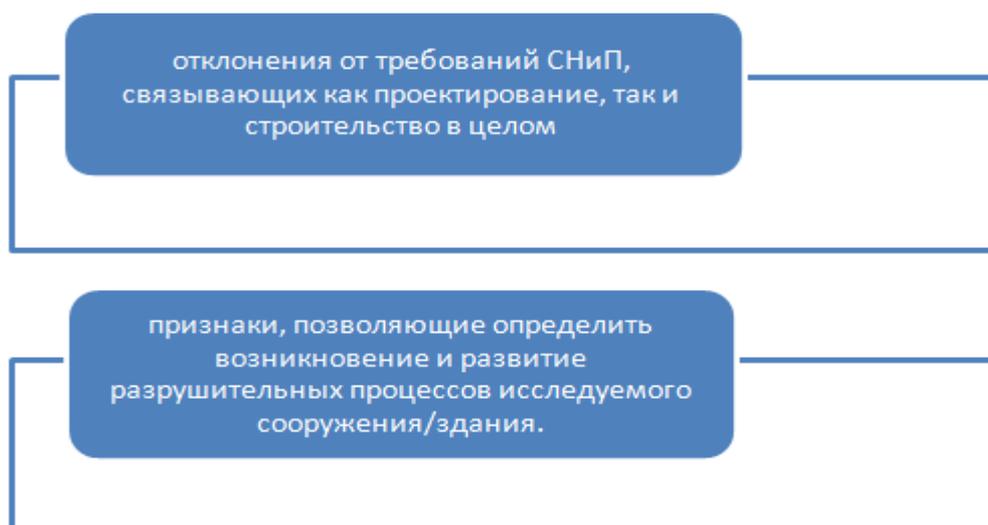


Рис. 2. Факторы диагностических задач

Процесс решения диагностической задачи заключается в установлении свойств и состояний объекта, например, установление свойств средств индивидуальной защиты лесов, ограждений и т.д. [7].

Задача нормативно-девиантного вида заключается в том, что эксперт проводит сравнительную характеристику объекта исследования с требованиями специальных норм и правил, которые подразделены на частные и общие. К общим правилам относят – правила, связанные со строительной сферой. К частным правилам – относят правила, либо инструкции, разработанные для применения конкретной организацией или же ее подразделением [6].

Стандарты наравне с другими нормативными положениями, регламентируют определенные требования к материалам, конструкциям, изделиям, строениям, зданиям, сооружениям, определяющие методы их контроля, систематизацию, классификацию. Так выстраивается многоуровневая система нормативных документов, в дальнейшем, применяющаяся на всех этапах создания и эксплуатации строительной продукции для обеспечения защиты прав и охраняемых законом интересов ее потребителей, государства. Представленная система должна обеспечивать [4] (рис. 3).

Нормативно-техническая документация в сфере строительства регламентируется Российским законодательством. Все нормативные документы, правила, нормы разделяют на федеральные, документы субъектов Российской Федерации и производственно-отраслевые документы субъектов хозяйственной деятельности [5]. Система нормативных документов в строительстве представлена на рис. 4.



Рис. 3. Критерии многоуровневой системы нормативных документов



Рис. 4. Система нормативных документов в строительстве

3. Комплексные и целевые проверки. Для оценки качества строительства проводятся комплексные и целевые проверки. При комплексной проверке проводится контроль качества всех видов строительства на определенной территории (здание, строение, сооружение), независимо от источников финансирования и форм собственности.

При целевых проверках отдельно контролируется качество всех видов строительства [3] (рис. 5).

Строительный контроль объектов/продукции должен осуществляться в течение всего срока эксплуатации, и проверка должна проводиться не менее двух раз в год.

В жизни эти сроки и проверки мало кто соблюдает. В настоящее время, безопасность в строительстве, в большинстве случаев, не занимает лидирующей позиции. Именно поэтому, из-за отсутствия тщательного контроля над всеми процессами строительства и эксплуатации, возникают аварийные ситуации, несчастные случаи. А что нужно сделать, для того чтобы их минимизировать? Для успешного решения этой задачи необходимы высококачественные проектные решения, качественная проработка проектов производства. Применяемые

материалы, конструкции, изделия должны будут проходить качественную проверку и контроль, отвечать всем требованиям СНиПов, предлагается усилить контроль над строительным производством, усилить качество строительных материалов, ужесточить меры наказания при неисполнении обязанностей, аварий, травматизма сотрудников и жильцов.



Рис. 5. Контроль качества целевой проверки

Выводы. Проанализировав проведение строительно-технических экспертиз, мы пришли к выводу, что основной причиной разрушения зданий и аварийных ситуаций является отсутствие тщательного строительного контроля над всеми процессами строительства и эксплуатации. А для того чтобы сократить число несчастных случаев и аварий необходимо работать над высококачественными проектными решениями, увеличить число проверок, ужесточить их контроль, требуется качественная проработка проектов производства. Применяемые материалы, конструкции, изделия должны будут проходить качественную проверку и контроль, отвечать всем требованиям СНиПов, предлагается усилить качество строительных материалов, ужесточить меры наказания при неисполнении обязанностей, аварий, травматизма сотрудников и жильцов.

Библиографический список

1. Арсеньев В.Д. Соотношение понятий предмета и объекта в судебной экспертизе. М., 2013. 409 с.
2. Бутырин А.Ю. Теория и практика судебной строительно-технической экспертизы. Монография. М.: Издательский Дом «Городец», 2013. 220 с.
3. Муравьев К.В., Седельников П.В. Назначение и производство судебной экспертизы как вид специальных познаний, применяемый на стадии возбуждения уголовного дела // Вестник Волгоградской академии МВД России. 2014. № 1 (28). С. 102–109.
4. Орлов Ю.К. Использование специальных знаний в уголовном судопроизводстве: Судебная экспертиза: общие понятия. Учеб. пособие. Вып. 2. М.: Изд-во МГЮА, 2013. С.23.
5. Назаров В.А. Судебная экспертиза (экспертология): учебн. пособие. Оренбург: УВД Оренбургской области, 2013. 398 с.
6. Сахнова Т.В. Судебная экспертиза. М.: Изд-во Городец, 1999. 368 с
7. Шляхов А.Р. О предмете судебной экспертизы // Некоторые вопросы теории судебной экспертизы. Тез. науч. сообщ. на седьмом теорет. семинаре – криминалистических чтениях, 26 июня 1975 г. М.: Юриздат, 1975. С. 3–8.

Для цитирования: Юдина А.А. Нормативно-девиантные и диагностические задачи строительно-технической экспертизы при определении причин и механизмов разрушения здания / А.А. Юдина, И.А. Шпилова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 20–24.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИОРИТЕТЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. М. Круглякова, Д. В. Логачева

Воронежский государственный технический университет

В. М. Круглякова, д-р экон. наук, проф. кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 207-22-20, e-mail: vinikat@mail.ru

Д. В. Логачева, студент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 207-22-20, e-mail: loga4eva.das@mail.ru

Постановка задачи. Выявить основные проблемы в инвестиционной деятельности. Рассмотреть пути их решения и проанализировать методы выведения инвестиционной деятельности на современный уровень.

Результаты и выводы. Выявлены главные проблемы развития инвестиционной сферы в РФ. Проанализированы методы и пути их решений для выхода на новый уровень экономического развития в данной сфере. В результате проведенных исследований установлены главные ошибки в развитии инвестиционной сферы. Сформулированы некоторые рекомендации по выработке необходимых навыков и методов для выхода из сложившейся ситуации.

Ключевые слова: инвестиции, строительство, недвижимость, финансовая инфраструктура, вложения.

Введение. Современная экономика не стоит на месте и с каждым днем стремительно движется только вперед к новым границам возможностей. Но с прогрессивным темпом развития экономической системы появляются новые недостатки и проблемы, для которых необходимо искать быстрые и современные пути решения. Изменения, которые произошли в современной экономике требуют управления экономическими системами в целом для оперативной корректировки и ликвидации недостатков.

Для разрешения технических, экономических и социальных задач Российской экономики, управление строительной деятельностью должно базироваться на тщательном госрегулировании функционирования отрасли в целях улучшения строительного качества материалов и работ, а также повышении эффективности. Несомненно, должны быть определены приоритетные направления управления строительным комплексом для обеспечения его стабильного функционирования.

1. Основные направления проблем, связанных с инвестиционной деятельностью. Главную роль в достижении развития в строительной деятельности играет расширение инвестиционной базы с привлечением средств, как на федеральном уровне, так и на уровне субъектов РФ.

Проблемы инвестирования в строительную отрасль глобальны, потому что современное общество диктует новые потребности для жилищных условий. У каждого человека есть право выбора, и чтобы этот выбор был разнообразен необходимо больше решений в строительной сфере, построек и реализаций, отсюда и поступает потребность в привлечении инвестиционных программ. Значимость данной темы вытекает из того, во-первых, что недостаточная осведомленность механизма вложения капитала в строительную деятельность.

Во-вторых, большое количество строительных площадок, которые порой не в состоянии за счет собственных средств довести до финала объекты недвижимости; а также, в-третьих, масса технических проблем, которые на данный момент останавливают инвесторов при вложении денежных средств в строительный комплекс.

Целью данной работы является рассмотрение теоретических особенностей инвестиционной деятельности в современном мире, выявление проблемных моментов, которые препятствуют инвесторам вложения капитала. Также рассмотрим пути решений данных проблем.

В строительной сфере повышение качества управления инвестиционной деятельностью заключается в производстве конкурентоспособной продукции, обеспечении населения объектами строительства и устранения нерентабельных строений.

Для осуществления планируемых мероприятий необходимо улучшения управляемости инвестиционными процессами в субъектах РФ.

В целях достижения поставленной задачи необходимо решить ряд задач:

1. Разработка продуктивной системы управления инвестиционной деятельностью в строительной сфере РФ.

2. Эффективное применение ресурсов продукции строительства.

Важно понимать, что инвестиции будут эффективно вложены, когда прибыль инвестору придет максимально быстро. Говоря простым языком, в данной ситуации прослеживается большой разрыв во времени между инвестированием, строительством и получением прибыли, что не очень-то подходит инвесторам.

В современном мире все еще присутствуют проблемы, связанные с инвестированием в строительство. Об этом своей научной статье пишет А.Н. Асаул [1]. В своем труде он выделил три основные проблемы в данном вопросе:

1. Развитие финансовой инфраструктуры сильно отстает от современного мира.

2. Участки плохо оснащены инженерно-техническими системами.

3. Трудовая производительность на низком уровне.

Ведь для того, чтобы инвесторы вкладывали все больше средств на строительство, необходимо решение данных проблем соответственно в рамках современного общества. Для того, чтобы разобраться с путями этих решений нужно для начала разобраться с самой проблематикой данного вопроса.

2. Развитие финансовой инфраструктуры. Первая, и самая важная, проблема – это развитие финансовой инфраструктуры, сильно отстает от современного мира. В своем учебном пособии В.В. Мищенко дает следующее определение финансовой инфраструктуре [2]: «Финансовая инфраструктура – это совокупность банков и других кредитно-финансовых учреждений, осуществляющих мобилизацию денежных средств и предоставление ссуд. Включает в себя: государственные учреждения (центральный эмиссионный банк, коммерческие банки, почтово-сберегательные кассы и др.), частные учреждения (коммерческие банки, инвестиционные банки, специализированные банковские учреждения – ипотечные банки, различные фонды). Все эти учреждения нуждаются в оперативном обмене информацией. Для этого они имеют еще несколько элементов инфраструктуры: средства связи и средства автоматизации» [2].

Высокая ставка кредитования для организаций, которые осуществляют инвестирование, а также плохо развитое устройство системы ипотечного кредитования и маленькое развитие разновидности инструментария для оценки залогового имущества приводят к низкому уровню развития финансовой деятельности. Получается, что инвесторы не надежно юридически защищены от потери своего капитала.

Рассмотрев конкурентоспособность в РФ по некоторым показателям (см. таблицу), можно понять состояние финансовой деятельности, как слабую по состоянию к странам, которые также стремительно развивают свою инвестиционную деятельность.

Показатели развития финансовой системы РФ

Показатели	Индекс 2020 г.
Венчурный капитал	3,1
Финансирование за счет ценных бумаг	3,6
Устойчивость банков	4,3
Юридическая защита	3,2
Управление биржевыми фондами	4,0

Наглядно состояние финансового рынка РФ показано на рис. 1.



Рис. 1. Состояние финансового рынка РФ

3. Оснащение участков инженерно-техническими системами. Вторая и не маловажная проблема – участки плохо оснащены инженерно-техническими системами. Россия имеет очень низкие показатели освоения территории, как бы это парадоксально не звучало, потому что страна занимает 11,4 % всей суши планеты Земли. Причиной служит очень плохое оснащение участков земли инженерно-техническими системами.

Как сообщает РБК [3] в 2020 году на застройку земельных участков (з/у) было выделено 460 га земли, но только лишь половина выделенных з/у оборудованы необходимой инженерно-технической инфраструктурой. Данная проблема очень негативно сказывается на развитии новых застроек. Большая часть земли и населенных пунктов Российской Федерации просто-напросто непригодны к жилой застройке, так как не имеют даже подъездных дорог к участкам. Так называемые «уголья» очень дорогие в строительстве и поэтому люди ехать туда не хотят. А вот для городов с развитой инфраструктурой решением могла бы стать, как называется это в Москве и Санкт-Петербурга, реновация.

В Государственной Думе рассматривают два законопроекта для решения этих проблем:

- «Закон Хованской»;
- проект законодательного собрания.

Но пока что конкретных решений по этим проектам не вынесено.

4. Производительность труда. Последняя, третья, главная проблема в современном инвестировании строительной деятельности – трудовая производительность на низком уровне. Производительность строительных работ в России составляет 18 % от уровня европейских стран. Если, например, в Сингапуре на одного строителя приходится 94 кв. м жилья в год, то в России дела обстоят плохо – всего лишь 16 кв. м. Это можно объяснить тяжелыми климатическими условиями, ведь в России практически 8–9 месяцев преобладают холода, что для производительности труда неприемлемо.

На данный момент Россия находится на 17 месте (см. рис. 2) и отклонение Δ составило 133,5 от среднемирового уровня 2020 года. На примере Сингапура (27 дней) и России (295 дней) можно понять, что требуется модернизация всего строительного процесса для повышения производительности труда.

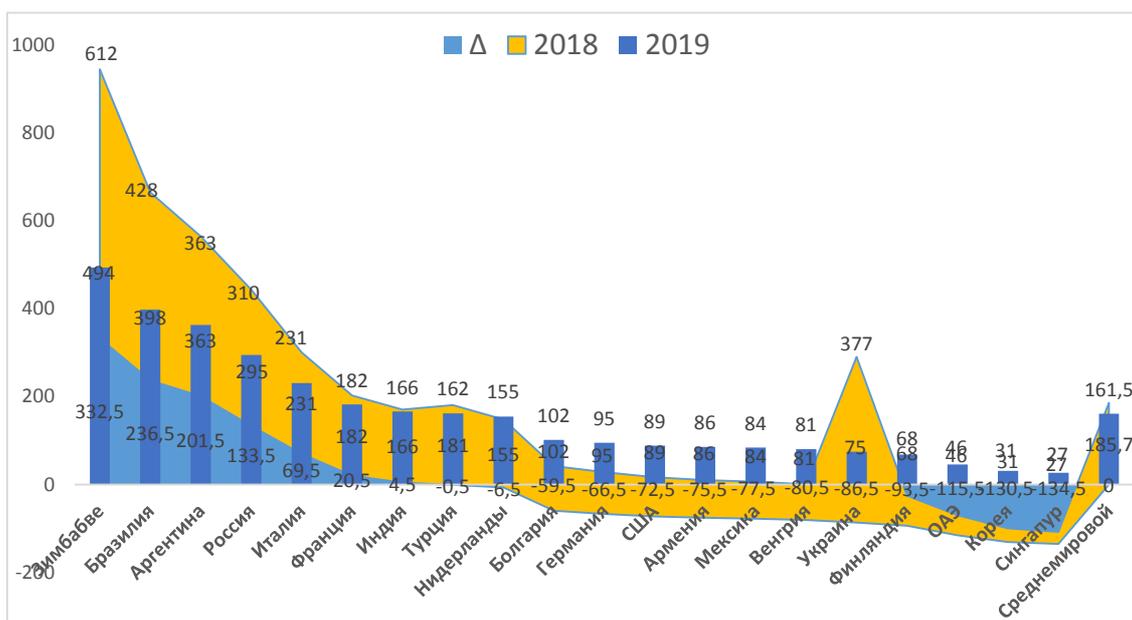


Рис. 2. Средние показатели длительности цикла строительства:
 Δ – отклонение от среднемирового уровня длительности строительных работ

На рис. 3 показано сокращение длительности цикла строительства в РФ за последние 3 года, это уже стало тенденцией.

Это означает:

- проблемы в строительных организациях;
- необходим правильный выбор механизмов решения данной проблемы.

Основой для решения данных проблем является усовершенствование организации строительства, инновационные материалы и строительные конструкции.

В своей научной статье В. А. Мирончук, С. Н. Сычанина, Ю.А. Шолин описывали проблему производительности труда следующим образом [4]: «По мнению специалистов, причиной такой низкой производительности труда в России является технико-технологическое отставание, который был задержан реформами 90-х годов прошлого столетия».

Как считает профессор А.Н. Захаров [5], доля пятого технологического уклада в России только за 1990–2005 гг. уменьшилась с 6 до 1,2 %, четвертого уклада – с 51 до 39 %, тогда как третьего увеличилась с 37 до 47 %, а реликтовых укладов, базирующихся на энергетике человека и животных, свойственных XIX в. или доисторической эпохе – с 6 до 12,7 %. Специалисты определили основные причины низкой производительности труда, из которых, на

наш взгляд, можно выделить две ключевые – высокая степень износа основных фондов и отсутствие профессионального персонала.

Хабибулин М.И. [6] пишет, что необходимо повышение производительности труда за счет техперевооружения предприятий.

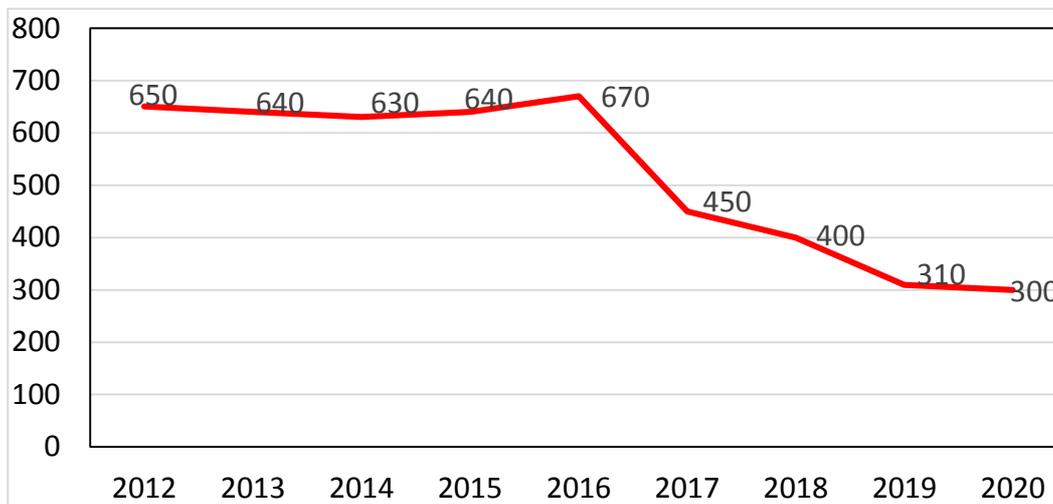


Рис. 3. Сокращение длительности цикла строительства

Министерство ставит перед собой пять самых важных задач в этой области:

- развитие инновационной среды и ее поддержка;
- управление государственным имуществом и управление бюджетными средствами
- продвижение интересов РФ за рубежом;
- поддержка малого и среднего предпринимательства;
- усовершенствование системы управления строительной деятельностью.

Выводы. Современная экономика РФ остро нуждается в стимулировании работоспособности и производительности трудового механизма. Подводя итог всей работы, складывается ясное понимание того, что строительная сфера играет немалую роль во всей экономике России. И для того, чтобы эту деятельность развивать и расширять нужно привлекать инвестиционные программы, в отношении которых существуют свои проблемные вопросы, описанные в данной работе. Пути решений конечно же есть, но нужно четко их понимать и разрабатывать методики по которым нужно двигаться к намеченным целям.

Библиографический список

1. Асаул А.Н. Проблемы инвестиционно-строительной деятельности // Абалкинские чтения. 2017. С. 253–266.
2. Мищенко В.В. Экономика регионов: учеб. пособие. URL: [http:// www.business.polbu.ru](http://www.business.polbu.ru) (режим доступа 23.05.2021).
3. Разворотнева С.В. Как решить проблему нехватки земельных участков для возведения многоэтажек в городах // Российская газета. Экономика Центрального округа. 2020. С. 7–8.
4. Мирончук В.А., Сычанина С.Н., Шолин Ю.А. Анализ причин низких показателей производительности труда в российской Федерации // Международный журнал. 2020. №1. С. 170–176.
5. Захаров А.Н. Производительность труда в России и в мире. Влияние на конкурентоспособность экономики и уровень жизни // Аналитический вестник. 2016. № 29. 628 с.
6. Хабибулин М.И. Проблемы повышения уровня производительности труда // Молодой ученый. 2018. С. 200–202.

Для цитирования: Круглякова В.М. Современные приоритеты инвестиционной деятельности в строительстве / В.М. Круглякова, Д.В. Логачева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 25–29.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 711.4

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЯНОГО КОМПЛЕКСА

Н. В. Колосова, Н. П. Федорова, А. В. Лаптиёв

*Воронежский государственный технический университет**Н. В. Колосова, ст. преподаватель кафедры теплоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru**Н. П. Федорова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)100-91-10, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru**А. В. Лаптиёв, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)765-60-837, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru*

Постановка задачи. Развитие промышленного производства во всех странах мира поставило перед человечеством острую проблему охраны окружающей среды с целью сохранения экологических систем, сформировавшихся в различных регионах нашей планеты. Мы поставили задачу оценить влияние предприятий нефтяного комплекса на экологию прилегающих районов и рассмотреть возможности предупреждения негативных последствий для окружающей среды.

Результаты и выводы. В результате количественной оценки выбросов загрязняющих веществ на предприятиях нефтяного комплекса были предложены мероприятия, которые позволяют значительно снизить уровень воздействия нефтезагрязнений на водные источники (поверхностные и подземные) в части уменьшения их загрязнения и истощения, а также снизить отрицательный уровень влияния на окружающую природную среду.

Ключевые слова: хранение нефтепродуктов, загрязнение атмосферы, выбросы, экология, нефтепереработка.

Введение. Предприятия нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности оказывают значительное негативное влияние на состояние окружающей среды и, прежде всего, на атмосферный воздух и водные ресурсы. В процессе добычи, первичной подготовки, транспортировки и последующей переработке углеводородного сырья, а также во время практического сжигания готовых нефтепродуктов и газа, загрязняющие вещества попадают в атмосферу. Охрана природы является одной из важнейших экологических и социальных задач, так как с развитием промышленности, транспорта, сельского хозяйства, с внедрением новых технологических процессов и вовлечением в эксплуатацию все большего количества природных ресурсов, происходит резкое увеличение количества источников загрязнения водного и воздушного пространства [1].

Нефтепереработка и нефтехимия находятся на четвертом месте по загрязнению атмосферного воздуха среди различных отраслей промышленности. Загрязняющие вещества, входящие в состав продуктов сгорания топлива: оксиды азота, серы и углерода, углеводороды, технический углерод, сероводород.

Большое внимание, уделяемое решению проблем, связанных с оздоровлением воздушного и водного бассейнов, отражено в ряде постановлений РФ.

Создание и внедрение эффективных методов и средств контроля загрязнения окружающей среды осуществляется путем комплексного подхода к существующим проблемам.

1. Общие сведения о рассматриваемом объекте. Предлагаем рассмотреть данную проблему на примере склада нефтепродуктов с резервуарным парком, вместимостью 12 000 м³, расположенного в Воронежской области. Площадь, занимаемая рассматриваемым объектом, составляет 5 га. Склад предназначен для хранения и выдачи нефтепродуктов.

Предположим годовой оборот продуктов составит:

- бензин А-92 – 14040 т/год;
- бензин А-95 – 14040 т/год;
- дизельное топливо – 18720 т/год.

Режим работы предприятия односменный, 8 часов в сутки, 260 суток в год.

Основные сооружения склада нефтепродуктов включают:

- 2 резервуарных емкостей для бензина по 3000 м³ каждая;
- 2 резервуарных емкостей для бензина по 1000 м³ каждая;
- 4 резервуарных емкостей для дизельного топлива по 1000 м³ каждая;
- 2 сливных фронтов из железнодорожных цистерн (1 для бензина, 1 для дизельного топлива).

К вспомогательным сооружениям относятся: служебное помещение, операторная с котельной, пожарные резервуары, очистные сооружения, трансформаторная подстанция.

Технологическая схема работы склада нефтепродуктов заключается в следующем. Доставка продукта происходит железнодорожными цистернами емкостью 60 м³, принадлежащими МПС. На время слива продукта движение тепловоза по соседним путям запрещена. Слив производится самотеком в резервуары, при 70 % заполнении резервуаров дальнейший слив происходит самовсасывающими насосами марки 1АСВН-80-А производительностью 30 м³/ч. Хранение продуктов в резервуарах, оборудованных арматурой, дыхательной аппаратурой, происходит при 100 % годовой оборачиваемости продукта. Раздача нефтепродуктов производится в автоцистерны и автотопливозаправщики на специальных пунктах заправки. Нефтепродукты поступают к колодцам управления «островков заправки» из резервуарного парка по нефтепроводам. Налив цистерн происходит с помощью насоса, счетчика, фильтра, обратного клапана, задвижки, металлорукава с наконечником [2]. Очистка сточных вод от нефтепродуктов происходит на двухступенчатых локальных очистных сооружениях.

Принятые решения по уровню технологического процесса и организации производства соответствуют современным технико-экономическим показателям отрасли.

2. Характеристика проектируемого производства как источника загрязнения атмосферы. При хранении жидкостей в резервуарах и сливе-наливе транспортных цистерн вредные выбросы в атмосферу происходят периодически – в определенные промежутки времени, связанные с закачкой или откачкой жидкости, или суточными колебаниями температуры атмосферного воздуха. Это вызвано тем, что уровень жидкости регулируется.

Выбросы из резервуаров происходят при вытеснении паровоздушной смеси через дыхательные клапаны. Основная масса выбросов – это выбросы в атмосферу от «больших дыханий», которые происходят при закачке жидкости в резервуар. 20 % от массы выбросов составляют выбросы в атмосферу при «малых дыханиях», которые происходят во время суточных колебаний температуры атмосферного воздуха от нагрева жидкости в резервуаре воздухом и солнечной радиацией.

При наливке транспортных систем выбросы происходят путем выделения в атмосферу воздуха, в котором находятся пары наливаемой жидкости («большое дыхание»). При сливе транспортных систем выбросы происходят путем «обратного выдоха» – вытеснением воздуха, насыщенного парами сливаемой жидкости в атмосферу.

Вредными веществами, выделяющимися при хранении и сливе-наливе продукта, являются пары предельных углеводородов и бензин. Источниками загрязнения атмосферы на

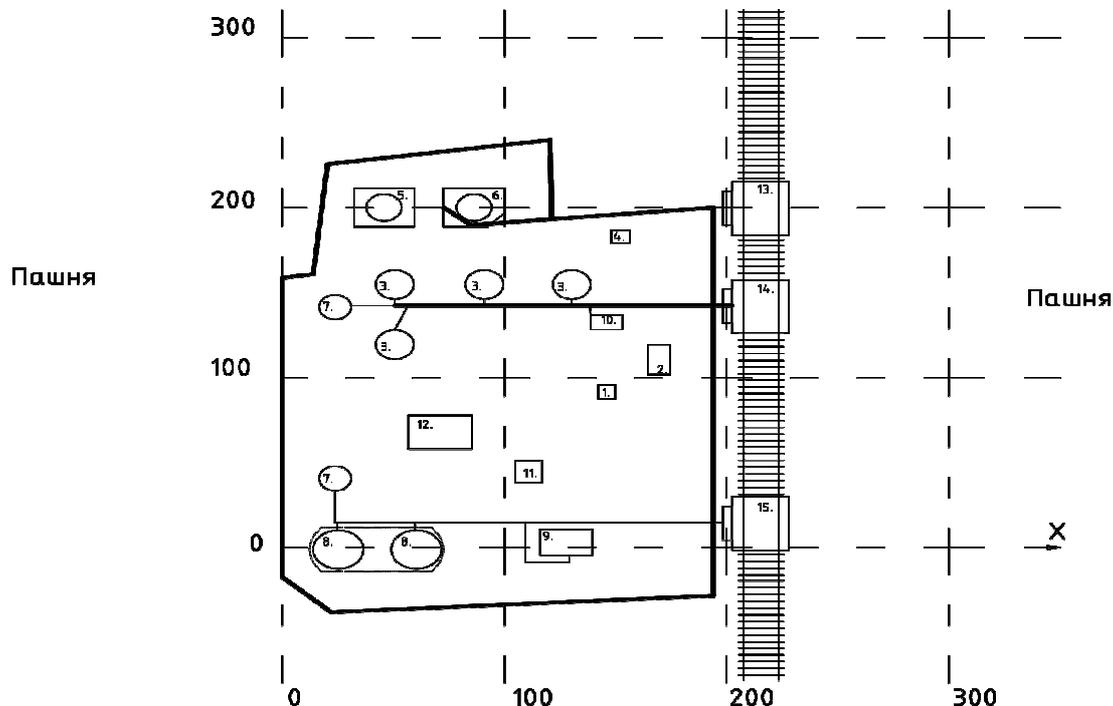
предприятию также являются песковые площадки, используемые для подсушивания флотошлака, с их поверхности испаряются пары бензина и углеводороды. Труба котельной, которая обслуживает данное предприятие, работающей на дизтопливе выбрасывает в атмосферу оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, золу.

Количество вредных веществ, выбрасываемых производством в атмосферу приведено в таблице.

Характеристика вредных выбросов для склада нефтепродуктов

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Валовый выброс, т/год
Бензин	4	5,0	1,5	-	2,9860
Углеводороды	4	1,0	-	-	1,3860
Диоксид азота	2	0,085	0,04	-	0,0180
Диоксид серы	3	0,5	0,05	-	0,0420
Диоксид углерода	4	5,0	3,0	-	0,0490
Зола мазутная	2	-	0,002	-	0,0018
Всего					4,4828

Рассмотрим на примере карты-схемы предприятия (рис.) источники загрязнения атмосферы.



Карта-схема предприятия с источниками загрязнения: 1 – служебное помещение; 2 – операторная с котельной; 3 – склад дизельного топлива; 4 – насосная дизельного топлива; 5 – склад бензина А-92; 6 – склад бензина А-95; 7 – пожарные резервуары; 8 – склад бензина; 9 – топливозаправочный пункт №1; 10 – топливозаправочный пункт №2; 11 – флотационная; 12 – песковые площадки; 13 – сливной фронт дизельного топлива; 14 – сливной фронт бензина; 15 – сливной фронт бензина

3. Методика определения выбросов вредных веществ. Количественная характеристика выбросов бензина и углеводородов при хранении продукта и его сливе-наливе может быть определена расчетным путем согласно [3], характеристика выбросов прочих производств определена по соответствующим подтвержденным методикам [4]. Например, сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами.

Расчет выбросов при хранении жидкостей в резервуарах. Валовые выбросы, кг/год, определяются по формуле:

$$П = 12,2 \cdot Q_p \cdot K_i \cdot X_i \cdot \frac{M_1 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{273 + t_{гп}}, \quad (1)$$

где Q_p – объемный расход жидкости, закачиваемой в резервуар или группу резервуаров в течение года (бензин – 28080 т/год ~ 37440 м³/год; дизтопливо – 18720 т/год ~ 19710 м³/год); K_1 – коэффициент, зависящий от климатической зоны расположения резервуаров: для средней зоны $K_1 = 1,14$; M_1 – молекулярная масса вещества (для бензина $M_1 = 105$ кг/кмоль; для дизтоплива $M_1 = 170$ кг/кмоль); X_i – концентрация вещества в жидкости (для однокомпонентной жидкости, которой являются нефтепродукты, $X_i = 1$); K_2 – коэффициент, учитывающий откачку жидкости из резервуара: т.к. поступление жидкости в резервуар и откачка из него происходят не одновременно, $K_2 = 1,1$; K_3 – коэффициент, учитывающий технические средства сокращения потерь: при оборудовании резервуара дыхательным клапаном $K_3 = 1,0$; $t_{гп}$ – температура газового пространства резервуара: при длительном хранении жидкости без нагрева, охлаждения и закачки продукт принимает температуру атмосферного воздуха, $t_{гп} = t = 5,4$ °С; K_i – константа равновесия между паром и хранимой жидкостью, может быть определена по формуле:

$$K_i = \frac{P_i}{P_a}, \quad (2)$$

где P_a – атмосферное давление, 760 мм рт. ст.; P_i – давление паров продукта при температуре газового пространства резервуара:

Для бензина $P_i = 2,3$ мм рт. ст.; для дизтоплива $P_i = 1,1$ мм рт. ст.

$$K_i = \frac{2,3}{760} = 0,00303;$$

$$K_i = \frac{1,1}{760} = 0,00145.$$

Валовый выброс составит:

Бензин:

$$П = 12,2 \cdot 37440 \cdot 0,00303 \cdot 1 \cdot 105 \cdot 1,14 \cdot 1,1 \cdot \frac{1}{273 + 5,4} = 655 \text{ кг/год} = 0,655 \text{ т/год};$$

Углеводороды:

$$П = 12,2 \cdot 19710 \cdot 0,00145 \cdot 1 \cdot 170 \cdot 1,14 \cdot 1,1 \cdot \frac{1}{273 + 5,4} = 267 \text{ кг/год} = 0,267 \text{ т/год}.$$

Максимальный разовый выброс из резервуара во время «больших дыханий» может быть определен по формуле:

$$n = 3,4 \cdot Q_p \cdot K_1 \cdot X_1 \cdot \frac{M_1 \cdot K_1 \cdot K_2}{273 + t_{гп}}, \quad (3)$$

где Q_P – объемный расход жидкости, закачиваемой в резервуар, $Q_P = 30 \text{ м}^3/\text{час}$; $t_{ГП}$ – максимальная температура газового пространства резервуара: для наземных резервуаров $t_{ГП} = t_e = 25,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$K_i = \frac{6,0}{760} = 0,0079 \text{ – хранение бензина в наземных резервуарах.}$$

$$K_i = \frac{2,2}{760} = 0,0029 \text{ – хранение дизтоплива в наземных резервуарах.}$$

Максимальный разовый выброс из резервуара составит:

Бензина:

$$n = 3,4 \cdot 0,0079 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 105 \cdot 1 \cdot \frac{1,1}{273 + 25,9} = 0,3114 \text{ г/с;}$$

Углеводородов:

$$n = 3,4 \cdot 0,0029 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 170 \cdot 1 \cdot \frac{1,1}{273 + 25,9} = 0,1851 \text{ г/с.}$$

Разовый выброс из резервуара во время «малых дыханий» определен исходя из условия, что они составляют 20 % от валовых выбросов, поэтому:

Бензин:

$$n' = 0,655 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,2}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,0042 \text{ г/с;}$$

Углеводороды:

$$n' = 0,267 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,2}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,0017 \text{ г/с.}$$

Расчет выбросов при наливке автотранспортных цистерн. Валовые выбросы, кг/год, могут быть определены по формуле:

$$П = 12,2 \cdot Q_{Ц} \cdot K_i \cdot X_i \cdot \frac{M_1 \cdot K_4 \cdot K_5}{273 + t_{ГП}}, \quad (4)$$

где $Q_{Ц}$ – годовой объем наливаемой в цистерны жидкости, $\text{м}^3/\text{год}$ принят исходя из условий обновления 100 % продукта; K_4 – коэффициент, учитывающий степень насыщения газового пространства парами наливаемого продукта: для средней климатической зоны $K_4 = 0,56$; K_5 – коэффициент, учитывающий способ налива продукта в цистерны: при верхнем наливке под слой продукта $K_5 = 1,1$.

Для сливной эстакады бензина валовый выброс паров бензина составит:

$$П = 12,2 \cdot 37440 \cdot 0,00303 \cdot 1 \cdot 105 \cdot 0,56 \cdot \frac{1,1}{273 + 5,4} = 322 \text{ кг/год;}$$

$$П = 0,322 \text{ т/год.}$$

Для сливной эстакады дизтоплива валовый выброс углеводородов составит:

$$П = 12,2 \cdot 19710 \cdot 0,00145 \cdot 1 \cdot 170 \cdot 0,56 \cdot \frac{1,1}{273 + 5,4} = 191 \text{ кг/год;}$$

$$П = 0,131 \text{ т/год.}$$

Максимальный разовый выброс при наливке автоцистерны, г/с, определяются по формуле:

$$n = 3,4 \cdot Q_{Ц} \cdot K_i \cdot X_i \cdot \frac{M_1 \cdot K_4 \cdot K_5}{273 + t_{ГП}}, \quad (5)$$

где $Q_{ц}$ – объемный расход жидкости, наливаемой в цистерну принимаем $55 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для сливных эстакад максимальный разовый выброс составит:

Бензин:

$$n = 3,4 \cdot 0,0079 \cdot 1 \cdot 55 \cdot 105 \cdot 0,56 \cdot \frac{1,1}{273 + 25,9} = 0,320 \text{ г/с};$$

Углеводороды:

$$n = 3,4 \cdot 0,0029 \cdot 1 \cdot 55 \cdot 170 \cdot 0,56 \cdot \frac{1,1}{273 + 25,9} = 0,190 \text{ г/с}.$$

Расчет выбросов при сливе железнодорожных транспортных систем. Валовые выбросы, кг/год, определены по формуле:

$$П = 1,2 \cdot Q_{ц} \cdot K_i \cdot X_i \cdot \frac{M_i \cdot K_6}{273 + t_{гп}}, \quad (6)$$

где $Q_{ц}$ – годовой объем сливаемой из цистерн жидкости, $\text{м}^3/\text{год}$ принят исходя из условия обновления 100 % продукта; K_6 – коэффициент, учитывающий способ слива жидкости из цистерн, при нижнем сливе $K_6 = 1,0$.

Для сливных эстакад железнодорожных цистерн валовый выброс составит:

Бензин:

$$П = 1,2 \cdot 37440 \cdot 0,00303 \cdot 1 \cdot 105 \cdot \frac{1}{273 + 5,4} = 51,0 \text{ кг/год};$$

$$П = 0,051 \text{ т/год}.$$

Углеводороды:

$$П = 1,2 \cdot 19710 \cdot 0,00145 \cdot 1 \cdot 170 \cdot \frac{1}{273 + 5,4} = 21,0 \text{ кг/год};$$

$$П = 0,021 \text{ т/год}.$$

Максимальный разовый выброс при сливе из цистерн, г/с, определен по формуле:

$$n = 0,34 \cdot Q_{ц} \cdot K_i \cdot X_i \cdot \frac{M_i \cdot K_6}{273 + t_{гп}}, \quad (7)$$

где $Q_{ц}$ – объемный расход жидкости, сливаемой из цистерны, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Для сливных эстакад железнодорожных цистерн максимальный разовый выброс составит:

Бензин:

$$n = 0,34 \cdot 0,0079 \cdot 1 \cdot 55 \cdot 105 \cdot \frac{1}{273 + 25,9} = 0,052 \text{ г/с};$$

Углеводороды С12-С19:

$$n = 0,34 \cdot 0,0029 \cdot 1 \cdot 55 \cdot 170 \cdot \frac{1}{273 + 25,9} = 0,0308 \text{ г/с}.$$

Целью контроля за выбросами в атмосферу является обнаружение предельно допустимых выбросов и принятие мер по устранению причин, вызвавших их [5]. Контроль за выбро-

сами на границе санитарно-защитной зоны может быть выполнен с помощью передвижных лабораторий органов здравоохранения.

Целесообразно устанавливать базовые нормативы платы за загрязнение окружающей среды на объектах нефтяного комплекса. Плата за загрязнение окружающей среды в размерах, не превышающих установленные нормативы предельно допустимых выбросов может быть определена путем умножения соответствующих ставок платы на величину указанных видов загрязнения. Эффективным методом может стать тот факт, что платежи за предельно допустимые выбросы осуществляется за счет себестоимости продукции, а платежи за превышение их – за счет прибыли, остающейся в распоряжении природопользователя [6, 7].

Выводы. В результате проведенных расчетов, показывающих количественное содержание выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, стал очевидным тот факт, что влияние рассматриваемого объекта на экологию прилегающего района не оказывает отрицательного воздействия на воздушный бассейн. При разработке технологической части необходимо делать упор на внедрение прогрессивных процессов в нефтяной отрасли.

К мероприятиям, максимально сокращающим отрицательное воздействие резервуарного парка нефтепродуктов на окружающую природную среду можем отнести [7, 8]:

- обязательную установку дыхательных клапанов, повышающих надежность резервуаров при заполнении;
- подачу нефтепродуктов в резервуары и к колодцам «островков заправки» по системе трубопроводов, которые имеют полную герметичность;
- использование прогрессивной автоматической системы налива цистерн.

Составной частью охраны окружающей природной среды должен быть регулярный мониторинг, основное направление которого – получать информацию после начала осуществления намеченной деятельности и, следовательно, смягчить непредвиденные последствия.

Библиографический список

1. Методика расчета дождевой канализации на примере нефтебазы в г. Воронеже / Н.В. Колосова, О.А. Кочура, А.А. Тагайчинова, З.С. Гасанов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. №1(18). С. 53–59.
2. Тульская С.Г., Чуйкина А.А., Аралов Е.С. Прием и отпуск нефтепродуктов на нефтебазах при различных видах транспорта // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. №1(6). С. 69–77.
3. РД 17-89. Методические указания по расчету валовых выбросов вредных веществ в атмосферу для предприятий нефтепереработки и нефтехимии. М.: ВНИИУС Казанское ПНУ ИПТ Оргнефтехимзаводы, 1990. 62 с.
4. Определение суммарной безразмерной концентрации выбросов загрязняющих веществ / Э.Н. Лысенко, Н.А. Петрикеева, Н.В. Шуменко, Ю.С. Денисова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. №1(2). С. 244–248.
5. Кузнецов С.Н., Петрикеева Н.А. Экологическая безопасность воздушной среды помещений с выделением вредных веществ различной плотности // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. №1(29). С. 82–90.
6. Формирование и развитие инновационной инфраструктуры в целях коммерциализации технических проектов/ Е.В. Шкарупета, О.А. Попова, О.Г. Шальнев, Н.В. Колосова // Энергетическое управление муниципальными объектами и устойчивые энергетические технологии: сборник трудов по материалам XXI Международной научной конференции. Воронеж, 2020. С. 52–56.
7. Тульская С.Г., Петрикеева Н.А., Чуйкин С.В. Экологическая безопасность окружающей среды при загрязнении нефтепродуктами // Наука и образование. 2019. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Мурманск, 2020. С. 251–257.
8. Тульская С.Г., Калинина А.И., Петрикеева Н.А. Основные аспекты экологических проблем нефтегазовой отрасли // Нефтяная столица. Материалы 4-й Международного молодежного научно-практического форума. Ханты-Мансийск, 2021. С. 199–202.

Для цитирования: Колосова Н.В. Анализ и оценка воздействия на окружающую среду предприятий нефтяного комплекса / Н.В. Колосова, Н.П. Федорова, А.В. Лаптиев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 30–36.

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 665.66

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЬ С ВЫСОКОЙ ВЯЗКОСТЬЮ ФЛЮИДОВ

А. И. Калинина, А. И. Коровкина, А. В. Дядина

*Воронежский государственный технический университет**А. И. Калинина, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(930)407-08-52, e-mail: alina27.03@mail.ru**А. И. Коровкина, канд. техн. наук, ассистент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: alinko199@mail.ru**А. В. Дядина, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)100-07-65, e-mail: al.djadina@gmail.com*

Постановка задачи. Нефть, являясь важнейшим природным ископаемым, добывается колоссальными объемами, в связи с чем запасы её быстро сокращаются. При этом появляются определенные проблемы, связанные с добычей и транспортировкой высоковязкой нефти: накопления асфальтосмолопарафинистых отложений (АСПО) в проточной части оборудования и трубопроводов приводит к снижению пропускной способности системы, уменьшению межремонтного периода, необходимости использования различных способов воздействия на высоковязкие флюиды.

Результаты и выводы. Рассмотрен механизм образования асфальтосмолопарафинистых отложений. Проанализированы основные и наиболее эффективные способы воздействия на вязкие флюиды. Объединение нескольких методов является вполне целесообразным решением, но возможен поиск новых решений долговременного изменения реологических свойств нефти.

Ключевые слова: реология, асфальтосмолопарафинистые отложения, скребки, высоковязкие углеводороды, ультразвуковое воздействие.

Введение. Запасы более сложных для добычи высоковязких нефтей в мире составляют около 700 млрд. тонн. В России данные запасы оцениваются в 7,3 млрд. тонн. Оценивая темпы добычи нефтепродуктов, можно сказать, что эпоха легкой нефти скоро подойдет к концу.

Реологические свойства углеводородов зависят от содержания АСПО на конкретном месторождении, что осложняет оценку структурных и механических свойств нефти.

Так как свойства нефтей для каждого месторождения различны, в данный момент ведется поиск универсального метода уменьшения отложений АСПО, тем самым снижая расходы на техническое обслуживание (ТО) ввиду увеличения межремонтного периода.

1. Механизм образования АСПО. Высокая вязкость флюида определяет степень подвижность нефти в пластовых и поверхностных условиях, причем вязкость в пласте значительно ниже вязкости на поверхности. Основными компонентами АСПО являются ароматические и парафино-нафтенновые УВ, которые могут находиться как в свободном состоянии, так и в смолисто-асфальтеновую оболочку. Стоит заметить, что состав нефти и её качественный состав может сильно варьироваться в зависимости от конкретного месторождения. Процентный состав отложений отображен в табл. 1.

Процентный состав АСПО [2]

Состав	Количество отложений, %
Парафины	10-75
Асфальтены	2-5
Смолы	11-30
Нефть	< 60
Механические примеси	1-5

При движении нефти меняются термодинамические условия, и происходит выделение АСПО. Металлические трубы имеют мелкие неровности, которые способствуют лучшему сцеплению с кристаллами отложений. Они, в свою очередь, обладая некоторой адгезией (сцеплением), накапливаются на шероховатых поверхностях труб и другого металлического оборудования. Отложения состоят из «парафинов метанового ряда, а также асфальто-смолистых соединений, воды, различных механических примесей» [2, 4].

Факторы, влияющие на скорость выпадения парафиновых включений из нефти:

1. Изменение физических характеристик вследствие:
 - понижения давления;
 - падения температуры;
 - изменения скорости, с которой движется поток нефти.
2. Химические характеристики конкретного месторождения:
 - состав углеводородов (УВ) в каждой из фаз смеси;
 - соотношение объемов фаз.

Механизм формирования отложений состоит в появлении центров кристаллизации (при снижении температуры до температуры насыщения нефти парафинами и менее происходит формирование микрокристаллов парафинов) и росте кристаллов, после чего мелкие и крупные кристаллы оседают на поверхность труб и насосов.

Смолисто-асфальтеновые вещества (САВ) составляют до 35 % от всего объема нефти. Более богаты на данные соединения нефти с ароматическим основанием, в высокой концентрации САВ можно встретить в виде битумов. Смолисто-асфальтеновые вещества можно разделить на две группы соединений – смолы и асфальтены. Эти соединения имеют много общего между собой, количественное отношение этих двух составляющих колеблется от 7:1 до 9:1. САВ ускоряют адгезионно-адсорбционную парафинизацию за счет улучшения сцепление с поверхностью металлов.

2. Способы предотвращения отложений, их влияние на реологические свойства нефти. Реологические свойства нефтяных эмульсий можно рассматривать как свойства коллоидно-дисперсных систем, которые способны «образовывать объемные структуры с выраженной способностью разжижаться под механическим воздействием и сгущаться в состоянии покоя (тиксотропией)» [1, 5, 6].

Реологические кривые для нефти и нефтяных эмульсий отображают зависимость между напряжением и скоростью сдвига (рис. 1).

В состоянии равновесия нефтяная система представляет из себя пластическую (неньютоновскую) жидкость. Нефть обладает определенным пространственным строением, которое оказывает сопротивление сдвигающему напряжению до того момента, пока величина возникшего напряжения не превысит значение статического напряжения сдвига. В дальнейшем, после достижения скорости сдвига, нефтяной поток можно рассматривать как ньютоновскую жидкость.

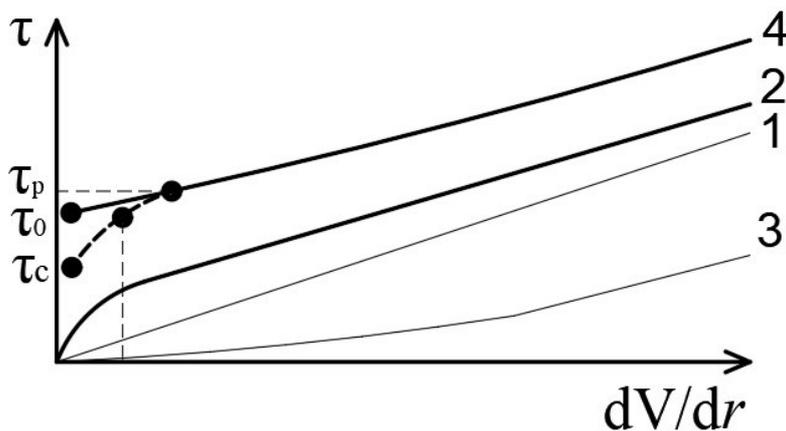


Рис. 1. Реологические кривые нефтяных эмульсий [1,14]: 1 – дилатные жидкости; 2 – псевдопластичные жидкости; 3 – ньютоновские жидкости; 4 – псевдопластичные тела

Существующие методы борьбы с АСПО можно разделить на две основные категории:

1) Направленные на предотвращение отложений парафинов (физические, химические, температурные воздействия).

2) Используемые для очистки уже имеющихся АСПО (использование химических реагентов, очистных скребков, плавление парафинов).

Рассмотрим все виды воздействий на высоковязкие флюиды:

1. *Физические методы воздействия на НДС.* Среди технологий, снижающих вязкость нефти, значительно выделяются физические методы воздействия на НДС (нефтяные дисперсные системы). Характерная особенность данных методов воздействия – все они в качестве реагента используют не жидкости или газы, а физические поля.

Акустическое воздействие за счет образования кавитационных процессов улучшает реологические свойства нефтяной системы – динамическую вязкость и температуру застывания АСПО, разрушая на некоторое время длинные молекулы парафина.

При ультразвуковой обработке высоковязкой нефти акустическим полем, в ней возникают кавитационные процессы, позволяющие снизить температуру застывания нефти. К минусам можно отнести:

1) Период восстановления (релаксации) нефти происходит в течение последующих 2–4 часов.

2) Кавитационные процессы пагубно сказываются на состоянии насосно-компрессорных труб (НКТ).

На рис. 2 наглядно показано такое влияние и видно какой вред наносит данный процесс на еще достаточно новые и работоспособные системы [5, 6,10, 12].



Рис. 2. Влияние кавитационных процессов на стенки НКТ [5]

В то же время, при добавлении воды в процессе акустического воздействия, реологические свойства сильно меняются. Так, при озвучивании происходит резкое снижение вязкости нефти (максимально на 70 %), а период релаксации может быть продлен до 20 суток вследствие блокирования единичных макромолекул парафина водородом. Оптимальное количество воды при данном методе обработки составляет 2–3 % от всего объема нефти.

2. *Химические способы воздействия.* Наиболее широко изученным методом является использование химических реагентов (различных веществ), которые основаны на работе адгезионно-адсорбционных процессов, происходящих на границах фаз. Также используются реагенты, позволяющие удалять уже имеющиеся АСПО (представлены в табл. 2). Они разрешены к применению в процессе добычи нефти [7, 9].

Таблица 2

Реагенты, предназначенные для удаления АСПО [4]

Вид реагента	Массовое содержание в нефти, %
4,4 – диметил – 1,3 – диоксан	0,02
Бентол	–
Бутилбензольная фракция	0,004
Газовый бензин	0,008
Газоконденсат	0,008
Гексановая фракция	–
Керосиновая фракция	0,005
Пиролизная смола (легкая)	0,004
СНПХ – 7р – 2	0,007
Толуол и и толуольная фракция	0,2

Технология добавления растворителя и влияния его на АСПО может иметь следующие наиболее распространенные варианты:

1) растворитель нагнетается в затрубное пространство скважин и продавливается нефтью до приёма насоса. Обработка внутренней полости оборудования происходит за счёт подачи из затрубного пространства;

2) растворитель нагнетается в затрубное пространство без продавливания к насосу. Опускаясь вниз, он попадает на приём насоса и вместе с нефтью поступает в НКТ.

Для этих технологий применимы растворители с большой растворяющей способностью АСПО. За счёт перемешивания с нефтью растворитель частично теряет свойства. Если диспергирующая способность высока, то следует применять второй вариант.

Применение ингибиторов уменьшает адсорбцию АСПО на стенках труб, формированию более коротких цепочек парафина.

Среди химических способов предотвращения отложений парафинов выделяется методика осаждения нерастворимых асфальтенов с помощью н-гептана (также используется н-пентан и н-гексан). Н-гептан обладает хорошей проникающей способностью в пористую структуру асфальтенов; заполняя поры, он способствует проникновению поверхностно - активных веществ смол в асфальтены. Большая подвижность молекул смол способствует их проникновению в достаточно мелкие поры АСПО с одновременной их адсорбцией. При данном процессе контакты между частицами асфальтенов ослабляются, образуя единичные макромолекулы. Нефтяные смолы уменьшают размер частиц, таким образом, нефть переходит в область тонкодисперсных систем. По сравнению с аромати-

ческими УВ нефтяные смолы обладают большей способностью повышать устойчивость НДС.

3. *Методы борьбы с АСПО, основанные на температурном воздействии.* Тепловые методы очистки от парафиновых отложений основаны на подогреве нефти выше температуры насыщения (парафины плавятся при температуре выше 50 °С). Для нагрева и поддержания необходимой температуры используются определенные источники тепла.

Это могут быть специальные нагревательные кабели. Принцип работы данных кабелей заключается в следующем: во время работы кабель нагревает трубу по внешней (внутренней) поверхности, которая, обладая высокой теплопроводностью, отдает тепло жидкости, проходящей через трубопровод. Этот метод используется для удаления уже имеющихся АСПО при выполнении условий точности расчета тока, необходимого для нагрева, и времени воздействия, достаточного для расплавления отложений, образовавшихся на стенках труб. К минусам эксплуатации нагревательных кабелей можно отнести частые выходы из строя брони кабеля, происходящие при спускоподъемных операциях во время капитального ремонта.

Можно выделить еще один тепловой метод, основанный на использовании жидких или газообразных теплоносителей (нефть, вода или пар). Для выработки пара наиболее часто используются паропередвижные установки (ППУ) [9, 12, 13].

Необходимо учитывать, что увеличение молекулярного веса парафиновых углеводородов приводит к увеличению температуры плавления, что в конечном итоге увеличивает необходимое для перехода в расплавленное состояние количество тепла. Удаление отложений АСПО происходит за счет:

- 1) размягчения и плавления парафина с последующим растворением в горячей нефти;
- 2) уменьшения сил сцепления с металлической поверхностью, приводящее к отделению частиц АСПО и их удалению их потоком горячей нефти.

Для диспергирования АСПО в нефть добавляют ПАВ в количестве 0,02–5 % от объема нефти. Они предотвращают повторное отложение парафинов на стенках трубопровода.

В последнее время нередко используется термохимический метод. Он основан на использовании нескольких реагентов. Происходит реакция, вследствие которой выделяется большое количество тепла. Таким образом, достигается быстрое плавление и растворение отложений. Для данного метода чаще всего применяются растворы щелочных металлов и сплавов, так как они при взаимодействии с пластовой водой вступают в экзотермическую реакцию; используется тепло, полученное после окислительно-восстановительной реакции водных растворах солей аммония и нитрита натрия в кислой среде. Недостатками данного метода являются:

- 1) негативное воздействие на свойства нефти (при использовании азосодержащих реагентов товарные свойства ухудшаются);
- 2) неконтролируемость реакций выделения тепла (пожароопасность).

К недостаткам, относящимся ко всем термическим методам депарафинизации скважин, которые ограничивают их применение, можно отнести:

- 1) высокую вероятность повторного осаждения парафинов на поверхности оборудования и трубопроводов, когда температура понизится до значения, недостаточного для полного плавления АСПО (происходит удлинение цепочек парафина, формирование структурных решеток);

- 2) заклинивание насосного оборудования по причине заполнения частицами отложений (рис. 3).



Рис. 3. Отложения механических примесей на металлическом оборудовании [5]

4. *Использование очистных скребков.* В процессе эксплуатации ТП происходит уменьшение пропускной способности в связи с накоплением АСПО. Уменьшение пропускной способности резко снижает эффективность работы трубопроводов, увеличивает затраты на прокачку нефти. К тому же, накопление отложений парафинов приводит к снижению качества перекачиваемого продукта вследствие загрязнения их механическими примесями.

Очистные скребки предназначены для удаления из внутренней полости трубопровода от АСПО. Это полая стальная конструкция, имеющая диски и манжеты (из резины или полиуретана), устойчивые к истиранию. Стоит отметить, что диски из полиуретана обладают большей износостойкостью, улучшают степень очистки трубопроводов [13–16].

Периодическая очистка трубопровода производится двумя и более очистными устройствами в соответствии с «Положением о проведении работ по очистке внутренней полости магистральных нефтепроводов». Принцип действия прибора: скребок в трубопроводе движется в потоке нефтепродукта за счет перепада давления, появляющегося благодаря наличию манжет. Во избежание остановки очистных устройств необходимо поддерживать скорость течения нефти более 0,75 м/с.

Выводы. Был рассмотрен механизм образования асфальтосмолопарафинистых отложений: вследствие чего происходит отложение парафинов, какие факторы способствуют более быстрому процессу их кристаллизации. Замечено, что наличие смолисто-асфальтовых веществ улучшает адгезию кристаллов парафина на металлических поверхностях оборудования и трубопроводов.

Также, были проанализированы несколько способов воздействия на парафиновые отложения. Отмечены сильные изменения реологических свойств при акустическом воздействии с добавлением воды.

Каждый из методов воздействия имеет определенные недостатки, связанные прежде всего с частыми поломками оборудования, необходимости дополнительной очистки нефтепродуктов, недостаточным временем снижения вязкости нефти, возникающими кавитационными процессами: образование каверн (пузырьков) и последующее их схлопывание приводит к гидравлическим ударам, что приводит к снижению эксплуатационных сроков насосного оборудования ввиду его повреждения.

Стоит отметить, что объединение нескольких методов является вполне целесообразным решением, так как одновременное воздействие двух различных методов, как, напри-

мер, при физическом воздействии акустическими полями при сравнительно небольшом содержании воды, оказывает более значительные воздействия по сравнению с влиянием одного метода: вязкость нефти в отдельных случаях снижается на 70 %, при этом возврат мелкодисперсной фазы в первоначальное состояние замедляется более чем в 100 раз.

Таким образом, можно сделать следующий вывод. Проблема поиска новых методов воздействия на АСПО остается актуальной, так как возможен поиск новых решений долговременного изменения реологических свойств нефти, основанный как на объединении уже существующих методов влияния на кристаллизацию парафина на границе сред и сохранение мелкодисперсности системы, так и поиска альтернативных решений данной проблемы.

Библиографический список

1. Глущенко В.Н., Силин В.Н., Герин Ю.Г. Предупреждение и устранение асфальтеносмолопарафиновых отложений // М.: Интерконтакт: Наука, 2009. 475 с.
2. Сергеев С.Р., Таимова Б.А., Талалаев Е.И. Высокомолекулярные неуглеводородные соединения нефти // М.: Наука, 1979. 269 с.
3. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия // М.: Высшая школа, 2004. 445 с.
4. Смолянец Е.Ф., Телин А.Г., Мамлеева Л.А. Выбор реагентов для борьбы с отложениями в добыче нефти по результатам лабораторного тестирования // Нефтепромысловое дело. 1995. С. 74–77.
5. Зырянов А.О. Исследование коррозионного разрушения насосно-компрессорных труб из стали 15Х5МФБЧ в высоко агрессивных нефтепромысловых средах и усовершенствование технологии термической обработки этих [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.16.09 / Зырянов Андрей Олегович. Тольятти. 2018. 179 с.
6. Гришанович А.И., Татарин Я.С. Исследование коррозионных процессов металлических конструкций // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. № 3 (8). С. 46–51.
7. Тульская С.Г., Харьковская А.А., Аралов Е.С. Перспективы развития строительства морских трубопроводов и расчёт допустимых напряжений и деформаций // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 2 (11). С. 56–62.
8. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений / А.И. Калинина, А.С. Скрыженко, А.Р. Бохан, В.В. Покатаева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 3 (12). С. 25–32.
9. Новый тип нефтяных залежей / С.Г. Тульская, Г.А. Кузнецова, Д.А. Добровольский, А.Р. Головня // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. № 3 (20). С. 38–42.
10. Повышение противокоррозионных свойств нефтехимического и газового оборудования / Е.Г. Усачёв, А.В. Добычин, М.М. Островская, Н.А. Петрикеева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 1 (14). С. 22–28.
11. Аралов Е.С., Помогалов В.Н., Карташов Н.А. Анализ современных проблем обеспечения надёжности объектов хранения углеводородного сырья // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. №4 (21). С. 6–11.
12. Журавлев П.О., Плаксина Е.В. Разрушающие методы контроля трубопроводов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 1 (22). С. 34–38.
13. Хорошилова Е.Л., Петрикеева Н.А., Попова Н.М. Повышение противокоррозионных свойств защиты газонефтепроводов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 2 (11). С. 42–49.
14. Реологическое моделирование истечения жидкости при переменном напоре из вертикального трубопровода / Б.М. Кумицкий, С.Г. Тульская, И.А. Апарина, М.А. Сарычев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. № 4 (9). С. 19–23.
15. Тульская С.Г., Калинина А.И., Петрикеева Н.А. Основные аспекты экологических проблем нефтегазовой отрасли // Нефтяная столица. Материалы 4-й Международного молодежного научно-практического форума. Ханты-Мансийск, 2021. С. 199–202.
16. Определение суммарной безразмерной концентрации выбросов загрязняющих веществ / Э.Н. Лысенко, Н.А. Петрикеева, Н.В. Шуменко, Ю.С. Денисова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. №1(2). С. 244–248.

Для цитирования: Калинина А.И. Анализ методов воздействия на нефть с высокой вязкостью флюидов / А.И. Калинина, А.И. Коровкина, А.В. Дядина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 37–43.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

С. Ю. Вобленко, И. И. Бредихин, Д. С. Забродин, Д. Ю. Агапов

Воронежский государственный технический университет

С. Ю. Вобленко, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(951)569–63–04, e-mail: voblenkosergei@mail.ru

И. И. Бредихин, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)125–36–46, e-mail: ilya-fm@bk.ru

Д. С. Забродин, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(951)852–39–69, e-mail: dmitrich9623@mail.ru

Д. Ю. Агапов, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271–53–21, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru

Постановка задачи. При эксплуатации компрессорных станций необходимым мероприятием является охлаждение технологического газа после компримирования перед подачей его в магистральный трубопровод. Температура газа на выходе из аппаратов воздушного охлаждения (АВО) влияет на такие важные параметры, как объем технологического газа, подаваемого в магистральный газопровод (МГ), температуру грунта в месте пролегания МГ, срок эксплуатации узлов и агрегатов компрессорной станции (КС). Контроль и регулирование температуры газа на выходе из компрессорного цеха, является одной из важнейших задач персонала, который занимается эксплуатацией КС. В зависимости от наружной температуры воздуха необходимо регулировать тепловой поток в системе АВО, определение количества работающих вентиляторов в течение года и затрат электроэнергии.

Результаты. На основе проведенных расчетов осуществлен выбор типа АВО для КС города Новый Уренгой. Построен график, который наглядно показывает зависимость числа работающих вентиляторов от температуры наружного воздуха. Определены затраты на эксплуатацию АВО газа в оптимальном режиме работы для каждого месяца.

Выводы. Полученные результаты позволяют эксплуатировать систему охлаждения газа с минимальными затратами ресурсов.

Ключевые слова: компрессорная станция, охлаждение газа, аппараты воздушного охлаждения, эксплуатационные затраты.

Введение. При проектировании компрессорной станции, важную роль играет охлаждение технологического газа, подаваемого в магистральный газопровод [1, 4, 5]. Большая температура газа сокращает срок службы агрегатов компрессорного цеха и может разрушить изоляцию труб, также увеличиваются энергозатраты на транспортировку необходимого объема [2, 6, 7]. Большинство крупных месторождений газа находится в северных районах страны и транспорт потребителю, который в большей степени располагается в центральной части России, осуществляется через магистральные газопроводы, проложенные в вечномерзлых грунтах. Повышенная температура газа способствует оттаиванию грунта, что может привести к всплытию участка трубопровода на поверхность земли.

Охлаждение технологического газа после системы компримирования можно осуществить в холодильных установках, таких как воздушные, пароконденционные, абсорбционные, а также в градирнях различного типа. В настоящее время на КС преимущественно используются аппараты воздушного охлаждения.

Основными их элементами являются стальная рама, теплообменный блок и вентиляторы [3, 8]. В соответствии с действующими нормами проектирования ОНТП 51–1–85 выбирается количество АВО, причем оптимальная температура после охлаждения должна иметь значение на 10–15 °С выше по отношению к наружной. Рассчитанное значение поверхности теплообмена увеличивают на 10 % с целью учета возможности поломки вентиляторов и постепенного загрязнения теплоотдающих поверхностей. При достижении температуры газа после системы охлаждения 45 °С, необходимо включение в работу резервных вентиляторов, а при 70 °С предусматривается аварийная остановка станции.

1. Расчет АВО газа для КС. При проектировании компрессорной станции остро встает вопрос охлаждения технологического газа после нагнетателей. Согласно ВРД 39–1.8–055–2002 количество АВО газа на КС должно быть определено на основе гидравлического и теплового расчета эксплуатируемого участка магистрального газопровода. Основными параметрами будут являться температура компримированного газа на входе в АВО и окружающего воздуха [9, 11]. В соответствии с рекомендациями ОНТП 51–1–85, расчетную температуру наружного воздуха T_a для рассматриваемого периода определяют по формуле:

$$T_a = T_a + \delta T_a, \quad (1)$$

где T_a – средняя температура наружного воздуха за расчетный период, определяемая по данным климатологии; δT_a – поправка на изменчивость климатических данных.

Для компрессорной станции, находящейся в районе г. Новый Уренгой, были выполнены гидравлический и тепловой расчеты трубопровода. На основании проведенных расчетов был принят к установке АВО 2АВГ –75С. Каждый тип АВО имеет как свои достоинства, так и недостатки. Одним из самых распространенных типов АВО, доказавших свою надежность работы и простоту управления, являются аппараты типа 2АВГ, особенностью которых является наличие входных и выходных коллекторов газа. Аппараты 2АВГ–75 и 2АВГ–100 представляют собой горизонтально расположенные три теплообменные секции. Каждая секция является набором из оребренных биметаллических труб, объединенных в 6 рядов. Наружный воздух подается двумя осевыми вентиляторами по схеме снизу-вверх и проходя между трубками охлаждает компримированный газ.

Было рассмотрено четыре сезона, в которых работает установка охлаждения газа. Среднемесячные температуры наружного воздуха и атмосферное давление для рассматриваемой территории, приведены в таблице.

Расчетные среднемесячные значения наружного воздуха

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Температура, °С	-26,9	-26	-10,2	-7,15	-6	7	11	16	6	-8,3	-16,8	-18
Атмосферное давление, мм.рт.ст	758	758	752	752	754	752	749	753	755	756	757	750

2. Определение числа эксплуатируемых вентиляторов и затрат ресурсов. При расчетах компрессорной станции было взято 14 секций АВО 2АВГ–75С, количество вентиляторов – 28 штук.

Основным параметром является тепловая мощность АВО $Q_{АВО}$, кВт, которая по методике теплового и аэродинамического расчета аппаратов воздушного охлаждения ВНИИ-НЕФТЕМАШ, определяется уравнением баланса:

$$Q_{ABO} = G_6 \cdot c_{pm.6} \cdot (t_{e1} - t_{e2}) = G_2 \cdot c_{pm.2} \cdot (t_{e1} - t_{e2}) = k \cdot F \cdot \Theta, \quad (2)$$

где G_6 – средний массовый расход воздуха через АВО, кг/с; G_2 – средний массовый расход газа через АВО, кг/с; $c_{pm.6}$ – средняя удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К); $c_{pm.2}$ – средняя удельная теплоемкость газа, кДж/(кг·К); F – площадь поверхности теплообмена, м²; t_{e1}, t_{e2} – значение температуры природного газа на входе и выходе АВО, °С; t_{e1}, t_{e2} – значение температуры воздуха на входе и выходе АВО, °С; Θ – средний логарифмический температурный напор, К.

Зависимость количества работающих вентиляторов в установках охлаждения газа при достижении рекомендуемых параметров в зависимости от температуры наружного воздуха, изображена на рис. 1.

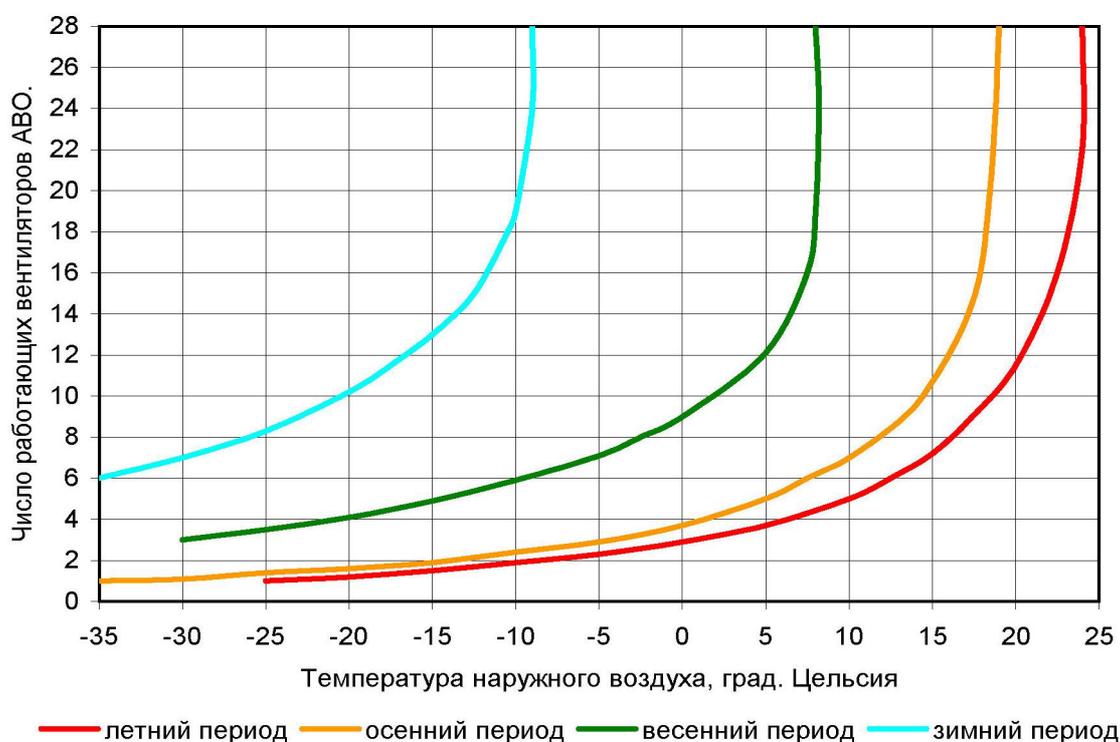


Рис. 1. Зависимость числа работающих вентиляторов от наружной температуры воздуха

Из рис. 1 можно сделать следующие выводы. Количество работающих вентиляторов возрастает при увеличении температуры наружного воздуха. Например, для зимнего периода при температуре наружного воздуха минус 35 °С, количество работающих вентиляторов составляет 6 штук, а при температуре минус 10 °С – 19 штук. Параметры наружного воздуха значительно влияют на количество работающих вентиляторов, а, следовательно, на эксплуатационные затраты [10,11].

На рис. 2 представлены затраты электроэнергии и топливного газа при эксплуатации оптимального числа вентиляторов в зависимости от температуры наружного воздуха.

Из рис. 2 следует, что самые большие затраты энергоресурсов происходят в летний период года, так как температура наружного воздуха имеет максимальные значения, а наименьшие в зимнем.

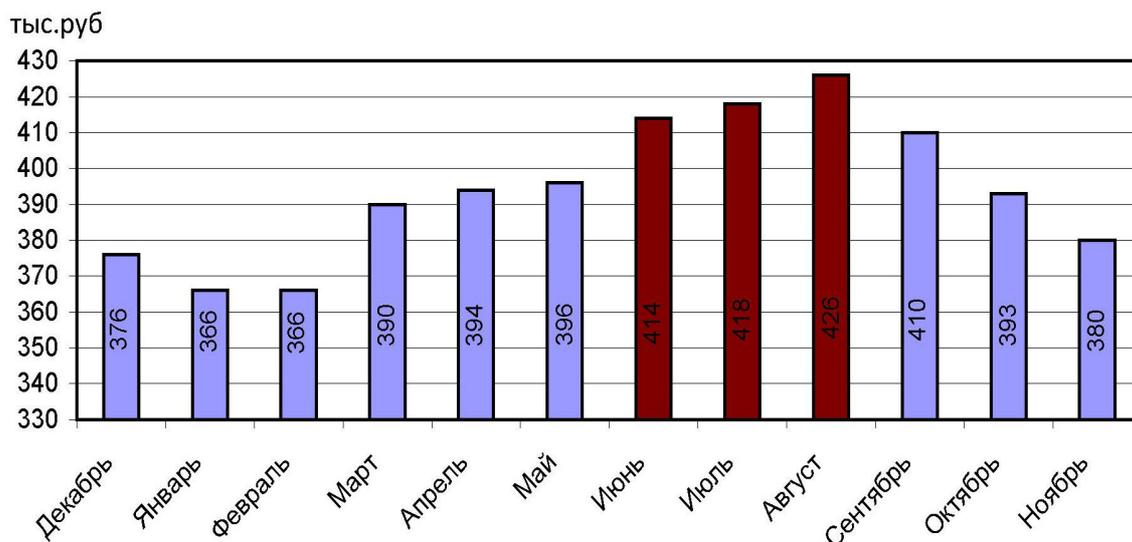


Рис. 2. Затраты на электроэнергию и топливный газ

Выводы. На примере климатологических данных г. Новый Уренгой показано, что ошибка в выборе числа АВО газа на КС может привести к значительному перерасходу финансовых средств, как при строительстве КС, так и при ее дальнейшей эксплуатации. Проведенные расчеты позволили построить график работы вентиляторов АВО в течение года. Определены эксплуатационные затраты на систему АВО при эксплуатации оптимального числа вентиляторов.

Библиографический список

1. Мартыненко Г.Н., Китаев Д.Н. Перспективы развития системы газоснабжения городского округа г.Воронеж на период до 2035 г. // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. №3 (51). С. 11–21.
2. Коэффициент сжимаемости природного газа расчетного состава /Д.Н. Китаев, Д.О. Недобежкин, В.М. Богданов, Т. Бейманов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. №3 (8). С. 23–29.
3. Снижение энергозатрат на охлаждение природного газа в АВО КС / О.Е. Аксютин, А.А. Пятибрат, С.В. Кубаров, А.К. Прохонов // Газовая промышленность. 2009. № 2. С. 74–76.
4. Алимов С.В., Лифанов В.А., Миатов О.Л. Аппараты воздушного охлаждения газа: опыт эксплуатации и пути совершенствования // Газовая промышленность. 2006. № 6. С. 54–57.
5. Шайхутдинов А.З., Лифанов В.А., Маланичев В.А. Современные АВО газа – ресурс энергосбережения в газовой отрасли // Газовая промышленность. 2010. №9 (650). С. 40–41.
6. Михайлова Е.О., Китаев Д.Н. Прогнозирование гидравлических характеристик газопроводных сетей на газораспределительных пунктах // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. №3 (8). С. 23–29.
7. Китаев Д.Н., Хузин В.Ю. Охлаждение воды в трубопроводах системы горячего водоснабжения при отсутствии циркуляции // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2017. №1 (6). С. 9–13.
8. Алимов С.В., Зайцев Е.Г., Кубаров С.В. Экономический подход к охлаждению природного газа на КС МГ // Газовая промышленность. 2009. № 3. С. 46–47.
9. Черных Е.М., Китаев Д.Н. Математическая модель конвективного теплопереноса при зарядке теплового аккумулятора // Вестник воронежского государственного технического университета. 2007. №6. С. 124–128.
10. Автоматизация процессов регулирования газовой среды / С.Г. Тульская, А.А. Губин, С.А. Петров, Р.А. Задвицкий // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2019. № 4 (17). С. 24–28
11. Худяков А.М., Плохих Н.В., Колосова Н.В. Расчет остаточного ресурса газоперекачивающего агрегата типа ГТК-25ИР от фирмы «НУОВО-ПИНЬОНЕ» // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 4 (13). С. 17–23.

Для цитирования: Определение затрат на эксплуатацию системы охлаждения газа при оптимальном режиме работы / С.Ю. Вобленко, И.И. Бредихин, Д.С. Забродин, Д.Ю. Агапов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 44–47.

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)

УДК 504:678.7

АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

Ж. А. Дудкина, Е. И. Головина

Воронежский государственный технический университет

Ж. А. Дудкина, студент кафедры техносферной и пожарной безопасности

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)953-76-25, e-mail: dudkina.zhanna@bk.ru

Е. И. Головина, ст. преподаватель кафедры техносферной и пожарной безопасности

Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: dudkina.zhanna@bk.ru

Постановка задачи. В статье рассмотрены вредные и социальные факторы производства синтетического каучука, влияющие на здоровье работников. Приведена краткая характеристика предприятия АО «Воронежсинтезкаучук» в области охраны труда и промышленной безопасности, где используется культура «нулевого травматизма».

Результаты и выводы. Проведен анализ отдельного и совместного влияния вредных и социальных факторов на сокращение продолжительности жизни рабочих. Оценена работа предприятия по улучшению рабочей среды и рассмотрено новейшее оборудование обнаружения брака на производстве под названием «техническое зрение».

Ключевые слова: синтез каучуков, охрана труда, промышленная безопасность, вредные факторы, социальные факторы.

Введение. Синтез каучуков – это комплекс бесконечного многообразия. Каждый новый каучук является носителем своих оригинальных свойств. Резиновая промышленность, пользуясь как натуральными, так и синтетическими каучуками, получает недостающую ей широкую свободу в выборе нужных свойств. Участок производства эмульсионных каучуков предназначен для выделения крошки каучука из латекса, сушки крошки каучука в сушильных агрегатах и брикетирования получаемого каучука.

«Воронежсинтезкаучук» является одним из крупнейших производств синтетического каучука в России. В непосредственной близости находится АЗС, жилые и административные здания, а также частная пожарная часть. Использование новейших технологий в производственном процессе значительно уменьшает количество бракованных изделий и риски для здоровья работников предприятий.

Целью исследования является анализ вредных и социальных факторов производственной среды предприятия АО «Воронежсинтезкаучук» [1, 2].

Уровень травматизма LTIF составляет 0,27 с учетом подрядных организаций. Всего инцидентов за 2019 год на предприятии – 9. Это на 63 % меньше по сравнению с прошлым годом. Также выявлено 240 существенных рисков для жизни.

В таблице предоставлена информация об оценке условий труда для мужчин, женщин и инвалидов [3, 4].

Результаты проведения оценки условий труда

Наименование	Количество рабочих мест и численность работников, занятых на этих рабочих местах		Количество рабочих мест и численность занятых на них работников по классам условий труда						
	всего	в том числе, на которых проведена специальная оценка условий труда	класс 1	класс 2	класс 3				класс 4
					1	2	3	4	
Рабочие места (ед.)	423	423	0	139	56	222	0	0	0
Работники, занятые на рабочих местах (чел.)	585	585	0	200	69	310	6	0	0
из них женщин	106	106	0	100	3	3	0	0	0
из них лиц в возрасте до 18 лет	0	0	0	0	0	0	0	0	0
из них инвалидов	1	1	0	1	0	0	0	0	0

Воздействию опасных производственных факторов на предприятии ежедневно подвергаются 478 мужчин, 106 женщин и 1 инвалид. Большая часть работников подвергается воздействию 2 класса ОПФ. В среднем мужчины чаще подвергаются воздействию 3–2 класса ОПФ, а женщины и инвалиды – 2 класса.

На 2019 год была утверждена «Стратегия в области устойчивого развития до 2025 года», согласно которой установлены следующие ключевые цели в области охраны труда и промышленной безопасности:

- ежегодное сокращение ЛТИФ на 5 %;
- среди сотрудников и подрядчиков компании (исключая подрядчиков, осуществляющих строительные работы);
- ноль смертельных случаев.

СИБУР использует рискориентированный подход к осуществлению производственного контроля в области промышленной безопасности и внутренних оценок соответствия ИСМ требованиям международных стандартов. Для этого создается культура управляемого «нулевого травматизма», для которого, в свою очередь, характерно достижение устойчивого нуля по несчастным случаям и нетерпимость к нарушению правил безопасности в отношении себя и окружающих. Компания стимулирует ответственное поведение на всех уровнях, чтобы обеспечить безопасные условия труда для всех сотрудников и подрядчиков СИБУРа.

Нулевой травматизм (НТ) – это качественно новый подход к организации профилактики на предприятии [1, 5]. НТ имеет три направленности:

- 1) производственная безопасность;
- 2) охрана труда;
- 3) благополучие работников на уровнях производства.

Главная идея безопасности – организовать системы по охране труда на уровне, который дает возможность не допускать несчастные случаи и профессиональные заболевания на производствах.

В идею включены 7 «золотых» правил:

- 1) личный пример руководства;
- 2) деятельность по обнаружению угроз;
- 3) обеспечение безопасности труда;
- 4) повышение профессионализма работников;
- 5) мотивация персонала;
- 6) обеспечение безопасности рабочих мест;
- 7) обеспечение безопасности при работе с оборудованием.

Первым шагом к реализации концепции нулевого травматизма является уже накопленный опыт по разработке и содержанию программы «нулевого травматизма» [2, 3].

1. Вредные факторы производства. Производство синтетического каучука нередко сопровождается запахами, но не всегда они означают опасность отравления. Появление запаха почти всегда указывает на наличие неплотности в аппаратуре или трубопроводах и сигнализирует о возможной опасности.

Основные опасности производства синтетического каучука заключаются в огне и взрывоопасности применяемых продуктов. Кроме того, все горючие пары и газы производства синтетического каучука, смешиваясь с воздухом, образуют взрывоопасные смеси.

Опасность представляет также прямой солнечный свет, способный вызвать образование перекисных соединений в продуктах производства синтетического каучука.

На территории АО «Воронежсинтезкаучук» хранится и перерабатывается большое количество горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), которые, в смеси с воздухом, образуют опасные взрывчатые парогазовые системы.

Процесс горения продуктов производства синтетического каучука часто сопровождается взрывоопасностью и экзотермическими реакциями. Поэтому есть вероятность распространения пожара между емкостями. При тушении пожаров на производстве синтетического каучука, кроме пены, подается обильное количество воды для того, чтобы охладить наружные поверхности аппаратов, емкостей и трубопроводов.

При возникновении пожара внутри помещений выключаются все вентиляционные системы, закрываются окна, двери, дефлекторы. Сушильные агрегаты снабжены автоматической системой пароводотушения и водяными отсекающими завесами, приводящимися в действие вручную.

Таким образом, главным опасным производственным фактором в АО «Воронежсинтезкаучуке» является опасность возникновения пожаров из-за контакта газовых смесей или паров с воздухом.

До 2018 года обнаружением браковочных изделий занимались непосредственно рабочие, но после внедрения «технического зрения» рабочие лишь контролируют состояние приборов из пунктов наблюдения [6].

Техническое зрение – это применение компьютерного (или механического) зрения для промышленности и производства. Состав системы технического зрения представлен на рис. 1.

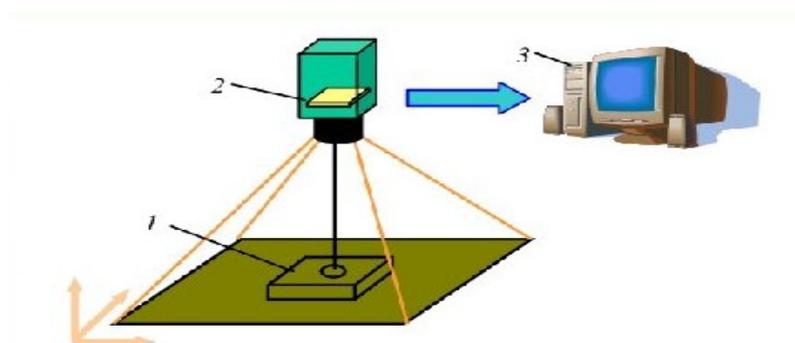


Рис. 1. Схема технического зрения: 1 – объект контроля; 2 – видеокамера; 3 – персональный компьютер

Техническое зрение позволяет:

- 1) практически полностью исключить брак выпускаемой продукции;
- 2) исключить человека из производственного процесса;
- 3) улучшить качество выпускаемой продукции;
- 4) повысить рентабельность производства из-за сокращения рабочих мест;
- 5) эффективно внедрить робототехнические системы на производство [4].

2. Факторы социально-производственной среды. К факторам социально-производственной среды, которые влияют на устойчивость человека к психоэмоциональному стрессу, относятся [1, 3]:

- 1) социальные перемены – изменения, которые происходят в данной организации;
- 2) повышенная ответственность за работу;
- 3) преобладание интеллектуального труда. Группы умственного труда:
 - выполняемый по заранее разработанному плану и требующий напряжения мыслительных процессов: труд инженеров, бухгалтеров, экономистов и др.;
 - отличающийся неравномерностью нагрузки и необходимостью принимать оперативные нестандартные решения.
- 4) постоянный недостаток времени на работу – нехватка времени, вызванная плохой организацией работниками или руководством своей деятельности, приводящая к спешке, затягиванию окончания выполнения заданий, некачественной работе, потерям в производстве, браку и т. д., что существенно влияет на эффективность и результативность работы предприятия;
- 5) нарушение режима труда и отдыха, что приводит к ряду проблем, таким как стресс, эмоциональное выгорание и хронической усталости;
- 6) хроническая усталость, начинающаяся с легких расстройств, подавляющих физическую активность, сна и постепенно приводящую к мышечной и головной боли;
- 7) падение личного престижа: происходит из-за вредных или опасных условий труда, то есть многие отдадут предпочтение неинтересным профессиям, но материально выгодным;
- 8) отсутствие элементов творчества в работе: той формы деятельности человека и коллектива, которая отвечает за создание качественно нового и никогда ранее не существовавшего;
- 9) ночные смены и недостаток свободного времени для удовлетворения личных потребностей;
- 10) неправильное питание: недостаточное или избыточное поступление калорий и/или питательных веществ, что приводит к:
 - развитию заболеваний;
 - снижению иммунитета;
 - быстрой утомляемости;
 - преждевременному старению и смерти.

Все последствия неправильного питания усугубляются за счет вредных и опасных факторов данного производства.

- 11) курение и систематическое употребление алкоголя [2].

На рис. 2 изображено здание управления цехом выделения каучука СКС, которое находится в непосредственной близости от производства, следовательно, на младший управляющий состав совместно влияют вредные и опасные факторы производства и социальные факторы, такие как: давление со стороны старшего управляющего состава и повышенная ответственность за данный цех и его работников [7, 8].

Исследования показывают, что социальные факторы также оказывают большое влияние на здоровье человека и продолжительности жизни. В результате эксперимента определены величины продолжительности жизни для трех групп работников предприятия, где были

использованы самые неблагоприятные производственные, городские и бытовые условия [9, 10]. Из расчета следует, что самая большая величина СПЖ среди мужчин составляет 9 лет, среди женщин – 2 года, среди инвалидов – 8 лет (см. рис. 3) [1].

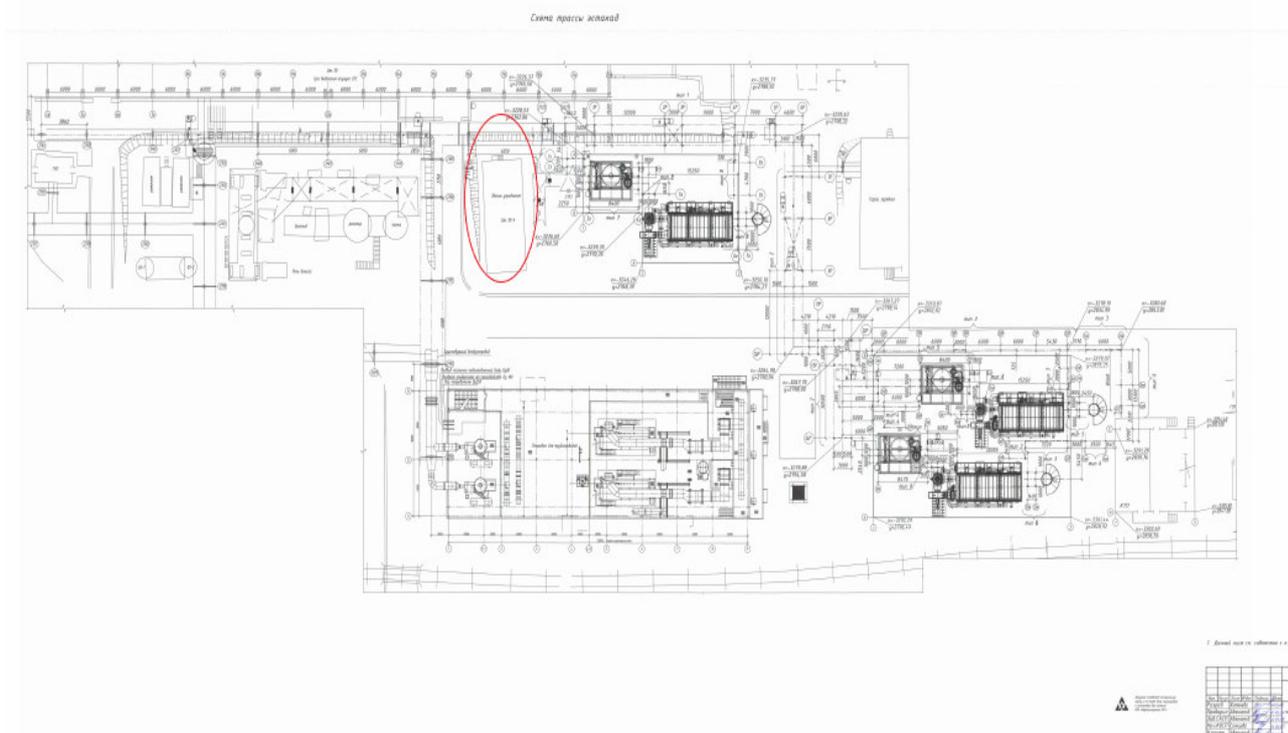


Рис. 2. План цеха выделения каучука СКС с указанием здания управления

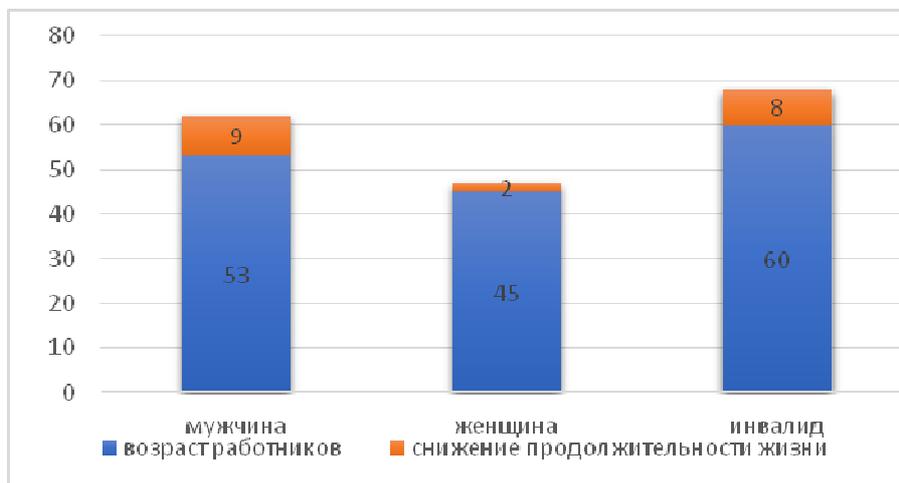


Рис. 3. График снижения продолжительности жизни по вредным факторам производства

АО «Воронежсинтезкаучук – предприятие, деятельность которого сопряжена не только с влиянием вредных факторов производства, но и большим стрессом. Учитывая этот факт, продолжительность жизни работников будет снижаться в среднем на 2 года [3, 11]. Таким образом, снижение продолжительности жизни мужчин составит 11 лет, женщин – 4 года, а инвалидов – 10 лет (см. рис. 4).

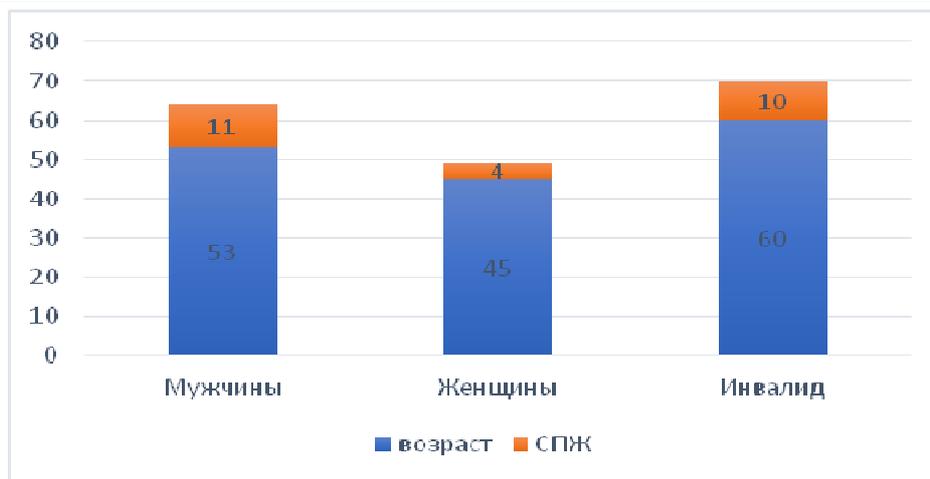


Рис. 4. Снижение продолжительности жизни по вредным и социальным факторам производственной среды

В целях борьбы с опасными факторами на производстве завода «Воронежсинтезкаучук» организованы целевые программы, которые направлены на предотвращение несчастных случаев и уменьшение уровня травматизма рабочего состава СИБУРа и подрядчиков. Также оцениваются риски травматизма при работе на производстве.

СИБУР соблюдает все требования законодательства и зафиксированные в корпоративных документах обязательства по обеспечению безопасности и охране труда, а также ведет работу по минимизации рисков, предотвращению травматизма и сохранению здоровья работников. Реагирование на чрезвычайные ситуации (ЧС) в СИБУРе организовано на основании ФЗ РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Все сотрудники проходят обучение действиям при возникновении ЧС.

Завод «Воронежсинтезкаучук» оборудован первичными системами и средствами пожаротушения. В непосредственной близости от объекта находится частная пожарная часть. В результате исследований определены социальные факторы производственной среды, усугубляющие влияние вредных факторов на здоровье работников; рассмотрена культура управляемого «нулевого травматизма»; представлена оценка положительного влияния новейшей системы обнаружения брака на производстве, такой как «техническое зрение».

Выводы. В качестве общих выводов по данной работе рекомендовано выполнение следующих мероприятий:

1. Обеспечить строгое выполнение «золотых» правил «нулевого травматизма».
2. Улучшить вентиляцию и шумоизоляцию в здании управления, где находятся работники младшего управляющего состава. Организовать столовые в местах, где влияние вредных факторов производства будет минимальным или отсутствовать. Увеличить количество рабочих для увеличения смен и сокращения времени влияния вредных веществ на организм, так как большая часть работников находятся под влиянием 3 класса условий труда производственной среды, что является небезопасным для здоровья. Установить систему «технического зрения» во все производственные процессы, что позволит улавливать посторонние включения размером от 0,5 мм не только на стадии сортировки и упаковки, но и на всех стадиях производства без непосредственного участия персонала.
3. Организовать комфортные комнаты отдыха для уменьшения влияния стресса на работников предприятия.

Библиографический список

1. Репникова О.Н., Головина Е.И. Оценка экологических факторов Воронежской области и их влияние на продолжительность жизни населения // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2016. № 11. С. 173–176.
2. Головина Е.И., Савенкова Е.А., Соловьева Е.А. Экологические факторы среды обитания и их влияние на здоровье населения Воронежской области // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2015. № 8. С. 243–246.
3. Щербатых Ю.В. Психология стресса и методы коррекции. СПб.: Питер, 2006. 256 с.
4. Формирование и развитие инновационной инфраструктуры в целях коммерциализации технических проектов/ Е.В. Шкарупета, О.А. Попова, О.Г. Шальнев, Н.В. Колосова // Энергетическое управление муниципальных объектами и устойчивые энергетические технологии: сборник трудов по материалам XXI Международной научной конференции. Воронеж, 2020. С. 52–56.
5. Интегральная балльная оценка тяжести труда операторов смесителей асфальтобетонных заводов в условиях высокой запыленности рабочей зоны / Е.И. Головина, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, М.В. Манохин, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 1 (12). С. 95–98.
6. Системы технического зрения: Принципиальные основы, аппараты и математическое обеспечение / Под общ. ред. А. Н. Писаревского, А. Ф. Чернявского // Л.: Машиностроение, 1988. 423 с.
7. Кузнецов С.Н., Петрикеева Н.А. Экологическая безопасность воздушной среды помещений с выделением вредных веществ различной плотности // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. №1 (29). С. 82–90.
8. Головина Е.И., Иванова И.А., Манохин В.Я. Экологическая безопасность рабочей зоны литейных цехов машиностроительного производства // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2017. № 1 (14). С. 106–109.
9. РД 17-89. Методические указания по расчету валовых выбросов вредных веществ в атмосферу для предприятий нефтепереработки и нефтехимии. М.: ВНИИУС Казанское ПНУ ИПТ Оргнефтехимзаводы, 1990. 62 с.
10. Определение суммарной безразмерной концентрации выбросов загрязняющих веществ / Э.Н. Лысенко, Н.А. Петрикеева, Н.В. Шуменко, Ю.С. Денисова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. №1 (2). С. 244–248.
11. Головина Е.И., Манохин В.Я., Иванова И.А. Оценка опасных факторов литейного производства // В сборнике: Комплексные проблемы техноферной безопасности. материалы Международной научно - практической конференции. 2016. С. 170–173.

Для цитирования: Дудкина Ж.А. Анализ вредных и социальных факторов производства синтетического каучука / Ж.А. Дудкина, Е.И. Головина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 2 (23). С. 48–54.

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

Уважаемые авторы, пожалуйста, строго следуйте правилам написания и оформления статей для опубликования в журнале «Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации».

1. Изложение материала должно быть ясным, логически выстроенным. Обязательными структурными элементами статьи являются *Введение* (~0,5 страницы) и *Выводы* (~0,5 страницы), другие логические элементы (пункты и, возможно, подпункты), которые следует выделять в качестве заголовков.

1.1. *Введение* предполагает:

- обоснование актуальности исследования;
- анализ последних публикаций, в которых начато решение исследуемой в статье задачи (проблемы) и на которые опирается автор в своей работе;
- выделение ранее не решенных частей общей задачи (проблемы);
- формулирование цели исследования (постановка задачи).

1.2. Основной текст статьи необходимо структурировать, выделив логические элементы заголовками (например, «Анализ характера разрушения опытных образцов...», «Расчет прочности тела фундамента»). В основном тексте рекомендуется выделение не менее двух пунктов (разделов).

1.3. Завершить изложение необходимо *Выводами*, в которых следует указать, в чем заключается научная новизна изложенных в статье результатов исследования («Впервые определено/рассчитано...», «Нами установлено...», «Полученные нами результаты подтвердили/опровергли...»).

1.4. Оригинальность научной работы должна составлять не менее 75 %, при этом величина цитирования и самоцитирования в это значение не входят.

2. Особое внимание следует уделить аннотации: она должна в сжатой форме отражать содержание статьи. Логически аннотация, как и сам текст статьи, делится на три части - *Постановка задачи* (или *Состояние проблемы*), *Результаты*, *Выводы*, которые также выделяются заголовками. Каждая из этих частей в краткой форме передает содержание соответствующих частей текста - введения, основного текста и выводов. Аннотация приводится сразу после информации об авторах.

Требуемый объем аннотации – 7÷10 строк, набранных шрифтом высотой 10 пт. Отступ справа и слева – 1 см, выравнивание по ширине.

3. Обязательно указание мест работы всех авторов, их должностей, контактной информации (сведения об авторах приводятся в начале статьи и набираются шрифтом высотой 10 пт.).

4. Объем статьи должен составлять не менее 4 и не более 10 страниц формата А 4. Поля слева и справа – по 2 см, снизу и сверху – по 2,5 см.

5. Обязательным элементом статьи является индекс УДК, который приводится перед заглавием.

6. Ключевые слова, расположенные в тексте после аннотации, приводятся шрифтом высотой 10 пунктов и помогают в поиске материала статьи в сети Интернет.

7. Для основного текста используйте шрифт Times New Roman высотой 12 пунктов с одинарным интервалом. Не используйте какой-либо другой шрифт. Для обеспечения однородности стиля не используйте курсив, а также не подчеркивайте текст. Отступ первой строки абзаца – 1 см.

8. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Название иллюстраций (10 пт., обычный) дается под ними после слова Рис. с порядковым номером (10 пт., полужирный). Если рисунок в тексте один, номер не ставится. Все рисунки и фотографии желательно представлять в цветном варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение не менее 300 dpi. Избегайте тонких линий в графиках (толщина

линий должна быть не менее 0,2 мм). Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются.

9. Слово «Таблица» с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Единственная в статье таблица не нумеруется.

10. На первой странице внизу также обязательным элементом является указание авторского знака © с перечислением ФИО всех авторов и года издания статьи.

11. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Все употребляемые автором обозначения и аббревиатуры должны быть определены при их первом появлении в тексте.

12. Все латинские обозначения набираются курсивом, названия функций (sin, cos, exp) и греческие буквы - обычным (прямым) шрифтом. Все формулы должны быть набраны только в редакторе формул MathType. Расположение формулы по центру, нумерация по правому краю. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки).

13. Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. Библиографический список приводится после текста статьи на русском языке в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5-2008. Список источников приводится в алфавитном порядке или по порядку их упоминания в тексте.

14. Статьи представляются в электронном и отпечатанном виде, печатный экземпляр должен быть подписан всеми авторами.

15. Редакция обеспечивает рецензирование статей. Статья рецензируется не более двух раз, после повторной отрицательной рецензии статья отклоняется.

16. Для публикации статьи необходимо заполнить и выслать на адрес редакции сопроводительное письмо (шаблон письма размещен на сайте журнала <http://journal-gik.wmsite.ru>).

17. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи.

18. Редакция поддерживает связь с авторами преимущественно через электронную почту – будьте внимательны, указывая адрес для переписки.

19. Представляя рукопись в редакцию, автор гарантирует, что:

– он не публиковал и не будет публиковать статью в объеме более 50 % в других печатных и (или) электронных изданиях, кроме публикации статьи в виде препринта;

– статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями;

– статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами.

Автор согласен с тем, что редакция журнала имеет право:

– предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования;

– производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи;

– допечатывать тираж журнала со статьей автора, размещать в СМИ предварительную и рекламную информацию о предстоящей публикации статьи и вышедших в свет журналах.

20. Рукописи статей авторам не возвращаются (даже в случае отказа в публикации) и вознаграждение (гонорар) за опубликованные статьи не выплачивается.