

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Выпуск № 4 (9) 2017

**ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ СТАТЬИ
ОБРАЩАТЬСЯ**

В РЕДАКЦИЮ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

394006 Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2135а;

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

№ 4 (9)

Ноябрь, 2017

- 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

ISSN 2413-6751

GRADOSTROITELSTVO INFRASTRUKTURA KOMMUNIKATSII

№ 4 (9)

November, 2017

- CITY PLANNING, PLANNING OF VILLAGE SETTLEMENTS
- THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE
- ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES. CREATIVE CONCEPTIONS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY
- HEAT AND GAS SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION
- WATER SUPPLY, SEWERAGE, BUILDING CONSTRUCTION OF WATER RESOURCES PROTECTION
- DESIGNING AND CONSTRUCTION OF ROADS, SUBWAYS, AIRFIELDS, BRIDGES AND TRANSPORT TUNNELS
- TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION
- BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS
- ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND MUNICIPAL SERVICES
- BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS
- CONSTRUCTION AND OPERATION OF OIL AND GAS PIPELINES, DATABASES AND REPOSITORIES
- DESIGNING AND CONSTRUCTION OF ENERGY NETWORKS
- FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY (CIVIL ENGINEERING)

Voronezh



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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель: **Колодяжный С. А.**, ректор,
Воронежский государственный технический университет

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: **Мелькумов В. Н.**, д-р техн. наук, проф.,
Воронежский государственный технический университет

**Заместители
главного редактора:** **Скляров К. А.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет
Чуйкин С. В., канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

**Ответственный
секретарь:** **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. архит. доц., Воронежский государственный технический университет

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

Кобелев Н. С., д-р техн. наук, проф., Юго-западный государственный университет, г. Курск

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

Кушев 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

Шубенков М. В., д-р арх., проф., Московский архитектурный институт (Государственная академия)

Редактор: *Тульская С. Г.* Дизайн обложки: *Чуйкина А. А.*

Подписано в печать 30.11.2017. Усл. печ. л. 6.97. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 256
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2135а;
тел.: (473)2-71-53-21; e-mail: gik_vgasu@mail.ru.

ОТПЕЧАТАНО: Бизнес-Полиграфия, г. Воронеж



**GRADOSTROITELSTVO
INFRASTRUKTURA
KOMMUNIKATSII**

Periodical scientific edition

Published since 2015

Comes out 4 times per annum

Founder and publisher: Federal State Education Budget Institution of Higher Education «Voronezh State Technical University». The territory of distribution - Russian Federation

The articles are reviewed and processed with the program ANTIPLAGIARISM. Articles are abstracted in **Russian Science Index**. This publication cannot be reprinted without the prior permission of the publisher, references at citing are obligatory.

EDITORIAL COUNCIL

The Head: **Kolodyazhny S. A.**, rector,
Voronezh State Technical University

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief: **Melkumov V. N.**, D. Sc. in Engineering, Prof.,
Voronezh State Technical University

**Dep. of the
Editor-in-Chief:** **Sklyarov K. A.**, PhD. in Engineering, Assoc. Prof.,
Voronezh State Technical University
Chujkin S. V., PhD. in Engineering, Assoc. Prof.,
Voronezh State Technical University

**Executive
secretary:** **Tulskaya S. G.**, PhD. in Engineering, Assoc. Prof.,
Voronezh State Technical University

Bondarev B. A., D. Sc. in Engineering, Prof., Lipetsk State Technical University, Russia

Enin A. E., PhD in Architecture., Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Zubkov A. F., D. Sc. in Engineering, Prof., Tambov State Technical University, Russia

Kalgin Y. I., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Kapustin P. V., PhD in Architecture, Assoc. Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Kobelev N. S., D. Sc. in Engineering, Prof., Southwest State University, Kursk, Russia

Kozlov V. A., D. Sc. in Physics and Mathematics, Assoc. Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Kuznetsov S. N., D. Sc. in Engineering., Assoc. Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Kushchev L. A., D. Sc. in Engineering, Prof., Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Russia

Ledenyev V. I., D. Sc. in Engineering, Prof., Tambov State Technical University, Russia

Loboda A. V., D. Sc. in Physics and Mathematics, Assoc. Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Podolsky V. P., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Samodurov T. V., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Chesnokov G. A., PhD. Architecture, Assoc. Prof., Voronezh State Technical University, Russia

Shubenkov M. V., D. Sc. Architecture, Prof., Moscow Architectural Institute, Russia

Editor: *Tulskaya S. G.* Cover design: *Chujkina A. A.*

Signed to print 30.11.2017. Conventional printed sheets 6.97. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order 256
Registration certificate ПИ № ФС77-68664.

THE ADDRESS of EDITORIAL OFFICE: 84 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russian Federation
Tel. / fax: (473)2-71-53-21; e-mail: gik_vgasu@mail.ru.
PRINTED: Business- printing, Voronezh

© Voronezh State Technical University, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ.....	9
<i>Мартыненко Г. Н., Курасов И. С., Маслова Т. О.</i> Методы снижения выбросов газа в атмосферу при проведении ремонтных работ на участках магистральных газопроводов.....	9
<i>Кумицкий Б. М., Тульская С. Г., Апарина И. А., Сарычев М. А.</i> Реологическое моделирование истечения жидкости при переменном напоре из вертикального трубопровода.....	19
<i>Плаксина Е. В.</i> Диагностика стальных трубопроводов системы газоснабжения.....	24
<i>Калинина А. И., Пискунов А. А., Сошникова Е. Е., Хамидулина К. А.</i> Параметры микроклимата для производственных и физкультурно-оздоровительных комплексов.....	31
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	40
<i>Головина Е. И., Иванова И. А.</i> Определение экологической безопасности рабочей зоны литейных цехов.....	40
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ.....	46
<i>Каревский И. Н., Китаев Д. Н., Пугачев К. А.</i> Определение времени безопасной остановки мазутопроводов.....	46
<i>Вернигора В. В., Петрикеева Н. А., Чудинов Д. М.</i> Оценка сложности добычи нефти на российском шельфе.....	52
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....	59

CONTENTS

HEAT AND GAS SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION.....	9
<i>G. N. Martynenko, I. S. Kurasov, T. O. Maslova</i>	
Methods of reducing gas emissions in the atmosphere when repairing works at the sites of gas pipelines.....	9
<i>B. M. Kumitsky, S. G. Tulskeya, I. A. Aparina, M. A. Sarychev</i>	
Rheological modeling of expiry of fluid at variable head of the vertical pipeline.....	19
<i>Plaksina E. V.</i>	
Diagnosis steel pipelines of gas supply system.....	24
<i>Kalinina A. I., Piskunkov A. A., Soshnikova E. E., Hamidulina K. A.</i>	
The parameters for the microclimate of industrial and sports complexes.....	31
ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION AND MUNICIPAL SERVICES.....	40
<i>Golovina E. I., Ivanov I. A.</i>	
Determination of environmental safety the working areas of foundries.....	40
CONSTRUCTION AND OPERATION OF OIL AND GAS PIPELINES, DATABASES AND REPOSITORIES.....	46
<i>Karevsky I. N., Kitaev D. N., Pugachev K. A.</i>	
Determination of the time of safe stopping of majooproducts.....	46
<i>Vernigora V. V., Petrikeeva N. A., Chudinov D. M.</i>	
Estimates of complexity of oil production on the russian shelf.....	52
RULES OF PREPARATION OF ARTICLES	59

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 502/504

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ГАЗА В АТМОСФЕРУ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Г. Н. Мартыненко, И. С. Курасов, Т. О. Маслова

Воронежский государственный технический университет

Г. Н. Мартыненко канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(900)-304-62-51, e-mail: glen2009@mail.ru

И. С. Курасов, студент кафедры жилищно-коммунального хозяйства

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(951)-550-08-40, e-mail: ilya.kurasov@yandex.ru

Т. О. Маслова, студентка кафедры жилищно-коммунального хозяйства

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(919)-246-57-01, e-mail: cosmos35.maslova@yandex.ru

Постановка задачи. Найти и проанализировать методы снижения выбросов газа в атмосферу при проведении ремонтных работ на участке магистрального газопровода. Особое внимание уделить нетрадиционному и малоприменяемому методу при помощи перемычки между двумя параллельными нитками магистрали.

Результаты. Проведен анализ четырех методов снижения выбросов газа в атмосферу и дана их сравнительная характеристика. Выделены их преимущества, недостатки и особенности применения. Произведен расчет экономического эффекта от использования перемычки.

Выводы. При проведении ремонтных работ на магистральных газопроводах для снижения выбросов в атмосферу перемещается часть газа в соседнюю магистраль через технологическую перемычку. При этом получена экономия порядка 7 %. Для получения большей экономии необходимо применение дополнительных перекачивающих устройств. Произведен расчет экономии энергоресурса.

Ключевые слова: магистральные газопроводы, выбросы газа, перемычка, энергосбережение.

Введение. При проведении ремонтных работ на магистральных газопроводах, на участке ремонта внутри трубы остается большое количество газа под высоким давлением. Перед проведением работ [1] этот газ, чаще всего, стравливают в атмосферу через продувочную свечу. Чтобы снизить вред от выбросов газа в атмосферу и получить экономию энергоресурсов [2] целесообразно провести сравнительный анализ возможных способов перемещения этого газа для дальнейшего использования в местах требования.

Рассматриваются методы перемещения газа в соседние работающие магистрали. Особое внимание уделяется методу перемещения газа через технологическую перемычку под действием разницы давлений в ремонтируемой и действующей магистралях. Такой метод не нашел достаточно широкого распространения и требует особого внимания. Большое место уделяется теоретическому расчету параметров перемещаемого газа естественным путем (без

дополнительных устройств и энергозатрат) в соседний магистральный газопровод под действием разности давлений. Рассматривается участок газопровода, на котором реализуется перемещение газового потока.

1. Исходные данные. Рассматривается участок газопровода Уренгой-Ужгород. Данный магистральный газопровод был построен в 1983 г. Средний срок службы магистралей составляет около 35 лет [3], поэтому на участках данного газопровода в перспективе возможно скорое проведение планово-предупредительных ремонтных работ. В качестве исходных принимаются данные, которые были получены авторами от компании ООО «Газпром трансгаз Москва» Курское ЛПУМГ при участии в кейс-чемпионате SWSU Case Championship 2017 в секции «Теплогазоводоснабжение». Предполагается, что организация ремонта будет осуществляться по принципу поточного метода строительства, на участке между двумя ближайшими компрессорными станциями одной нитки магистрали.

2. Перемещение газа через перемычку. Условно принимается проведение ремонтных работ на участке 23/3-19/3 между КС-1, КС-4 (рис.1). Перемещение газа можно осуществить в соседний магистральный газопровод по имеющимся технологическим перемычкам А, Б или В [4].

На участке 23/3-19/3 давление газа изменяется от рабочего порядка 7,5 МПа до значения около 5,6 МПа перед компрессорной станцией КС-4. Для проведения ремонта на участке необходимо остановить работу установок КС-1 [5].

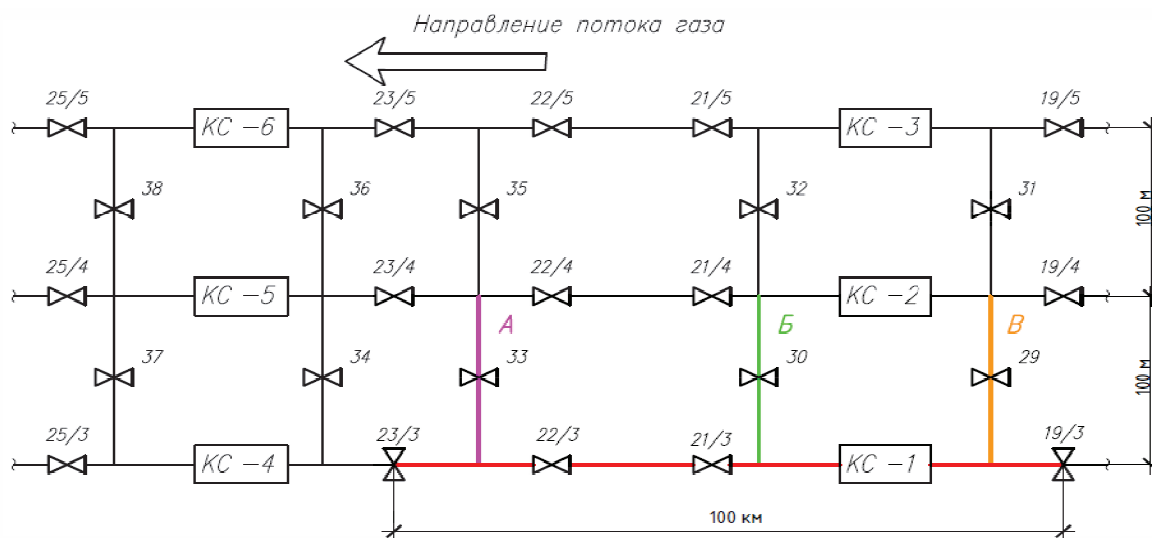


Рис. 1. Структурная схема участка магистральных газопроводов между компрессорными станциями

Остановка газотурбинных установок (ГТУ) происходит постепенно. За это время давление по длине трубы быстро выравнивается вследствие изменения скоростей движения газа и принимает некоторое среднее значение P_{cp}^1 . Исходя из этого, по перемычке Б передачу газа можно осуществить только с помощью нагнетательного устройства, т.к. значение давление после КС-2 близко к рабочему. Естественным путем газ будет перемещаться по перемычкам А и В, однако в случае В будет обеспечен больший перепад давления и, как следствие, перемещение большего объема газа. Последний вариант рассмотрим более подробно.

Запорные устройства 23/3, 8 и 7 от КС-1, 19/3 находятся в положении «закрыто», устройство 20/3 – в положении «открыто» (рис. 2). При открытии запорного устройства 29 объем газа под действием разности давлений начинает перемещаться по перемычке В в соседний газопровод.

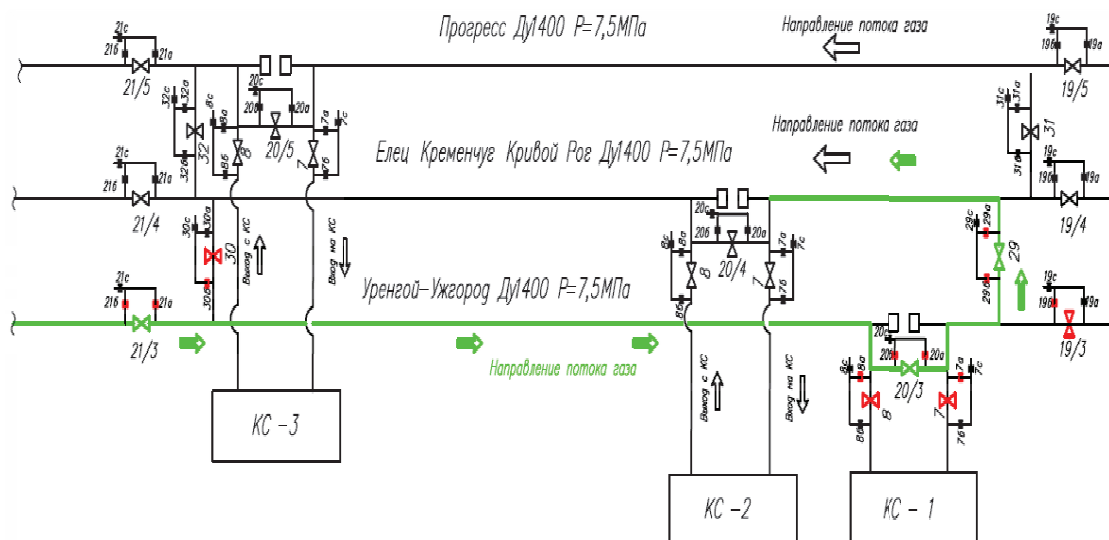


Рис. 2. Организация перемещения газа по перемычке В

Для детального анализа процесса используется математическая модель, представленная в [6, 7]. При отключении участка магистрали режим движения газа на участке отключения приобретет неустановившийся характер. Изотермическое неустановившееся движение газа по трубопроводу с постоянным сечением описывается системой уравнений [4]:

$$\begin{cases} -\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\lambda \rho v^2}{2d} + \rho g \sin \alpha + \frac{\partial}{\partial x} [(1 + \beta) \rho v^2] \\ -\frac{1}{c^2} \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} \end{cases}, \quad (1)$$

где d – внутренний диаметр трубы, м; x – координата, совпадающая с осью трубы и направленная по течению газа, м; p – абсолютное среднее давление газа, Па; v – средняя скорость газа, м/с; ρ – плотность газа, кг/м³; α – угол возвышения трубы над горизонтом, град.; t – время, с; λ – коэффициент гидравлического сопротивления участка газопровода, безразмерный; β – поправка Кориолиса, безразмерная, (при турбулентном течении 0,02-0,03); c – скорость звука в газе, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; h – высота, на которой находится центр сечения x , м.

Система уравнений (1) носит общий характер. Преобразования данной системы, изложенные в [5, 6, 7] позволяют получить решения для некоторых частных случаев режима работы газопровода. Для рассматриваемого случая необходимо применять нестационарную модель режима работы, однако, для точных расчетов необходимо наличие достаточного количества исходных данных и граничных условий, что представляет определенную сложность. Для проведения расчетов с определенными допущениями можно использовать уравнения стационарной модели. Исходные данные для расчета представлены в таблице. Расчет ведется согласно рекомендациям [8, 9, 10].

Коммерческий суточный расход газа на участке 23/3-19/3 определяется по формуле:

$$Q_k = \frac{Q_{год}}{365 \cdot K_2}, \quad (2)$$

Таблица

Исходные данные

Параметры	Обозначение, формулы	Величина	Размерность
Длина газопровода	L	100	км
Абсолютное давление в начале газопровода в начальный момент времени	$p_{H.0}$	7,5	МПа
Абсолютное давление в конце газопровода в начальный момент времени	$p_{K.0}$	5,6	МПа
Длительность временного отрезка	τ	300	с
Средняя температура газа в газопроводе	T_{cp}	293,15	К
Внутренний диаметр газопровода	d	1,390	м
Наружный диаметр газопровода	d_n	1,420	м
Площадь внутреннего сечения газопровода	$F = (\pi d^2) / 4$	1,517	м ²
Плотность газа в нормальных условиях	$\rho_{н.у.}$	0,730	кг/м ³
Плотность газа при T_{cp}	ρ	0,678	кг/м ³
Относительная плотность газа по воздуху	$\Delta = \rho / 1,20451$	0,563	безразмерная
Коммерческий расход газа на участке магистрали	$Q_{коб}$	28	млрд. м ³ /год
Коэффициент годовой неравномерности потребления газа	K_z	0,85	безразмерный
Средний по длине газопровода коэффициент сжимаемости газа	Z_{cp}	0,88	безразмерный

$$Q_k = \frac{28000000000}{365 \cdot 0,85} = 90,2498 \text{ млн. м}^3 / \text{сут.}$$

Из коммерческого расход пересчитывается в нормальные условия по формуле:

$$Q = Q_k \frac{\rho_{н.у.}}{\rho} \cdot \frac{1}{0,864}, \quad (3)$$

$$Q = 90,2498 \frac{0,73}{0,678} \cdot \frac{1}{0,864} = 112,4671 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Среднее давление в магистрали до открытия запорного устройства 29 определяется по следующей формуле:

$$P_{cp}^1 = \frac{2}{3} \left(P_1 + \frac{P_2^2}{P_1 + P_2} \right), \quad (4)$$

$$P_{cp}^1 = \frac{2}{3} \left(7,5 + \frac{5,6^2}{7,5 + 5,6} \right) = 6,5959 \text{ МПа}$$

Объем газа, находящийся в локализованном газопроводе, определяется:

$$V_1 = \frac{V_{трубы} \cdot P_{cp}^1 \cdot T_{н.у.}}{T \cdot Z \cdot P_{н.у.}}, \quad (5)$$

$$V_1 = \frac{151700 \cdot 6,6 \cdot 273,15}{273,15 \cdot 0,88 \cdot 0,1} = 10584817 \text{ м}^3.$$

Коммерческий расход газа через перемычку В длиной 100 м при открытии запорного устройства 29 определяется по уравнению:

$$Q_{2k} = 3,32 \cdot 10^{-6} \cdot D^{2,5} \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{\lambda \cdot Z_{cp} \cdot T_{cp} \cdot L \cdot \Delta}}, \quad (6)$$

$$Q_{2k} = 3,32 \cdot 10^{-6} \cdot 1390^{2,5} \sqrt{\frac{6,6^2 - 5,6^2}{0,03817 \cdot 0,88 \cdot 293,15 \cdot 0,1 \cdot 0,563}} = 562 \text{ млн.м}^3 / \text{сут.}$$

Пересчитываем расход газа на нормальные условия:

$$Q_2 = 562 \frac{0,73}{0,678} \cdot \frac{1}{0,864} = 700,35 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Среднее давление в ремонтируемой магистрали после открытия запорного устройства 29 определяется по следующей формуле:

$$P_{cp}^2 = \frac{2}{3} \left(6,6 + \frac{5,6^2}{6,6 + 5,6} \right) = 6,1137 \text{ МПа.}$$

Объем газа на участке 23/3-19/3 при давлении 6,11 МПа составляет:

$$V_1 = \frac{151700 \cdot 6,6 \cdot 273,15}{293,15 \cdot 0,88 \cdot 0,1} = 9798149 \text{ м}^3.$$

Объем газа, который переместится в соседний газопровод, равен:

$$V_n = V_1 - V_2, \quad (7)$$

$$V_n = 10584817 - 9798149 = 786668 \text{ м}^3.$$

При средней стоимости природного газа 5,5 руб./м³ экономия составит:

$$786668 \cdot 5,5 = 4326674 \text{ руб.}$$

Объем газа, который будет сброшен через продувочную свечу без использования перемычки, определяется по формуле:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} \cdot P_{cp}^1 \cdot \frac{293,15}{Z_{cp} \cdot T_{cp} \cdot 1,033}, \quad (8)$$

$$V_c = \frac{3,1416 \cdot 1,39^2 \cdot 100 \cdot 1000}{4} \cdot \frac{66}{1,22 \cdot 1,033} = 11017459 \text{ м}^3.$$

где P_{cp}^1 – среднее избыточное давление на участке, кгс/см².

При этом финансовые потери составят:

$$11017459 \cdot 5,5 = 60596025 \text{ руб.}$$

Отношение перемещенного объема газа к объему газа, сброшенному через продувочную свечу (или отношение их стоимостей) дает нам значение получаемой экономии:

$$\mathcal{E} = \frac{V_n}{V} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

$$\mathcal{E} = \frac{786668}{11017459} \cdot 100 \% = \frac{4326674}{60596025} \cdot 100 \% = 7,14 \%$$

Таким образом, использование перемычки дает выгоду в размере 7,14 % от общих потерь энергетических и финансовых ресурсов при сбросе газа в атмосферу. Как видно из расчетов, экономия крайне мала, но в реальности она будет еще меньше, так как при проведении оценочного расчета не учитывается ряд факторов (неизотермичность течения газа, взаимодействие встречных потоков газа, нелинейный характер потерь давления и т.д.). Однако, этот метод обладает одним крайне весомым преимуществом: экономический эффект достигается простой последовательностью открытия и закрытия запорной арматуры без каких-либо дополнительных капитальных, эксплуатационных затрат и без использования других энергетических ресурсов. Если при проведении ремонта планируется просто сбросить газ в атмосферу, то целесообразно будет реализовать перемещение части газа через перемычку, а затем осуществлять сброс газа. Большого экономического эффекта можно добиться только с помощью специального оборудования, например, эжекторной установки.

3. Эжекторная установка. Конструкция эжекторной установки для перекачки газа и принцип работы подробно описаны в патенте RU 2386862 C1, 14.01.2009 (рис. 3).

Для реализации способа перекачки газ из отключенного участка за задвижкой 4 газопровода 3 подают в сопло одного или группы эжекторов 9 и производят откачку газа. Перемычка с эжектором начинает работать как технологическая перемычка, за счет чего поддерживается работа эжектора. При этом запорное устройство 6 или полностью закрывают или уменьшают проходное сечение перемычки 5. Когда давление на откачиваемом участке снижается, в работу включается дополнительное дожимающее устройство 21 и процесс откачки

продолжается. При этом в качестве рабочего тела используют природный газ, а в качестве энергии используют потенциальную энергию разницы давления газа перед запорным устройством 4 отключенного участка и давления газа в низконапорной камере эжектора 9. Если необходимая степень откачки газа не достигнута, в работу включается компрессор первой ступени 17.

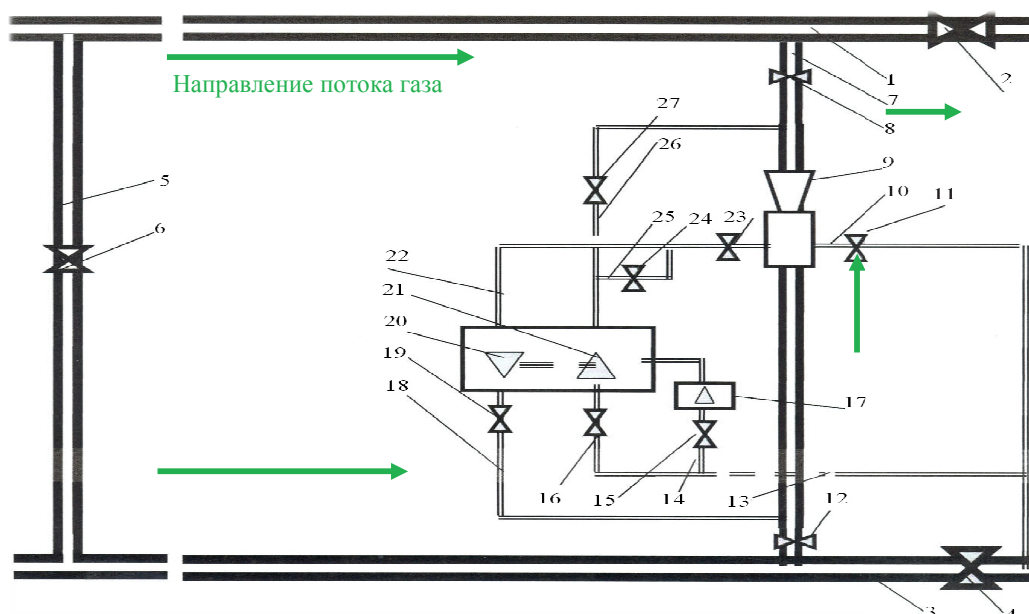


Рис.3. Схема эжекторной установки: 1 – работающий газопровод; 2, 4, 6 – линейные краны; 3 – газопровод с отключенным участком; 5 – технологическая перемычка; 7 – дополнительная перемычка; 9 – эжекторный блок; 10, 13, 14, 18, 22, 25, 26 – трубопроводы; 8, 11, 12, 15, 16, 19, 23, 24, 27 – запорные устройства; 17 – компрессор первой ступени; 20 – привод дожимающего устройства; 21 – рабочий блок дожимающего устройства

Преимуществом данного способа является возможность полной откачки газа из магистрали за относительно небольшой промежуток времени с минимальными затратами энергии. Реализация данного способа требует устройства на магистралях и перемычках дополнительного оборудования, как следствие, дополнительных капиталовложений без перспективы окупаемости. Применение этой установки целесообразно, если она будет мобильной, т.к. это позволит использовать ее по требованию на тех участках, где это необходимо. В таком случае отпадает необходимость устройства дополнительного оборудования на перемычках, однако, необходимо будет предусмотреть на газопроводах наличие патрубков для подключения. Комплексный экономический эффект рассчитать невозможно, так как отсутствует информация о стоимости применяемого оборудования и невозможно рассчитать стоимость капиталовложений. Подобные затруднения экономической оценки встречаются и при описании других способов.

4. Вытеснение газа поршнями-разделителями. Способ вытеснения природного газа из участка газопровода, подлежащего ремонту, заключается в том, что с обеих сторон участок ремонта перекрывают и вводят поршни-разделители сред 4 (рис. 4), располагая их в конце ремонтируемого участка по направлению движения. Удаление газа осуществляют путем перекачки его из ремонтируемого участка 1 в параллельно действующий газопровод 14 при помощи компрессора 13, а с помощью поршней-разделителей сред 4, между которыми создают прослойку из инертного газа, осуществляют поджатие газа, перемещая их в начало ремонтируемого участка для обеспечения полной перекачки.

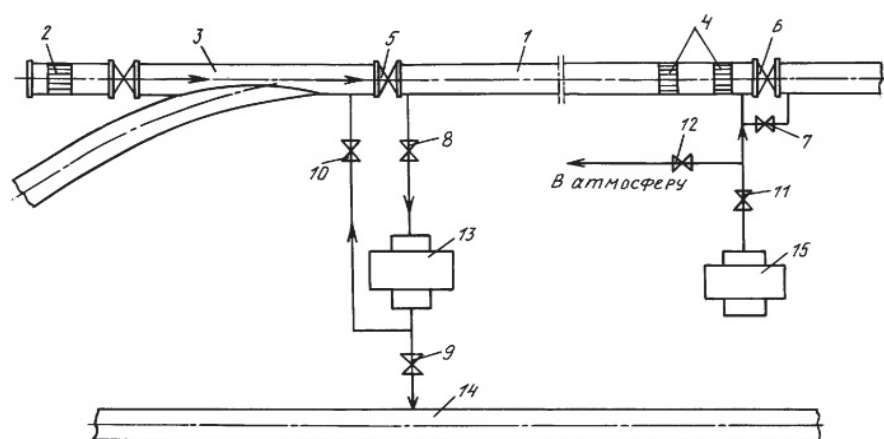


Рис. 4. Принципиальная схема перекачки с помощью поршней-разделителей сред
 1 – ремонтируемый участок; 2 – камера приема и пуска очистных устройств; 3 – магистральный газопровод; 4 – поршни-разделители сред; 5, 6 – магистральные задвижки; 7 – задвижка байпасной линии; 8, 9, 10, 11, 12 – задвижки 13 – насосно-компрессорная установка, 14 – действующий газопровод; 15 – воздушно-компрессорная установка

К преимуществам способа можно отнести полную перекачку газа из ремонтируемого участка. Недостатком способа является техническая сложность его реализации. Также, остается не ясным, какой средой будут перемещаться поршни разделители. Перемещение поршней воздухом является взрывоопасным, а перемещение при помощи газа из предыдущего участка – нецелесообразным.

5. Мобильная установка для откачки газа. Установка, принцип ее работы (рис. 5) и некоторые технические характеристики представлены в патенте RU 2351806 C1, 11.03.2008

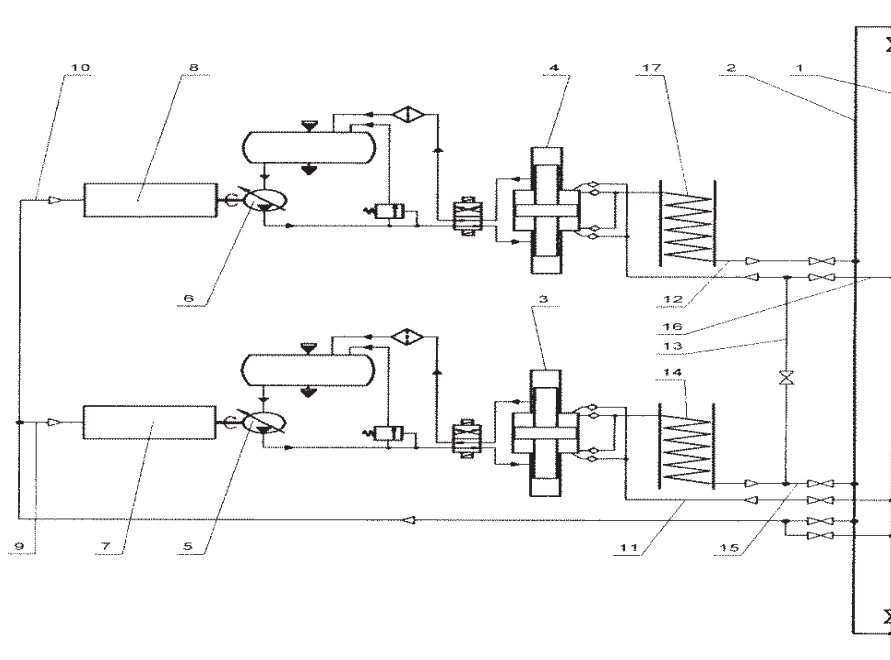


Рис. 5. Схема перекачивающей установки с гидроприводными компрессорами: 1 – ремонтируемый участок; 2 – байпасная линия; 3 – первая ступень гидроприводного компрессора; 4 – вторая ступень гидроприводного компрессора; 5, 6 – масляные насосы; 7, 8 – газовые двигатели внутреннего сгорания; 9, 10, 11, 12, 15, 16 – трубопроводы; 13 – соединительный трубопровод; 14, 17 – воздушный теплообменник

В мобильной установке используются гидроприводные масляные компрессоры с газовыми двигателями внутреннего сгорания. Компрессор обеспечивает постоянство давления сжатия при снижающемся давлении и расходе отсасываемого газа. Одновременно гидроприводной компрессор отличается высоким коэффициентом полезного действия. Установка может иметь несколько ступеней, работающих от общего или от индивидуальных приводов.

Преимущество использования установки, в отличие от других способов, состоит в возможности полного удаления газа из трубопровода, без остатка. После откачки основной массы природного газа в отключенный участок может быть подан азот для вытеснения оставшегося природного газа. Определенным недостатком данного способа является время его реализации – порядка 62 часов при работе двух ступеней.

Выводы. При проведении ремонтных работ на магистральных газопроводах для снижения выбросов в атмосферу можно переместить часть газа в соседнюю магистраль через технологическую переемычку. При этом будет получена экономия порядка 7 %. Для получения большей экономии необходимо применение дополнительных перекачивающих устройств. Их применение позволит сохранить без выброса в атмосферу до 90-100 % газа из отключенного участка, однако использование установок требует дополнительных затрат, финансовых и энергетических ресурсов.

На практике применение того или иного метода возможно в качестве альтернативного варианта уже существующих методов перемещения и использования газа на ремонтируемых участках. Выбор метода зависит от конкретных условий на участке применения, а его эффективность - от удобства реализации. В качестве альтернативы простого сброса газа в атмосферу следует применять перемещение части объема газа через переемычку для получения хотя бы малой доли экономии энергоресурсов [3, 11].

Библиографический список

1. **Мартыненко, Г. Н.** Моделирование утечек газа из подземных газопроводов при авариях / Г. Н. Мартыненко, О. С. Поддубная // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения.– 2012. –№ 1. –С. 43-45.
2. **Копытина, М. Ю.** Диагностика загрязнения окружающей среды и комплексный подход к ее защите / М. Ю. Копытина, Д. Н. Китаев, Т. В. Щукина, Е. А. Апойкова // Экология и промышленность России. – 2017.– № 4.– С. 59-63.
3. **Мартыненко, Г. Н.** Анализ роли газовой отрасли в энергетике и экономике страны / Г. Н. Мартыненко, О. С. Поддубная, С. Н. Гнатюк // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения.– 2012. –№ 1. –С. 46-49.
4. **Ванчин, А. Г.** Гидравлический расчет переемычек между магистральными газопроводами. //Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело».– 2012.– № 6.– С. 177-185.
5. **Ванчин, А. Г.** Определение границ применения стационарной и нестационарной модели работы газопровода // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело».–2014.– № 1.– С. 598–617.
6. **Алиев, Р. А.** Трубопроводный транспорт нефти и газа: учеб. для вузов / Р.А.Алиев, В.Д.Белоусов, А.Г.Немудров и др.-2-е изд., перераб. и доп. – М: «Недра».– 1988. – 368 с.
7. **Ванчин, А. Г.** Методы расчета режима работы сложных магистральных газопроводов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело».– 2014. – № 4. – С. 192-214.
8. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. – М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013. – 86 с.
9. Справочник по проектированию магистральных трубопроводов / А. К. Дерцакян, М. Н. Шпотаковский, В. Г. Волков и др. / под редакцией А.К. Дерцакяна. – Л: «Недра». – 1977. – 519 с.
10. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов. СТО Газпром. – М.: ОАО «Газпром». – 2006. – 192 с.
11. **Колосов, А. И.** Моделирование потокораспределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения / А. И. Колосов, М. Я. Панов, В. Г. Стогней // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9. – № 3-1. – С. 56-62.

References

1. **Martynenko, G. N.** Modelirovanie utechek gaza iz podzemnyh gazoprovodov pri avarijah / G. N. Martynenko, O. S. Poddubnaja // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija.– 2012. –№ 1. –S. 43-45.

2. **Kopytina, M. Ju.** Diagnostika zagriznenija okruzhajushhej sredy i kompleksnyj podhod k ee zashhite / M. Ju. Kopytina, D. N. Kitaev, T. V. Shhukina, E. A. Apojkova // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2017. – № 4. – S. 59-63.
3. **Martynenko, G. N.** Analiz roli gazovoj otrasli v jenergetike i jekonomike strany / G. N. Martynenko, O. S. Poddubnaja, S. N. Gnatjuk // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2012. – № 1. – S. 46-49.
4. **Vanchin, A. G.** Gidravlicheskiy raschet peremychek mezhdru magistral'nymi gazoprovodami. // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo». – 2012. – № 6. – С. 177-185.
5. **Vanchin, A. G.** Opredelenie granic primeneniya stacionarnoj i nestacionarnoj modeli raboty gazoprovoda // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo». – 2014. – № 1. – S. 598–617.
6. **Aliev, R. A.** Truboprovodnyj transport nefti i gaza: Ucheb. dlja vuzov / R.A. Aliev, V.D. Belousov, A.G. Nemudrov i dr. -2-e izd., pererab. i dop. – M: «Nedra». – 1988. – 368 s.
7. **Vanchin, A. G.** Metody rascheta rezhima raboty slozhnyh magistral'nyh gazoprovodov // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo». – 2014. – № 4. – S. 192-214.
8. SP 36.13330.2012. Magistral'nye truboprovody. – M.: Gosstroj, FAU «FCS», 2013. – 86 s.
9. Spravochnik po proektirovaniju magistral'nyh truboprovodov / A.K. Dercakjan, M.N. Shpotakovskij, V.G. Volkov i dr/ pod redakciej A.K. Dercakjana. – L: «Nedra». – 1977. – 519 s.
10. Normy tehnologicheskogo proektirovanija magistral'nyh gazoprovodov. STO Gazprom. – M.: OAO «Gazprom». – 2006. – 192 s.
11. **Kolosov, A. I.** Modelirovanie potokoraspredelenija na jetape razvitija struktury gorodskih sistem gazosnabzhenija / A. I. Kolosov, M. Ja. Panov, V. G. Stognej // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. – 2013. – T. 9. – № 3-1. – S. 56-62.

METHODS OF REDUCING GAS EMISSIONS IN THE ATMOSPHERE WHEN REPAIRING WORKS AT THE SITES OF GAS PIPELINES

G. N. Martynenko, I. S. Kurasov, T. O. Maslova

Voronezh State Technical University

G. N. Martynenko, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business Russia, Russia, Voronezh, tel.: +7 (900) -304-62-51, e-mail: glen2009@mail.ru

I. S. Kurasov, student of the Department of Housing and Communal Services

Russia, Voronezh, tel.: +7 (951) -550-08-40, e-mail: ilya.kurasov@yandex.ru

T. O. Maslova, student of the Department of Housing and Communal Services

Russia, Voronezh, tel.: +7 (919) -246-57-01, e-mail: cosmos35.maslova@yandex.ru

Formulation of the problem. Find and analyze methods of reducing gas emissions to the atmosphere during repair work on the main gas pipeline section. Particular attention is paid to the unconventional and little-applied method by means of a bridge between two parallel lines of the main line.

Results. The analysis of four methods of reducing gas emissions into the atmosphere is analyzed and their comparative characteristics are given. Their advantages, disadvantages and peculiarities of application are highlighted. The calculation of the economic effect from the use of the jumper was made.

Conclusions. When carrying out repairs on main gas pipelines, a part of the gas is transferred to the adjacent pipeline through a technological bridge to reduce emissions to the atmosphere. At the same time, savings of about 7 % were obtained. To achieve greater savings, the use of additional pumping devices is necessary. The calculation of energy saving is made.

Key words: main gas pipelines, gas emissions, jumper, energy saving.

Для цитирования: Мартыненко, Г. Н. Методы снижения выбросов газа в атмосферу при проведении ремонтных работ на участках магистральных газопроводов / Г. Н. Мартыненко, И. С. Курасов, Т. О. Маслова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 4 (9). – С. 9-18.

For citation: Martynenko, G. N. Methods of reducing gas emissions in the atmosphere when repairing works at the sites of gas pipelines / G. N. Martynenko, I. S. Kurasov, T. O. Maslova // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 4 (9). – Pp. 9-18.

УДК 532.5.013.4

РЕОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ НАПОРЕ ИЗ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Б. М. Кумицкий, С. Г. Тульская, И. А. Апарина, М. А. Сарычев

*Воронежский государственный технический университет**Б. М. Кумицкий, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-27, e-mail: boris-kum@mail.ru**С. Г. Тульская, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: tcdtnkfyf2014@yandex.ru**И. А. Апарина, магистрант техносферной и пожарной безопасности
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: tcdtnkfyf2014@yandex.ru**М. А. Сарычев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru*

Постановка задачи. В рамках выбранных реологических моделей представлено математическое описание процесса истечения идеальной и аномальной жидкостей из вертикальной трубы небольшого диаметра, для которой формула Торричелли непригодна.

Результаты и выводы. Получены аналитические выражения для времени опорожнения, распределения скорости истечения по сечению трубопровода и расхода жидкости, которые позволяют экспериментально определить вязкие свойства жидкости.

Ключевые слова: реологическая модель, идеальная жидкость, аномальная жидкость, вязкость.

Введение. Современные технологии строительной индустрии, дорожные и добывающие отрасли широко используют различного рода суспензии твердых частиц при высоких концентрациях, цементные и бетонные растворы, крахмальные клейстеры, глинистые растворы и т.д. Перечисленные жидкости необходимо транспортировать по трубам при углублении рек и водоемов, бурении скважин, подачи растворов к объектам строительства. Поэтому исследование физических свойств подобного рода жидкостей является важной задачей механики жидкостей и газов [7–9].

Математическая модель истечения жидкости. В работе предлагается использовать метод ротационной вискозиметрии для исследования вязкости так называемых бингамовских сред. Получены формулы для исследования параметров кажущейся вязкости аномальных жидкостей. В решении многих технических задач (создание оптимальных условий при подготовке и транспортировке бетонных смесей, подачи горюче-смазочных материалов, опорожнении емкостей нефтехранилищ и др.) используют законы истечения. Истечения представляет собой частный случай течения жидкости, при котором потенциальная энергия находящейся в резервуаре жидкости превращается, с большими или малыми потерями, превращается в кинетическую энергию струи или капель. Наиболее просто и точно такого рода задачи решаются в случае, когда гидравлический напор одинаков по всему сечению отверстия и сводятся обычно к определению времени опорожнении всего или некоторой части сосуда, скорости истечения и расхода жидкости. При переменном напоре имеет место неустановившееся движение жидкости, при котором уравнение Бернулли в обычном виде становится неприемлемым. Приходится полное время делить на бесконечно малые интервалы, в течение которых напор считается, а течение жидкости считается установившимся [1, 2, 7].

Рассмотрим простейший пример истечения идеальной жидкости в атмосферу из вертикальной трубы высотой H и диаметром D .

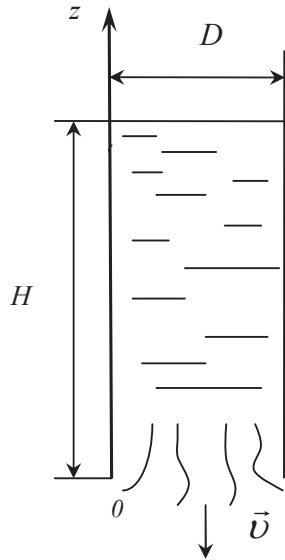


Рис. Схема истечения жидкости из трубопровода высотой H и диаметром D

Пусть в начальный момент времени высота уровня жидкости равна H (жидкость полностью заполняет объем трубы). Предположительно трубопровод имеет небольшой диаметр ($D \ll H$).

Для данных предположений запишем уравнение баланса жидкости на произвольной высоте z в следующей форме:

$$S(z) \frac{dz}{dt} = q(z), \quad (1)$$

где $S(z)$ – площадь поперечного сечения трубки (в данном случае является постоянной).

$$S = \pi R^2 = const, \quad (2)$$

где $q(z)$ – поток жидкости вытекающей из сосуда.

Ввиду малости диаметра трубопровода предположим, что скорость вытекания жидкости пропорциональна напору, т.е.

$$q(z) = -Az, \quad (3)$$

где A – коэффициент, зависящий от площади сечения трубопровода, смачиваемости и т.д.

Подставляя выражение (2) и (3) в уравнение (1), приходим к дифференциальному уравнению с разделяющимися переменными интегрированием которого получим время снижения уровня жидкости с высоты H до z

$$\frac{dz}{z} = -\frac{A}{\pi R^2} dt, \quad (4)$$

$$\int_H^z \frac{dz}{z} = - \int_0^t \frac{A}{\pi R^2} dt,$$

или

$$t = \frac{\pi R^2}{A} \ln \frac{H}{z}, \quad (5)$$

Аналитическая зависимость времени истечения вязкой жидкости от $\left(\frac{H}{z}\right)$ наблюдается и для широкого цилиндрического сосуда, когда справедлив закон Торричелли

$$\tau = \frac{12,6\mu D^2}{\rho q d^3} \ln \frac{H}{z}, \quad (6)$$

где D, d – диаметр резервуара и отверстия.

Следует заметить, что время вытекания жидкости в соответствии с формулами (5) и (6) формально стремятся к бесконечности при $z > 0$.

Рассмотрим случай истечения из этого же трубопровода вязкой жидкости, реологические свойства которой описываются уравнением типа:

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dr} \right)^n, \quad (7)$$

где τ – сдвиговые напряжения, обуславливающие вязкость жидкости; $\frac{dv}{dr}$ – модуль градиента скорости по радиусу трубки; k, n – постоянные.

Нелинейная зависимость (7) характеризуется так называемые псевдопластические и дилатантные среды, к которым относятся суспензии асимметричных частиц, глинистые и цементные растворы. Такие жидкости лишены предела текучести, а их кажущаяся вязкость определяется коэффициентом k , зависящим от скорости сдвига [3–6].

Предположим, что каждый элемент такой жидкости в процессе движения находится под действием массовых сил (сил тяжести) $\rho q \pi R^2 dz$ и поверхностных сил (сил трения) $\tau 2\pi R dz$, которые компенсируются, обеспечивая стационарность движения

$$\rho q \pi R^2 dz = \tau 2\pi R dz,$$

или с учетом (7)

$$\rho q r = k \left(\frac{dv}{dz} \right)^n. \quad (8)$$

Соотношение (8) представляет собой дифференциальное уравнение с распределяющими переменными, решение которого дает распределение скорости по сечению трубопровода

$$v(r) = v_0 \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{1+\frac{1}{n}} \right], \quad (9)$$

где ν_0 – константа, равная

$$\nu_0 = \frac{n}{n+1} \left(\frac{\rho g}{2k} \right)^{\frac{1}{n}} R^{\frac{n+1}{n}}. \quad (10)$$

Видно, что максимальная скорость соответствует оси симметрии трубопровода, уменьшаясь по нелинейному закону с увеличением радиуса. Это говорит о том, что течение при этом не совсем ламинарное (оно становится им при $n = 1$).

Важным параметром является объемный расход жидкости Q , который может быть экспериментально измерен и представляет собой количество жидкости, вытекающий из трубы в единицу времени

$$Q = \int_0^R 2\pi r \nu(r) dr = 2\pi \nu_0 \int_0^R r \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{\frac{n+1}{n}} \right] dr,$$

$$Q = \pi R^2 \nu_0 \left(\frac{n+1}{3n+1} \right), \quad (11)$$

При $n = 1$ формула (11) становится так называемой зависимостью Пуазейля, часто используемая для измерения вязкости [7].

Выводы. Изложенный материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Предлагаемая модель истечения может быть использована в качестве вертикального трубопровода переменная строительных смесей в виде рукавов и шлангов.
2. Приведен сравнительный анализ времени истечения жидкости из малого трубопровода, для которого справедлива формула Бернулли.
3. Полученное выражение для расхода аномальной жидкости (11) с учетом уравнения (10) позволяет опытным путем определить параметр вязкости k .

Библиографический список

1. **Рейнер, М.** Реология / М. Рейнер. – М. Наука, 1965. – 224 с.
2. **Виноградов, Г. В.** Реология полимеров / Г. В. Виноградов, А. Я. Малинин. – Москва, Химия, 1977. – 440 с.
3. **Кумицкий, Б. М.** Использование принципов механики сплошной среды для исследования вязкости псевдопластических и дилатантных жидкостей / Б. М. Кумицкий, Н. А. Саврасова, Н. И. Коротких // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – № 1(18). – С. 44-49.
4. **Кумицкий, Б. М.** Исследование вязкости аномальных жидкостей методом ротационной вискозиметрии / Б. М. Кумицкий, Н. А. Саврасова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – Т. 3. – № 4(17). – С. 198-201.
5. **Кумицкий, Б. М.** Тепловые процессы при остывании водного бассейна / Б. М. Кумицкий, Н. А. Саврасова, С. В. Чуйкин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017. – Т.5. – № 1(27). – С. 208-212.
6. **Саврасова, Н. А.** Исследование вязкости псевдопластических и дилатантных жидкостей с использованием принципов механики сплошной среды / Н. А. Саврасова, Б.М. Кумицкий, И. Н. Фоминов, А. А. Бугаков // Фундаментальные основы механики. – 2017. – № 2. – С. 12-15.
7. **Штеренлихт, Д. В.** Гидравлика: учебник / Д. В. Штеренлихт. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2005. – 656 с.
8. **Никулин, Н. Ю.** Современные технологические аспекты развития систем теплоснабжения / Н. Ю. Никулин, Л. А. Кушев, Д. О. Темников // Современное строительство и архитектура. – 2016. – № 4(04). – С. 29-33.
9. **Булыгина, С. Г.** Разработка критериев для обоснования выбора схем и параметров систем централизованного теплоснабжения / С. Г. Булыгина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2011. – № 1. – С. 9-16.

References

1. **Rejner, M.** Reologija / M. Rejner. – M. Nauka, 1965. – 224 s.
2. **Vinogradov, G. V.** Reologija polimerov / Vinogradov G. V., Malinin A. Ja. – Moskva, Himija, 1977. – 440 s.
3. **Kumickij, B. M.** Ispol'zovaniem principov mehaniki sploshnoj sredy dlja issledovanija vjazkosti psevdoplasticheskikh i dilatantnyh zhidkostej / B. M. Kumickij, N. A. Savrasova, N. I. Korotkih // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2015. – № 1(18). – S. 44-49.
4. **Kumickij, B. M.** Issledovanie vjazkosti anomal'nyh zhidkostej metodom rotacionnoj viskozimetrii / B. M. Kumickij, N. A. Savrasova // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2014. – Т. 3. – № 4(17). – S. 198-201.
5. **Kumickij, B. M.** Teplovyje processy pri ostyvanii vodnogo bassejna / B. M. Kumickij, N. A. Savrasova, S. V. Chujkin // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. – 2017. – Т.5. – № 1(27). – S. 208-212.
6. **Savrasova, N. A.** Issledovanie vyjakosti psevdoplasticheskikh i dilatantnyh zhidkostej s ispol'zovaniem principov mehaniki sploshnoj sredy / N. A. Savrasova, B. M. Kumickij, I. N. Fominov, A. A. Bugakov // Fundamental'nye osnovy mehaniki. – 2017. – № 2. – S. 12-15.
7. **Shterenliht, D. V.** Gidravlika: uchebnik / D. V. Shterenliht. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Kolos, 2005. – 656 s.
8. **Nikulin, N. Ju.** Sovremennye tehnologicheskie aspekty razvitija sistem teplosnabzhenija / N. Ju. Nikulin, L. A. Kushhev, D. O. Temnikov // Sovremennoe stroitel'stvo i arhitektura. – 2016. – № 4(04). – S. 29-33.
9. **Bulygina, S. G.** Razrabotka kriteriev dlja obosnovanija vybora shem i parametrov sistem centralizovannogo teplosnabzhenija / S. G. Bulygina // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2011. – № 1. – S. 9-16.

RHEOLOGICAL MODELING OF EXPIRY OF FLUID AT VARIABLE HEAD OF THE VERTICAL PIPELINE

B. M. Kumitsky, S. G. Tulsakaya, I. A. Aparina, M. A. Sarychev

Voronezh State Technical University

*B. M. Kumitsky, PhD. in Physics and Mathematics, Assoc. Prof., of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business
Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-28-27, e-mail: boris-kum@mail.ru*

*S. G. Tulsakaya, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: tcdtnkfj2014@yandex.ru*

*I. A. Aparina, master student of Dept. of technosphere safety and fire safety
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: tcdtnkfj2014@yandex.ru*

*M. A. Sarychev, student of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab_kaf@vgasu.vrn.ru*

Statement of the problem. Within the chosen rheological models presented mathematical descriptions of the expiry of the ideal and anomalous liquids from vertical tubes of small diameter, for which the formula of Torricelli.

Results and conclusions. The analytical expressions for the time of emptying, the distribution of velocity over the cross section of the tubing and fluid flow, allowing the experiences of tal to determine the viscous properties of the fluid.

Keywords: rheological model, perfect fluid, abnormal fluid viscosity.

Для цитирования: Кумицкий, Б. М. 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.

For citation: Kumitsky, B. M. Rheological modeling of expiry of fluid at variable head of the vertical pipeline / B. M. Kumitsky, S. G. Tulsakaya, I. A. Aparina, M. A. Sarychev // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 4(9). – Pp. 19-23.

УДК 622.69

ДИАГНОСТИКА СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Е.В. Плаксина

*Воронежский государственный технический университет**Е. В. Плаксина, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: plaksina@vgasu.vrn.ru*

Постановка задачи. В настоящее время использование газа имеет большое преимущество по сравнению с другими видами топлива. Протяженность трубопроводов газораспределительных сетей в России сегодня превышает 840 тыс. км, большинство из которых являются стальными подземными. Роль газа, как первичного энергоносителя, постоянно возрастает, расширяется сфера его применения. Поэтому актуальным вопросом является диагностика и ремонт стальных трубопроводов, которые эксплуатируются более 50 лет.

Результаты и выводы. В данное время диагностика стальных трубопроводов производится с помощью документа руководство по безопасности «Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов», который позволяет установить вид и порядок проведения диагностирования, основные критерии оценки технического состояния газопроводов.

Ключевые слова: газоснабжение, газораспределительные сети, стальные трубопроводы, промышленная безопасность.

Введение. В настоящее время использование газа имеет большое преимущество по сравнению с другими видами топлива. Газоснабжение - самый дешевый транспорт энергии, так как не требует дополнительных затрат, в отличие от электроэнергии которую нужно вырабатывать применяя турбины и генераторы. Несмотря на конкуренцию, роль газа, как первичного энергоносителя, постоянно возрастает и расширяется сфера его применения [1].



Рис.1. Карта протяженности трубопроводов газораспределительных сетей в России

Протяженность трубопроводов газораспределительных сетей в России сегодня превышает 840 тыс. км, что почти в 4 раза превышает протяжённость магистральных газо-, нефте- и нефтепродуктопроводов вместе взятых (рис. 1). Роль газораспределительных сетей для народного хозяйства и населения страны трудно переоценить. По этим сетям доставляется природный газ к непосредственным потребителям: металлургическим комбинатам, электростанциям, другим промышленным, бытовым предприятиям, десяткам миллионам населения страны. Газоснабжение является таким же необходимым атрибутом современной цивилизации, как электро- и водоснабжение, транспорт и связь.

1. Опасность газораспределительных систем. Газораспределительная система должна обеспечивать подачу газа потребителям в необходимом объеме и требуемых параметров. Для неотключаемых потребителей газа, перечень которых утверждается в установленном порядке, имеющих преимущественное право пользования газом в качестве топлива и поставки газа которым не подлежат ограничению или прекращению, должна быть обеспечена бесперебойная подача газа путем закольцевания газопроводов или другими способами.

Если об опасности самого газа мы - потребители газа - ещё помним в повседневной жизни, об опасности самих трубопроводных сетей почти не задумываемся. Это является косвенным признаком высокой надёжности трубопроводов системы газораспределения. Практически никто из нас ни разу не встречался с разрывом трубопроводов газораспределительных сетей. Те пожары и взрывы, которые случаются из-за газа, мы обычно связываем с самим газом и (или) человеческим фактором.

Стальные газопроводы должны быть защищены от коррозии. Подземные и наземные с обвалованием стальные газопроводы, резервуары СУГ, стальные вставки полиэтиленовых газопроводов и стальные футляры на газопроводах (далее - газопроводы) следует защищать от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами в соответствии с требованиями. Стальные футляры газопроводов под автомобильными дорогами, железнодорожными и трамвайными путями при бестраншейной прокладке (прокол, продавливание и другие технологии, разрешенные к применению) должны быть, как правило, защищены средствами электрохимической защиты (ЭХЗ), при прокладке открытым способом - изоляционными покрытиями и ЭХЗ. Надземные и внутренние стальные газопроводы следует защищать от атмосферной коррозии в соответствии с требованиями СНиП.

Внутренние диаметры газопроводов должны определяться расчетом из условия обеспечения газоснабжения всех потребителей в часы максимального потребления газа.

Между тем, более половины газораспределительных трубопроводов подземные; большинство из них стальные. Срок эксплуатации этих трубопроводов в южных и центральных регионах страны достиг 50-55 лет. Заменить их в массовом порядке практически нереально. Возможности ремонта также сильно ограничены, особенно в городских кварталах. Продолжать эксплуатацию трубопроводов без достаточного обоснования их безопасности недопустимо.

С принятием Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» актуальность данной проблемы обострилась. Стало обязательным обследование и экспертиза безопасности трубопроводов со сроком эксплуатации 40 и более лет.

В данное время получен колоссальный опыт диагностики газораспределительных трубопроводов по стране. Проблемой занимались десятки экспертных организаций и диагностических центров. Опыт показал, что данные исследования действительно являются прогрессивными. Но накопилось и достаточно много частных вопросов, замечаний, предложений по методике диагностики, которые высказывались известными учёными на разных форумах и опубликованы в научных изданиях [2, 6, 8, 10].

Таким образом, появилась необходимость обобщить наработанный опыт, проанализировать предложения, и представить редакцию инструкции по обследованию газопроводов. Был разработан документ РД 12-411-2002 «Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов», который предусматривал оценку остаточного

ресурса расчётным путём на основе результатов приборного обследования трубопроводов, с учётом происходящих деградиционных процессов. В данный момент существует актуализированная версия такого документа [3].

Значение такого документа огромно для безопасности страны. Опасность старых газопроводов в том, что они проложены в населённых пунктах, входят в жилые дома и предприятия. Хотя давление и снижено, сам газ остаётся опасным продуктом, горючим и взрывоопасным. Можно себе представить последствия некачественной диагностики и экспертизы подземных газопроводов большого города, где много коммуникаций и по ним газ легко может проникнуть и накопиться внутри здания. После этого любая искра приведёт к взрыву всего здания. Примеры таких случаев имеются.

Диагностика и ремонт газораспределительных сетей встречается с множеством проблем, в том числе из-за сложностей трассы, насыщенности другими коммуникациями, наличия множества помех электрического и магнитного происхождения, недостаточной изученности некоторых проблем с научной точки зрения.

2. Диагностика трубопроводов. Под диагностикой понимается получение и обработка информации о состоянии технических систем в целях обнаружения их неисправностей, выявления тех элементов, ненормальное функционирование которых привело (или может привести) к возникновению неисправностей [5–13].

Методы диагностики технического состояния можно разделить на два типа: разрушающие и неразрушающие. К методам разрушающего контроля обычно относят предпусковые или периодические гидравлические испытания аппаратов, а также механические испытания образцов металла, вырезанных из их элементов. Неразрушающие методы предполагают применение физических методов контроля качества, не влияющих на работоспособность конструкции.

Неразрушающие методы контроля подразделяются на пассивные (интегральные) и активные (локальные).

К активным методам относятся методы, в которых измеряется изменение возбуждаемого физического поля, а к пассивным методам относятся методы, использующие свойства физического поля, возбуждаемого самим контролируемым объектом.

Локальные методы позволяют обнаружить дефект лишь на ограниченной площади, а интегральные методы способны проконтролировать весь объект в целом.

Активными методами являются: визуальный и измерительный контроль, ультразвуковая дефектоскопия, магнитные, радиографические капиллярные, метод вихревых токов, электрический.

К пассивным относятся: тепловизионный, виброакустические методы и акустической эмиссии.

Визуальный и измерительный контроль являются необходимыми условиями контроля качества как при изготовлении, так и при эксплуатации технологического оборудования. Они применяются для выявления следующих дефектов: трещин всех видов и направлений; свищей и пористости наружной поверхности шва; подрезов; наплывов, поджогов, незаплавленных кратеров; несоответствие формы и размеров швов требованиям технической документации и др.

Для определения внутренних дефектов металла и сварных соединений (трещин, непроваров, включений) трубопроводов в основном применяются радиационный и ультразвуковые методы контроля, в более редких случаях – магнитный.

В основе радиационного метода лежит ионизирующее излучение в форме рентгеновских лучей и гамма-излучения. С одной стороны объекта устанавливают источник излучения – рентгеновскую трубку, с другой – детектор, фиксирующий результаты просвечивания (рентгеновские пленки).

Ультразвуковой метод основан на исследовании процесса распространения упругих

колебаний в контролируемом объекте. Этот метод основан на способности ультразвуковых колебаний отражаться от внутренних неоднородностей контролируемой среды.

Все трубопроводы подвергаются испытанию на прочность и плотность. Для этого чаще применяют гидравлическое испытание, реже – пневматическое. При испытании на прочность в трубопроводе создают давление, превышающее рабочее. При этом в конструкции трубопровода возникают повышенные напряжения, которые вскрывают его дефектные места. При испытании на плотность в трубопроводе создают рабочее давление, при котором производят осмотр и обстукивание с целью выявления неплотности системы в виде сквозных трещин, отверстий и т.д.

На плотность трубопроводы испытывают только после предварительного испытания на прочность.

Гидравлический способ наиболее безопасный. Пневматический способ предусматривают в следующих случаях: когда опорные конструкции или трубопровод не рассчитаны на заполнение его водой; если температура воздуха отрицательная и отсутствуют средства, предотвращающие замораживание системы; гидравлический метод недопустим или невозможен по технологическим или другим требованиям.

Вид и способы испытаний, значения испытательных давлений указывают в проекте для каждого трубопровода. Испытанию следует по возможности подвергать весь трубопровод. Обвязочные трубопроводы, непосредственно примыкающие к аппаратам, испытывают одновременно с ними.

Для проведения гидравлического испытания необходимо заполнить изделие рабочей жидкостью. Давление в испытываемом трубопроводе необходимо повышать плавно и с остановками для своевременного выявления возможных дефектов. Во время выдержки не должно наблюдаться падения давления.

Давление нужно плавно снизить до рабочего и выдержать изделие под рабочим давлением в течение времени, необходимого для осмотра трубопровода.

Пневматическое испытание аналогично гидравлическому. В процессе испытания трубопровод заполняется воздухом или инертным газом и поднимается давление. Необходимо постоянно наблюдать за испытываемым трубопроводом. Утечки обнаруживаются по звуку.

Контроль за деформациями и напряженным состоянием трубопровода в целом не производится. Контроль за деформациями и напряженным состоянием отдельных участков трубопровода в особо сложных условиях (при просадках и пучении на вечной мерзлоте, на переходах через водные препятствия, в районах оползневых и карстовых проявлений, тектонических разломов и т.д.) возможен с использованием:

- акустико-эмиссионного метода;
- тензометрирования.

Использование шурфования, акустико-эмиссионного метода и тензометрирования требует доступа к трубопроводу и непосредственного контакта с ним.

Оперативную диагностику выполняют посредством обхода обслуживающим персоналом трассы газопровода. При обходе подземных участков утечки газа на трассе газопровода определяются по внешним признакам и приборами. Наибольшие сложности возникают при диагностировании подземных участков, что связано с трудностями доступа к ним и более интенсивным накоплением повреждений, обусловленным агрессивным воздействием грунта [4, 6, 10].

На основе анализа опыта длительной эксплуатации и результатов диагностики трубопроводов системы газоснабжения можно установить, что:

1. Снижение прочности вследствие эффектов старения металла труб и появления коррозионных дефектов компенсируются изначально большими запасами прочности газопроводов (рис. 2).



Рис. 2. Коррозия газопровода

2. Наибольшую опасность представляет потеря герметичности трубопровода с выходом газа в замкнутое пространство.

3. На зависимостях физических и механических свойств основного металла и сварного соединения трубопроводов от времени эксплуатации имеются два интервала. В первом интервале пластические и вязкие характеристики материалов трубопроводов практически не изменяются, частота отказов остаётся относительно невысокой. Во втором интервале происходит снижение пластичности и ударной вязкости. При сроках эксплуатации более 25 лет значения ударной вязкости могут выйти за пределы, определённые нормативными требованиями. При этом металл трубы и сварного соединения переходят в хрупкое состояние. Число отказов в трубопроводах заметно увеличивается.

4. После 40 лет эксплуатации газораспределительных трубопроводов изоляционное покрытие в значительной степени теряет защитные свойства, что одновременно приводит к снижению эффективности электрохимической защиты (ЭХЗ) на половине суммарной протяжённости трубопроводов.

5. При введении дополнительных станций катодной защиты (СКЗ) возможно добиться полной защиты трубопровода с изношенной изоляцией и одновременно понизить суммарные энергозатраты на функционирование ЭХЗ. Установлено, что существует предельно допустимое расстояние между станциями катодной защиты, которое обеспечивает уровень защитных потенциалов в нормативных пределах на всём участке трубопровода. Это расстояние уменьшается с уменьшением переходного сопротивления изоляции, диаметра и толщины стенки трубопровода.

На газораспределительных трубопроводах повышение усиления шва выше нормы не вызывает падения прочности и безопасности ниже допустимого уровня.

Выводы. В настоящее время использование газа имеет большое преимущество по сравнению с другими видами топлива. Протяжённость трубопроводов газораспределительных сетей в России сегодня превышает протяжённость магистральных газо-, нефте- и нефтепродуктопроводов вместе взятых. Заменить их в массовом порядке невозможно, поэтому трубопроводы требуют диагностики, для оценки их эксплуатационных свойств, износа и возможного ремонта. В данное время используется [3], это документ позволяющий установить вид и порядок проведения диагностирования, основные критерии оценки технического состояния газопроводов, предусматривает методики расчета остаточного срока службы газопроводов по истечении нормативного срока службы и в других случаях. При

рассмотрении опыта диагностики газораспределительных трубопроводов можно сделать следующие выводы:

- изначально большие запасы прочности газопроводов компенсируют снижение прочности вследствие эффектов старения металла труб и появления коррозионных дефектов;
- опасность представляет потеря герметичности трубопровода с выходом газа в замкнутое пространство;
- путём установки дополнительных СКЗ возможно добиться полной защиты трубопроводов с изношенной изоляцией от коррозии и одновременно снизить энергозатраты на электрохимическую защиту (ЭХЗ).

Библиографический список

1. **Бородавкин, П. П.** Сооружение магистральных газопроводов / П. П. Бородавкин, В. Л. Березин – М.: Недра, 1987. – 548 с.
2. **Бородавкин, П. П.** Сооружение магистральных трубопроводов / П. П. Бородавкин, В. Л. Березин – М.: Недра, 1977. – 471 с.
3. Руководство по безопасности «Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов», 2017. – 76 с.
4. **Колодяжный, С. А.** Прикладные задачи безопасного функционирования систем газоснабжения / С. А. Колодяжный, Е. А. Сушко, С. А. Сазонова, К. А. Скляр // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – № 2 (15). – С. 8-17.
5. **Панов, М. Я.** 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.
6. **Михайлова, Е. О.** Прогнозирование гидравлических характеристик газопроводных сетей на газораспределительных пунктах / Е. О. Михайлова, Д. Н. Китаев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 23-29.
7. **Чудинов, Д. М.** Разработка алгоритма обоснования структуры энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии / Д. М. Чудинов, К. Н. Сотникова, М. Ю. Морозов, С. В. Чуйкин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2009. – № 1. – С. 147-154.
8. **Колосов, А. И.** Математическая модель потокораспределения при изотермическом течении вязкого газа / А. И. Колосов, М. Я. Панов, К. В. Зубарев, А. А. Свиридов // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2015. – № 4 (40). – С. 34-41.
9. **Колосов, А. И.** Результаты моделирования реструктуризации систем газоснабжения / А. И. Колосов, М. Я. Панов, А. И. Ивашкина, Е. М. Бобрешов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 2 (11). – С. 10-21.
10. **Мелькумов, В. Н.** Критерии оптимальности и условия сравнения проектных решений систем теплоснабжения / В. Н. Мелькумов, К. А. Скляр, С. Г. Тульская, А. А. Чуйкина // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2017. – № 4 (48). – С. 29-37.
11. **Кузнецова, Г. А.** Анализ перспективных способов прокладки магистральных газопроводов в болотистой местности / Г. А. Кузнецова, М. М. Островская // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 2 (7). – С. 59-65.
12. **Панов, М. Я.** Разработка математической модели оперативного управления системами газоснабжения с использованием современных ультразвуковых методов замера газа / М. Я. Панов, С. А. Брежнев, А. В. Грибанов, Е. Э. Гришкевич, Е. П. Демидкин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2010. – № 2. – С. 133-136.
13. **Плаксина, Е. В.** Экологические качества полиэтиленовых (полимерных) трубопроводов / Е. В. Плаксина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». – 2011. – № 1. – С. 115-117.

References

1. **Borodavkin, P. P.** Sooruzhenie magistral'nyh gazoprovodov / P. P. Borodavkin, V. L. Berezin – M.: Nedra, 1987. – 548 s.
2. **Borodavkin, P. P.** Sooruzhenie magistral'nyh truboprovodov / P. P. Borodavkin, V. L. Berezin – M.: Nedra, 1977. – 471 s.

3. Руководство по безопасности «Инструкция по техническому диагностированию подземных стал'ных газопроводов», 2017. – 76 с.
4. **Kolodjazhnyj, S. A.** Prikladnye zadachi bezopasnogo funkcionirovanija sistem gazosnabzhenija / S. A. Kolodjazhnyj, E. A. Sushko, S. A. Sazonova, K. A. Skljarov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2014. – № 2 (15). – S. 8-17.
5. **Panov, M. Ja.** Ispolzovanie sistemy matlab dlja modelirovanija processa upravlenija funkcionirovaniem sistem gazosnabzhenija / M. Ja. Panov, G. N. Martynenko, V. V. Uh-lova, A. I. Kolosov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj pro-myshlennosti. – 2017. – № 1 (367). – S. 239-243.
6. **Mihajlova, E. O.** Prognozirovanie gidravlicheskih karakteristik gazoprovodnyh setej na gazoraspredeitel'nyh punktah / E. O. Mihajlova, D. N. Kitaev // Gradostroitel'-stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2017. – № 3 (8). – S. 23-29.
7. **Chudinov, D. M.** Razrabotka algoritma obosnovanija struktury jenergokompleksa na baze vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии / D. M. Chudinov, K. N. Sotnikova, M. Ju. Morozov, S. V. Chujkin // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2009. – № 1. – S. 147-154.
8. **Kolosov, A. I.** Matematicheskaja model' potokoraspredele'nija pri izotermicheskom techenii vjazkogo gaza / A. I. Kolosov, M. Ja. Panov, K. V. Zubarev, A. A. Sviridov // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2015. – № 4 (40). – S. 34-41.
9. **Kolosov, A. I.** Rezul'taty modelirovanija restrukturizacii sistem gazosnabzhenija / A. I. Kolosov, M. Ja. Panov, A. I. Ivashkina, E. M. Bobreshov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2013. – № 2 (11). – S. 10-21.
10. **Mel'kumov, V. N.** Kriterii optimal'nosti i uslovija sravnenija proektnyh reshenij sistem teplosnabzhenija / V. N. Mel'kumov, K. A. Skljarov, S. G. Tul'skaja, A. A. Chujkina // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2017. – № 4 (48). – S. 29-37.
11. **Kuznecova, G. A.** Analiz perspektivnyh sposobov prokladki magistral'nyh gazoprovodov v bolotistoj mestnosti / G. A. Kuznecova, M. M. Ostrovskaja // Gradostroitel'-stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2017. – № 2 (7). – S. 59-65.
12. **Panov, M. Ja.** Razrabotka matematicheskaj modeli operativnogo upravlenija sistemami gazosnabzhenija s ispol'zovanijem sovremennyh ul'trazvukovyh metodov zamera gaza / M. Ja. Panov, S. A. Brezhnev, A. V. Gribov, E. Je. Grishkevich, E. P. Demidkin // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2010. – № 2. – S. 133-136.
13. **Plaksina, E. V.** Jekologicheskie kachestva polijetilennyh (polimernyh) truboprovodov / E. V. Plaksina // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Materialy mezhtregional'noj nauchno-prakticheskaj konferencii «Vysokie tehnologii v jekologii». – 2011. – № 1. – S. 115-117.

DIAGNOSIS STEEL PIPELINES OF GAS SUPPLY SYSTEM

E. V. Plaksina

Voronezh State Technical University

*E. V. Plaksina, graduate student, of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: plaksina@vgasu.vrn.ru*

Statement of the problem. At present, the use of gas has a great advantage compared to other fuels. Pipelines of gas distribution networks in Russia now exceeds 840 thousand km, most of which are steel underground. The role of gas as primary energy sources is constantly increasing, expanding the scope of its application. Therefore, an important issue is the diagnosis and repair of steel pipelines, which are operated for more than 50 years.

Results and conclusions. At this time, diagnostics of steel pipelines is performed using the document security guide «Manual for technical diagnostics of underground steel gas pipelines», which allows you to set the appearance and order of carrying out diagnostic of the investment, the main criteria for evaluation of technical state of gas pipelines.

Keywords: gas supply, gas distribution network, steel pipelines, industrial safet.

Для цитирования: **Плаксина, Е. В.** Диагностика стальных трубопроводов системы газоснабжения / Е. В. Плаксина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 4(9). – С. 24-30.

For citation: **Plaksina, E. V.** Diagnosis steel pipelines of gas supply system / E. V. Plaksina // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2017. – № 4(9). – Pp. 24-30.

УДК 628.86

ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А. И. Калинина, А. А. Пискунков, Е. Е. Сошникова, К. А. Хамидулина

*Воронежский государственный технический университет**А. И. Калинина, аспирант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: alina27.03@mail.ru**А. А. Пискунков, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: toni1804@bk.ru**Е. Е. Сошникова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: lena_soshnikova-1997@mail.ru**К. А. Хамидулина, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: xamidulina.97@mail.ru*

Постановка задачи. Проанализировать общие параметры микроклимата, подробно рассмотреть характеристики микроклимата в помещениях спортивных и производственных комплексов, изучить методы расчетов основных факторов.

Результаты и выводы. Проведен общий анализ основных факторов и методов расчета микроклимата в физкультурно-оздоровительных и производственных комплексах, рассмотрены параметры и их отклонения от нормы, которые влияют на здоровье человека. Приведен основной метод обеспечения требуемых параметров.

Ключевые слова: микроклимат, температура, максимальная влажность, влаговыделение, воздухообмен, освещение, спортивный комплекс, производственный комплекс, вентиляция.

Введение. Несмотря на очевидные достижения последних лет в области оконных технологий, светопрозрачные конструкции все еще остаются наиболее слабым местом в наружной оболочке зданий. При современном уровне технического развития, теплозащитные и звукоизоляционные качества светопрозрачных конструкций пока еще очень далеки от непрозрачных участков наружных стен. Соответственно, окна и другие элементы наружного остекления играют определяющую роль в формировании внутреннего микроклимата помещения.

Состояние здоровья человека, его работоспособность в значительной степени зависят от микроклимата помещения, в котором он находится.

Метеорологические условия, или микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции. Микроклимат, оказывая непосредственное воздействие на один из важнейших физиологических процессов - терморегуляцию, имеет огромное значение поддержания комфортного состояния организма.

Условия, в которых трудится человек, влияют на результаты производства - производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции. Производительность труда повышается за счет сохранения здоровья человека, повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека. Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение оптимального микроклимата.

1. Основные параметры микроклимата. Микроклимат – искусственно создаваемые климатические условия в закрытых помещениях для защиты от неблагоприятных внешних воздействий и создания зоны комфорта. Зона комфорта – оптимальное для организма чело-

века сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха и воздействия лучистого тепла (например, в состоянии покоя или при выполнении легкой физической работы: температура зимой 18-22 °С, летом 23-25 °С; скорость движения воздуха зимой 0,15, летом 0,2-0,4 м/с; относительная влажность 40-60 %). Тесно соприкасаясь с воздушной средой, организм человека подвергается воздействию ее физических и химических факторов: состава воздуха, температуры, влажности, скорости движения воздуха, барометрического давления и др. Особое внимание следует уделить параметрам микроклимата помещений – аудиторий, производственных и жилых зданий, спортивных комплексов. Микроклимат, оказывая непосредственное воздействие на один из важнейших физиологических процессов – терморегуляцию, имеет огромное значение для поддержания комфортного состояния организма [1].

Оценка степени благоприятности микроклиматических условий всегда подразумевает учет двух групп требований. Первая группа – это так называемые санитарно-гигиенические требования, т.е. обеспечение условий комфортного пребывания в помещении людей, поэтому их часто называют комфортными. Вторая – технологические требования, к числу которых следует отнести и необходимость обеспечения условий сохранности как самих строительных конструкций, так и элементов интерьеров и тех предметов, что находятся в помещениях [2, 5].

Основные параметры микроклимата в помещениях:

- наличие источников освещения;
- химический состав воздуха;
- уровень шума;
- присутствие излучения;
- загрязнение пространства и насыщенность механическими частицами (пылью).

Далее мы остановимся на самых важных показателях микроклимата подробнее.

Помимо названных выше существуют довольно обширные гигиенические параметры микроклимата в помещениях, ГОСТ, в частности, предусматривает такие:

- возможные значения перепадов температуры на протяжении всей смены, в частности, это зависит от категории энергозатрат самой работы;
- оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах и в самом здании;
- допустимые параметры на рабочих местах и в самих помещениях;
- разрешенные значения скорости движения воздуха характеризуются в зависимости от применяемой категории энергозатрат при температуре, которая колеблется от 26 до 28 °С.
- показатели возможных величин относительной влажности в помещениях при 25 °С и выше;
- дозволённые значения тяжести теплового облучения всей поверхности тела от источников, которые присутствуют на производстве;
- максимальное время пребывания сотрудника в рабочей зоне при температуре, которая больше допустимых величин.

Параметры микроклимата можно разделить на:

1. Оптимальные – они сочетают в себе показатели внутреннего пространства помещения, благодаря которым при длительном воздействии на человека будет наблюдаться нормальное тепловое состояние его организма, а также минимальное напряжение терморегуляции и ощущение комфорта.

2. Допустимые – это параметры, при которых в случае присутствия длительного и систематического воздействия у человека может наблюдаться ухудшение самочувствия, локальное ощущение дискомфорта и понижение работоспособности в целом. Все эти показатели не вызывают больших проблем со здоровьем.

Температура воздуха, измеряемая в °С, является одним из основных параметров, характеризующих тепловое состояние микроклимата. Температура поверхностей и интенсивность теплового облучения учитываются только при наличии соответствующих источников тепловыделений.

Влажность воздуха – содержание в воздухе водяного пара. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность.

Абсолютная влажность – упругость водяных паров, находящихся в момент исследования в воздухе, выраженная в миллиметрах ртутного столба, или массовое количество водяных паров, находящихся в 1 м³ воздуха, выражаемое в граммах. Другими словами, это плотность водяного пара в воздухе. Абсолютная влажность воздуха рассчитывается по следующей формуле:

$$f = \frac{m}{V} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где V – объем влажного воздуха, м³; m – масса водяного пара, содержащегося в этом объеме, кг.

Максимальная влажность – упругость или масса водяных паров, которые могут насытить 1 м³ воздуха при данной температуре.

Относительная влажность – это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

$$\varphi = \frac{f}{f_m} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где f – абсолютная влажность, кг/м³ или г/м³; f_m – максимальная влажность, кг/м³ или г/м³.

Учет микроклиматических условий и особенностей местности необходим для решения многих вопросов, связанных с выбором территорий для строительства зданий, населенных пунктов, санаториев, спортивных сооружений, при решении проблем градостроительства и др. Микроклимат закрытых помещений зависит от климатических факторов наружной атмосферы, которые должны учитываться при проектировании, выборе строительных материалов, видов топлива, систем отопления, вентиляции и режима их эксплуатации. Создание искусственного микроклимата направлено на нейтрализацию неблагоприятных климатических факторов и обеспечение наиболее благоприятных стабильных условий труда и быта людей. Для создания искусственного микроклимата используются различные методы и средства: проектирование и строительство жилых и производственных помещений с учетом климатических условий районов размещения, рельефа местности; установка систем и аппаратов кондиционирования воздуха и др. [4].

Человек постоянно находится в состоянии теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального протекания физиологических процессов в организме человека требуется поддержание практически постоянной температуры его внутренних органов. Способность человеческого организма к поддержанию постоянной температуры носит название терморегуляции. Терморегуляция достигается отводом выделяемого организмом тепла в процессе жизнедеятельности в окружающее пространство. Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени его физического напряжения и параметров микроклимата.

Теплоотдача от организма человека в окружающую среду происходит следующими путями: в результате теплопроводности через одежду; конвекции тела излучения на окружающие поверхности, испарения влаги с поверхности кожи, а также за счет нагрева выдыхаемого воздуха, определяется по формуле:

$$Q_{\text{общ}} = Q_t + Q_k + Q_u + Q_{\text{исп}} + Q_v, \quad (3)$$

где Q_t – теплопроводность через одежду, Вт/(м·К); Q_k – конвекция тела, Вт/(м·К); Q_u – излучения на окружающие поверхности, Вт/(м·К); $Q_{\text{исп}}$ – испарения влаги с поверхности кожи, гр/м³; Q_v – нагрев выдыхаемого воздуха, Вт/(м·К).

Представленное уравнение носит название уравнения теплового баланса. Вклад перечисленных выше путей передачи тепла непостоянен и зависит от параметров микроклимата в помещении, а также от температуры окружающих человека поверхностей (стен, потолка,

оборудования и др.). Если температура этих поверхностей ниже температуры человеческого тела, то теплообмен излучением идет от организма человека к холодным поверхностям. В противном случае теплообмен осуществляется в обратном направлении – от нагретых поверхностей к человеку. Основную долю в процессе отвода тепла от организма человека вносят излучение, конвекция и испарение. Нормальное тепловое самочувствие человека при выполнении им работы любой категории тяжести достигается при соблюдении теплового баланса, уравнение которого приведено выше. Постоянное отклонение от нормальных параметров микроклимата приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям: при перегреве – к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях – возникновению теплового удара. При переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др. Для исключения перечисленных выше негативных последствий необходимо правильно выбирать параметры микроклимата в производственных помещениях [4].

2. Микроклимат физкультурно-оздоровительных комплексов. Искусственный микроклимат спортивных помещений во многом зависит от температуры окружающего воздуха. Для спортивных залов проектируют центральное водяное отопление и в отдельных случаях – воздушное.

Центральное водяное отопление низкого давления в теплоносителе и нагревательных приборах спортивного зала должно иметь температуру не выше 130 °С. Расчетная температура воздуха для спортивного зала должна быть 15–17 °С, для раздевальных при зале 19–23 °С, для душевых 25 °С и для туалетов 17–21 °С. Доведение температуры до расчетной может быть осуществлено за счет подогрева приточного воздуха вентиляции. Нагревательные приборы в зале размещают за щитами. Отопительные приборы с защитными сетками или решетками не должны выступать за плоскость стены. В отдельных случаях отопительные приборы устанавливают на высоте более 2 м от пола. В воздухе постоянно находятся водяные пары, которые, как и всякий газ, обладают упругостью, измеряемой высотой ртутного столба в миллиметрах. При повышении количества водяных паров в воздухе их упругость возрастает и достигает определенного предела, при котором пары насыщают пространство. Каждой температуре воздуха соответствует определенная степень насыщения его водяными парами. Относительная влажность воздуха в спортивном зале должна быть в пределах 40–60 %. Скорость движения воздуха – существенный фактор, оказывающий влияние на теплообмен человека наряду с температурой и влажностью воздуха. При низкой температуре большая скорость движения воздуха способствует охлаждению организма. При высокой температуре движущийся воздух увеличивает отдачу тепла за счет конвекции и испарения пота. Однако это благоприятное влияние ветра наблюдается в случаях, когда температура воздуха ниже температуры тела. Если температура воздуха превышает температуру тела, движущийся воздух вместо охлаждения способствует нагреванию организма [7]. Подвижность воздуха в зонах нахождения занимающихся должна быть не более 0,2 м/с в залах ванн, крытых бассейнов; 0,3 м/с в спортивных залах для борьбы, настольного тенниса и в крытых катках; 0,5 м/с в остальных спортивных залах и залах для подготовительных занятий в бассейнах. Скорость движения воздуха в спортивном зале определяется с помощью анемометра и кататермометра.

Микроклимат является одним из наиболее важных параметров, влияющих на самочувствие и здоровье человека. Поэтому при эксплуатации закрытых капитальных бассейнов, находящихся в стационарном помещении, созданию комфортного микроклимата следует уделять максимум внимания. В основном эта совокупность параметров складывается из различных показателей воздуха и воды, например, таких, как влажность и температура. В частности, для помещений, внутри которых установлен частный плавательный бассейн, уже давно разработаны определенные нормы. По этим нормам температура воздушного пространства должна колебаться между 25 и 28 °С, а температура воды в чаше – между 27 и 29 °С.

При проектировании бассейнов должна существовать возможность изменения микроклимата, к примеру, для детей и пожилых людей, эти вышеприведенные показатели рекомендуется увеличить на два градуса.

Для обеспечения требуемых параметров микроклимата температура воздуха в помещении бассейна должна быть на 1-2 °С выше температуры воды в бассейне, но не более 35 °С.

Значение температуры воздуха может быть таким же, как для рекреационных бассейнов 29...32 °С (вода 28...30 °С) или для детских бассейнов 30...34 °С (вода 29...32 °С). В любом случае автоматика вентиляционной системы бассейна должна иметь возможность перенастроить режим бассейна.

Влажность воздуха в помещении не должна превышать 60 %, в противном случае возрастает появление коррозии оборудования, активное развитие плесени и образование обильного конденсата на стенах.

Скорость движения воздуха в комнате, которая предназначена для плавания, должна быть незначительной. Любые сквозняки приведут к самым негативным последствиям, поэтому их необходимо предотвращать с помощью подогрева пола.

Для частных бассейнов подвижность воздуха (или скорость его перемещения) должна быть не более 0,2 м/с. Увеличение этого значения может привести к повышенному уносу влаги с поверхности зеркала воды бассейна или дискомфорту отдыхающих возле бассейна, так как увеличение скорости обдува воздухом (даже комфортной температуры) кожных поверхностей человека приводит к повышенному теплосъему и как следствие – понижение температуры кожи и возможные простудные явления.

Также параметрами определяющими микроклимат в бассейнах являются кратность воздухообмена и расход наружного воздуха. Кратность воздухообмена – это количество раз, которое объем свежего воздуха (равный объему помещения) проходит за один час через помещение. Кратность воздухообмена в бассейне предусмотрена нормативными документами и устанавливается расчетом. В основу расчета ложатся следующие параметры:

- влаговыведения в зале с ваннами бассейна;
- площадь испарения (зеркало воды, обходные дорожки);
- коэффициент интенсивности влаговыведений (для рабочего и не рабочего времени);
- расход наружного воздуха.

Определение массового расхода воздуха необходимо для ассимиляции влаги, выделяющейся в помещении бассейна. Его определяют по формуле:

$$M_{A.S} = \frac{M_{D.B} + M_{D.A}}{x_{D.L} - x_{D.A}} \cdot 10^3, \quad (4)$$

$$x_{D.A} = 0,622 \frac{P_{D.A}}{P_B - P_{D.A}} \cdot 10^3, \quad (5)$$

где $M_{D.B}$ – влаговыведения в зале с ваннами бассейна; $M_{D.A}$ – влаговыведения для открытых водяных горок; $x_{D.L}$ – влагосодержание внутреннего воздуха в зале с ваннами бассейна, г/кг; $x_{D.A}$ – влагосодержание наружного воздуха, г/кг; $p_{D.A}$ – парциальное давление водяного пара в наружном воздухе, Па; p_B – параметрическое давление, Па.

Расход наружного воздуха не может быть меньше санитарной нормы в соответствии с СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (приложение Л). Согласно СП 31-113 – 2004 «Бассейны для плавания» удельный расход (свежего) приточного воздуха должен быть не менее 80 м³/ч на пловца (купающегося) и 20 м³/ч на зрителя. Существует несколько методов поддержания микроклимата в бассейне в рамках рекомендованных норм, наиболее комфортно воспринимающихся человеческим организмом. Пассивный метод заключается в натягивании над бассейном покрывала или тента из полимерных материалов, позволяющего снизить интенсивность процесса испарения влаги, притормозить ос-

тывание воды и уменьшить влажность воздуха. Такой метод позволяет сэкономить на обогреве воды, на который тратится немало дорогостоящей электрической энергии.

Традиционный метод заключается в использовании принудительной или естественной вентиляции. Принудительная вентиляция осуществляется с помощью вытяжной системы, естественная – элементарным открытием окна. Данный метод способствует постоянному воздухообмену, позволяющему создать подходящую атмосферу для безопасного и комфортного плавания. Автоматический метод предусматривает использование такого электрооборудования, как пароуловители, осушители и нагреватели. При выборе осушителя основным критерием является площадь зеркала бассейна.

Наконец, четвертый, самый эффективный метод заключается в оптимальном и сбалансированном сочетании всех перечисленных выше методов. Он идеально подходит для общественных бассейнов с большим ежедневным количеством посетителей. Установка вентиляционной системы мощных современных осушителей в помещении со стационарным бассейном позволит наслаждаться плаванием в любое время года и дня. Параметры микроклимата спортивных помещений и их санитарно-гигиеническое состояние нередко значительно отличаются от оптимальных величин, поскольку в процессе тренировок повышаются: температура, влажность, запыленность, загазованность и микробная обсемененность. Кроме того, современные конструкции спортивных залов характеризуются избыточным остеклением, что способствует избыточному радиационному теплу, которое усугубляет тепловой дискомфорт спортсмена, препятствуя теплоотдаче организма путем радиации [4]. Воздействие комплекса микроклиматических факторов отражается на теплоощущении человека и обуславливает особенности физиологических реакций организма. Температурные воздействия, выходящие за пределы нейтральных колебаний, вызывают изменения тонуса мышц, периферических сосудов, деятельности потовых желез, теплопродукции. При этом постоянство теплового баланса достигается за счет значительного напряжения терморегуляции, что отрицательно сказывается на самочувствии, работоспособности человека, его состоянии здоровья [5, 8].

3. Микроклимат производственных комплексов. Условия микроклимата в производственных помещениях зависят от ряда факторов:

- климатического пояса и сезона года;
- характера технологического процесса и вида используемого оборудования;
- условий воздухообмена;
- размеров помещения;
- числа работающих людей и т.п.

Микроклимат в производственном помещении может меняться на протяжении всего рабочего дня, быть различным на отдельных участках одного и того же цеха.

В производственных условиях характерно суммарное действие параметров микроклимата: температуры, влажности, скорости движения воздуха. В соответствии с СанПиН 2.2.4.548.96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» параметрами характеризующими микроклимат являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств);
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Одним из основных факторов, влияющих на микроклимат производственных помещений, является температурный режим. Считается, что идеальной для помещений является температура, что колеблется в диапазоне от 20 до 22 °С.

Если оптимальный микроклимат помещений нарушается, то при длительном воздействии неприятная температура может ослабить организм человека и снизить его иммунитет. Это касается не только очень холодных помещений, но и чересчур жарких, так как такие условия не являются самой лучшей средой для здоровья человека. В прохладное время года температурный режим в первую очередь зависит от эффективности отопительных систем, а в жаркое время он поддерживается системами кондиционирования.

Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений предполагают, что воздух, который находится в помещении, должен быть свежим, влажным и, что немаловажно, подвижным. Все эти показатели в основном зависят от проветривания и вентилирования помещений.

В прохладное время года движение должно быть в диапазоне от 0,1–0,3 м/с. В том случае, если будут присутствовать большие показатели, они обязательно спровоцируют сквозняк, который в такое время может привести к простуде [1, 3, 6].

Для улучшения качества воздуха необходимо воспользоваться эффективной системой вентилирования. Основной задачей вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха.

Помимо вентиляции помещения важно следить за уровнем пыли и предупреждать ее появление на производстве. Как известно, производственная пыль может оказывать вредное влияние и на верхние дыхательные пути, кожу, зрение, в связи с чем очень важно минимизировать пыль на производстве и проводить профилактические меры борьбы с ней. Общие мероприятия и средства предупреждения загрязнения воздушной среды на производстве и защиты работающих включают: изъятие вредных веществ из технологических процессов, замена вредных веществ менее вредными и т.п.; усовершенствование технологических процессов и оборудования; автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами и оборудованием, исключающие непосредственный контакт работающих с вредными веществами; герметизация производственного оборудования, работа технологического оборудования в вентилируемых укрытиях, локализация вредных выделений за счет местной вентиляции, аспирационных установок; нормальное функционирование систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, очистки выбросов в атмосферу; предварительные и периодические медицинские осмотры работающих, во вредных условиях, профилактическое питание, соблюдение правил личной гигиены; контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны; использование средств индивидуальной защиты. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения. С этой целью технологическое оборудование, являющееся источником выделения вредных веществ, снабжают специальными устройствами, от которых производится вытягивание загрязненного воздуха. Такая вентиляция называется местной вытяжкой.

При недостаточном естественном освещении устраивают искусственное освещение. Искусственное освещение помогает избежать многих недостатков, характерных для естественного освещения, и обеспечить оптимальный световой режим.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению бывает двух видов: общее и комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Общее освещение может быть рабочим, аварийным и охранным.

Микроклимат помещений также состоит из акустического режима, так как весь шум, который слышит человек, тем или иным образом влияет на его нервную систему. Его можно поделить на внешний, так называемый шум большого города, и внутримодовой, например: звуки музыки, электротехники, ремонт и топот соседей.

Защиту от внешних факторов чаще всего осуществляют помощи звукопоглощающих толстых стен или специальных «экранов», отражающих звуковые волны. Также не послед-

ную роль играют окна, которые защищают помещение от проникновения уличного шума. Для внутридомовой защиты используются современные изоляционные материалы, выбор которых достаточно велик [1, 8, 9].

Выводы. Метеорологические параметры, такие как температура, скорость движения воздуха и относительная влажность определяют теплообмен человека с окружающей средой и, следовательно, самочувствие человека. Длительное воздействие на человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

По степени влияния на самочувствие человека, его работоспособность микроклиматические условия подразделяются на оптимальные, допустимые, вредные и опасные. Нормирование микроклимата производственных помещений производится согласно Сан-ПиН 2.2.4.548-96.

Для создания нормальных условий труда в производственных помещениях обеспечивают нормативные значения параметров микроклимата, температуры воздуха, его относительной влажности и скорости движения, а также интенсивности теплового излучения.

Основным методом обеспечения требуемых параметров микроклимата и состава воздушной среды является применение систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха [9–12].

Библиографический список

1. **Кувшинов, Ю. Я.** Теоретические основы обеспечения микроклимата помещений / Ю. Я. Кушинов. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 186 с.
2. **Самарин, О. Д.** Основы обеспечения микроклимата зданий / О. Д. Самарин. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2014. – 208 с.
3. **Каменев, П. Н.** Вентиляция: учеб. пособие / П. Н. Каменев, Е. И. Тертичник. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 615с.
4. **Каменев, П. Н.** Отопление и вентиляция. Часть 1 Отопление / П. Н. Каменев, А. Н. Сканавин, В. Н. Богославский. - М.: Изд-во Стройиздат, 1975. – 483 с.
5. **ГОСТ 12.1.005.88** Общие санитарно-технические требования к воздуху рабочей зоны / Изд-во Стандартиформ, 2008 – 49 с.
6. **СанПиН 2.2.4.548-96** Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - взамен Санитарных норм микроклимата производственных помещений; Введен 01.10.96. Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001. – 20 с.
7. **Феоктистов, А. Ю.** К вопросу расчета систем кондиционирования воздуха со второй рециркуляцией вытяжного воздуха / А. Ю. Феоктистов, Ю. Г. Овсянников, Л. А. Кушев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2016. – № 1. – С. 46-48.
8. **Тульская, С. Г.** Формирование параметров микроклимата в помещениях ресторанных комплексов / Тульская С.Г. // диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.03 / Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2013.
9. **Тульская, С. Г.** Вентиляция и экологическая безопасность вентилируемых помещений ресторанных комплексов / С. Г. Тульская, О. А. Сотникова // Экология и промышленность России. – 2013. – № 2. – С. 21-25.
10. **Чуйкин, С. В.** Характерные особенности организации микроклимата крытых ледовых арен / С. В. Чуйкин, О. В. Свищев, В. С. Шерстобитова, Ю. А. Соя // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 4 (9). – С. 59-67.
11. **Melkumov, V. N.** A Scheme and method of calculation for ventilation and air conditioning systems of ice arenas / V. N. Melkumov, S. V. Chuikin // Journal of Technology. – 2017. – Т. 32. – № 2. – С. 139-146.
12. **Плакина, Е. В.** Анализ методов организации микроклимата в спортивно-оздоровительных помещениях / Е. В. Плакина, О. С. Замерина, Е. М. Бобрецов, А. А. Шевцов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2013. – № 2(11). – С. 70-77.

References

1. **Kuvshinov, Ju. Ja.** Teoreticheskie osnovy obespechenija mikroklimata pomeshhenij / Ju.Ja. Kushinov. - M.: Izd-vo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2007. – 186 s.
2. **Samarin, O. D.** Osnovy obespechenija mikroklimata zdaniy / O.D. Samarina. - M.:Izd-vo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2014. – 208 s.

3. **Kamenev, P. N.** Ventiljacija :učeb. posobie / P. N. Kamenev, E. I. Tertichnik.- M.: Izd-vo Asociacii stroitel'nyh vuzov, 2006. – 615s.
4. **Kamenev, P. N.** Otoplenie i ventiljacija. Chast' 1 Otoplenie / P.N. Kamenev, A.N. Skanavin, V.N. Bogoslavskij. - M.: Izd-vo Strojizdat, 1975. – 483 s.
5. **GOST 12.1.005.88** Obshhie sanitarno-tehnicheskie trebovanija k vozduhu rabochej zony / Izd-vo Standartinform, 2008 – 49 s.
6. **SanPiN 2.2.4.548-96** Gigienicheskie trebovanija k mikroklimatu proizvodstvennyj pomeshhenij.-vzamen Sanitarnyh norm mikroklimata proizvodstvennyh pomeshhenij; Vveden 01.10.96. Moskva: Informacionno-izdatel'skij centr Minzdrava Rossii, 2001. – 20 s.
7. **Feoktistov, A. Ju.** K voprosu rascheta sistem kondicionirovanija vozduha so vtoroj recirkuljaciej vytjazhnogo vozduha / A. Ju. Feoktistov, Ju. G. Ovsjannikov, L. A. Kushhev // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2016. – № 1. – S. 46-48.
8. **Tul'skaja, S. G.** Formirovanie parametrov mikroklimata v pomeshhenijah restorannyh kompleksov / Tul'skaja S.G. // dissertacija ... kandidata tehniceskih nauk: 05.23.03 / Voronezhskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. Voronezh, 2013.
9. **Tul'skaja, S. G.** Ventiljacija i jekologičeskaja bezopasnost' ventiliruemyh pomeshhenij restorannyh kompleksov / S. G. Tul'skaja, O. A. Sotnikova // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2013. – № 2. – S. 21-25.
10. **Chujkin, S. V.** Harakternye osobennosti organizacii mikroklimata krytyh ledovyh aren / S. V. Chujkin, O. V. Svishev, V. S. Sherstobitova, Ju. A. Soja // Nauchnyj zhurnal. Inženernye sistemy i sooruzhenija. – 2012. – № 4 (9). – S. 59-67.
11. **Melkumov, V. N.** A Scheme and method of calculation for ventilation and air conditioning systems of ice arenas / V. N. Melkumov, S. V. Chuikin // Journal of Technology. – 2017. – T. 32. – № 2. – C. 139-146.
12. **Plakina, E. V.** Analiz metodov organizacii mikroklimata v sportivno-ozdorovitel'nyh pomeshhenijah / E. V. Plakina, O. S. Zamerina, E. M. Bobreshov, A. A. Shevcov // Nauchnyj zhurnal. Inženernye sistemy i sooruzhenija. – 2013. – № 2(11). – S. 70-77.

THE PARAMETERS FOR THE MICROCLIMATE OF INDUSTRIAL AND SPORTS COMPLEXES

A. I. Kalinina, A. A. Piskunkov, E. E. Soshnikova, K. A. Hamidulina

Voronezh State Technical University

A. I. Kalinina, graduate of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: alina27.03@mail.ru

A. A. Piskunkov, student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: toni1804@bk.ru

E. E. Soshnikova, student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: lena_soshnikova-1997@mail.ru

K. A. Hamidulina, student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: xamidulina.97@mail.ru

Statement of the problem. To perform General parameters of the microclimate, to consider in detail the characteristics of the microclimate in the premises of sports and industrial complexes, to study the methods of calculations of the main factors.

Results and conclusions. The overall analysis of the main factors and methods of calculation of microclimate in the health and industrial complexes, are considered parameters and their deviations from the norm that affect human health. Given the main method provide the required parameters.

Keywords: microclimate, temperature, maximum humidity, flagovedeniya, ventilation, lighting, sports complex, industrial complex, ventilation.

Для цитирования: **Калинина, А. И.** Параметры микроклимата для производственных и физкультурно-оздоровительных комплексов / А. И. Калинина, А. А. Пискунков, Е. Е. Сошникова, К. А. Хамидулина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 4(9). – С. 31-39.

For citation: **Kalinina, A. I.** The parameters for the microclimate of industrial and sports complexes

/ A. I. Kalinina, A. A. Piskunkov, E. E. Soshnikova, K. A. Hamidulina // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 4(9). – Pp. 31-39.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 504:351.77

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Е. И. Головина, И. А. Иванова

Воронежский государственный технический университет

*Е. И. Головина, старший преподаватель кафедры техносферной и пожарной безопасности
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: u00111@vgsu.vrn.ru*

*И. А. Иванова, канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: ivanova-eco@mail.ru*

Постановка задачи. Определение экологической безопасности рабочей зоны литейных цехов является основной целью работы.

Результаты. По результатам анализа выявлены опасные и вредные факторы литейного производства, к которым относятся высокие концентрации вредных газов и пыли, выделяющихся на различных этапах технологического процесса.

Выводы. В работе на основании анализа существующих методов оценки влияния выбросов на атмосферу, разработан аналитический метод определения коэффициента экологического риска. Дана оценка дисперсности пыли, сделан вывод о несовершенстве системы пылеулавливания.

Ключевые слова: экологическая безопасность, пыль, концентрация, гранулометрический анализ, рабочая зона, дисперсность, литейное производство, коэффициент экологического риска.

Введение. Загрязнения воздуха рабочей зоны предприятия зависит от качества и постоянства технического обслуживания и состояния пылеулавливающего оборудования [4]. Целью исследования является оценка дисперсного состава пыли, который определяет гигиеническое состояние рабочей зоны литейного производства. В технологии литейного производства на различных этапах технологического процесса, выделяются высокие концентрации пыли и вредных газов [1]. Опасность пыли для здоровья определяются также ее гранулометрическим составом, т.е. количественным соотношением в ней фракций пыли различных размеров [2, 5].

Пыль, основной составляющей которой является кремнезём, образуется при приготовлении и регенерации формовочных и стержневых смесей, плавке литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, выпуске жидкого металла из печи, внепечной обработке его и заливке в формы, на участке выбивки отливок, в процессе обрубки и очистки литья, при подготовке и транспортировке исходных сыпучих материалов [3].

1. Теоретическая часть. Степень загрязнения атмосферного воздуха в зоне работы операторов и на территории предприятия в значительной степени зависит от технического состояния пылеулавливающего оборудования, его эффективности и качества проведения регламентных работ. Состояние воздуха рабочей зоны литейного производства, как правило, не соответствует нормативным гигиеническим требованиям [9].

Источниками загрязнений являются плавильные агрегаты, печи термической обработки, сушилка для форм, стержней и ковшей и т.п. Литейный цех машиностроительного производства располагается в городской застройке. Степень экологической безопасности определяется микроклиматом в зоне дробеструйной установки и межкорпусной зоне завода (при рассеивании выбросов) [6].

Для здоровья работников опасна пыль, которая содержит свободную двуокись кремния – SiO_2 (кремнезем). Количество кремнезема в пыли зависит от типа перерабатываемой горной породы: в кварцитах – 57–92 %, в песчаниках – 30–75 %, в гнейсах – 27–74 %, в гранитах – 25–65 %, в известняках – 3–37 %. Ядовитость кремнезема очень мала, но всё же при длительном вдыхании происходят медленно развивающиеся изменения в легких. Выявлена прямая зависимость между весовой концентрацией пыли в воздухе и заболеваемостью дышащих людей [11].

Предельно допустимая концентрация пыли в рабочей зоне (ПДКр.з.) зависит от содержания SiO_2 в частности, при $\text{SiO}_2 \leq 10$ % ПДКр.з. = 10 мг/м³, а фактическое содержание SiO_2 находится в диапазоне от $\text{SiO}_2 = 35$ –50 % [1] и почти по всем участкам литейного производства сопровождается наличием кварца, ПДКр.з. принимается равным 2 мг/м³. Это и определяет более жесткий подход к оценке санитарного состояния рабочей зоны литейного цеха и эффективности инженерно-технических мероприятий по снижению выбросов вредных веществ.

Оценка экологической опасности производственных объектов на промплощадках предприятий в отношении приземной атмосферы может определяться по зависимости

$$O_j = \sum_{i=1}^n A_i M_i, \quad (1)$$

где n – число ингредиентов загрязняющих веществ; A_i – коэффициент опасности i -го вещества, усл. ед.; M_i – масса i -го вещества, поступающего в атмосферу от всех i источников j -го производственного объекта, тыс.т.

Коэффициент опасности i -го вещества A_i , усл.ед., определяется по формуле

$$A_i = \frac{1}{C_i} \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3, \quad (2)$$

где C_i – лимитирующая концентрация i -го вещества в организме человека вследствие дыхания; Π_1 – поправка на рассеивание i -го вещества в приземной атмосфере (без размерности) (табл.); Π_2 – поправка на вероятность накопления i -го вещества в природных компонентах; Π_3 – поправка на воздействие i -го вещества на различные реципиенты помимо человека.

Суммарная величина массы загрязняющих веществ M определяется массами выбросов ингредиентов загрязнений имеющимися в данном производственном объекте источниками:

$$M = M_1 h_1 + M_2 h_2, \quad (3)$$

где M_1 – масса выбросов от организованных стационарных источников, тыс. т.; M_2 – масса выбросов от неорганизованных стационарных источников, тыс. т.; h_2 – поправочный коэффициент малой высоты источников выбросов, увеличивающий опасность загрязнения, экспертно определенная величина коэффициента – 1,4 (для стационарно организованных источников $h_1 = 1,0$).

По формуле (2) был рассчитан коэффициент опасности нетоксической пыли. Он равен 3000.

В работе [5] предлагается оценка категории экологической опасности предприятия $K_{ЭОП}$, которая определяется по четырем классам:

1. $K_{ЭОП} > 10^6$ – 1-й категории;
2. $K_{ЭОП} > 10^4 - 10^6$ – 2-й категории;
3. $K_{ЭОП} \geq 10^3 - 10^4$ – 3-й категории;
4. $K_{ЭОП} < 10^3$ – 4-й категории.

Коэффициент экологической опасности предприятия $K_{ЭОП}$, определяется по формуле

$$K_{ЭОП} = \sum_{i=1}^n (M_i / C_{ПДК_i})^{a_i}, \quad (4)$$

где M_i – масса загрязняющего вещества, т/год; $C_{ПДК_i} = C_i / ПДК_{р.з.}$ – концентрация загрязняющего вещества в долях ПДК_{р.з.}; a_i – коэффициент, учитывающий класс опасности i -го вещества (принимается $a_1 = 1,7$ – 1-й класс опасности; $a_2 = 1,3$ – 2-й класс опасности; $a_3 = 1$ – 3-й класс опасности; $a_4 = 0,9$ – 4-й класс опасности).

Сравнение методов расчета параметров экологической опасности по зависимостям (1) и (4) показывает значительное расхождение параметров экологической опасности предприятия (на несколько порядков). Оценка по работе [5] категории предприятия как загрязнителя атмосферы является менее формальной, так как предполагает анализ параметра $ТПВ$, более точно характеризующего степень воздействия предприятия на загрязнение атмосферы.

При определении параметра $ТПВ$ для каждого i вещества и каждого источника j рассчитывают значения требуемого потребления воздуха $ТПВ$, м³/с, и параметра R по следующим формулам:

$$ТПВ_{ji} = 10^3 M_{ji} / ПДК_i, \quad (5)$$

$$R_{ji} = \frac{D_j}{H_j + D_j} \cdot \frac{C_{ji}}{ПДК_i} \cdot 10^3, \quad (6)$$

где M_{ji} – масса вещества, выбрасываемого источником в одну секунду, г/с; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация вещества, мг/м³; D_j – диаметр устья источника, если устье источника не круглое, то за D_j принимают его наибольший размер, м; H_j – высота источника над уровнем земли, м; C_{ji} – концентрация вещества в устье источника, г/м³.

При $D_j > 0,5 H_j$ выражение $D_j / (H_j + D_j)$ принимают равным единице.

Значение параметра Π_i , м³/с, для каждого вещества определяют по следующей формуле:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^n ТПВ_{ji} R_{ji}, \quad (7)$$

где n – количество источников на предприятии, выбрасывающих одноименные вещества.

Нами предлагается производить оценку категории предприятия как загрязнителя атмосферы на основе коэффициента экологического риска.

Учитывая, что $M_{ji} = C_{ji} \cdot q_j$, где q_j – где объем выбрасываемого газа, м³/с, и подставляя формулы (5) и (6) в формулу (7), получим коэффициент экологического риска $K_{ЭР}$:

$$K_{ЭР_{ji}} = \sum_{j=1}^n 10^6 \frac{M_{ji} \cdot D_j \cdot C_{ji}}{ПДК_{ji}^2 \cdot (H_j + D_j)} = \sum_{j=1}^n 10^6 \frac{D_i}{H_j + D_i} \left(\frac{C_{ji}}{ПДК_{ji}} \right)^2 \cdot q_j, \quad (8)$$

Полученная нами аналитическая зависимость дает возможность получить параметр в комплексе характеризующий геометрию источника выброса, мощность и токсичность выброса [7, 8].

2. Экспериментальная часть. Опасность пыли для здоровья человека на производстве определяется ее гранулометрическим составом, т.е. количественным соотношением в ней фракций пыли различных размеров. Более крупные частицы пыли задерживаются на верхних дыхательных путях, а частицы с размерами менее 10 мкм проникают в альвеолы легких. Класс опасности – 3, ПДК = 0,5 мг/м³ [10].

Для исследования пыли использовали метод гранулометрического анализа, в основе которого лежит зависимость между размером и скоростью движения тела в вязкой среде (газе или жидкости) под действием гравитационных или центробежных сил.

Определение гранулометрического состава предоставленной пробы порошка производилась методом лазерной дифракции, реализуемой на лазерном анализаторе частиц Fritsch NanoTec «ANALISETTE 22» (рис.) с пакетом управляющих программ Fritsch Mas control, в соответствии с требованиями ISO 13320-2009. в Центре коллективного пользования им. проф. Ю.М. Борисова.

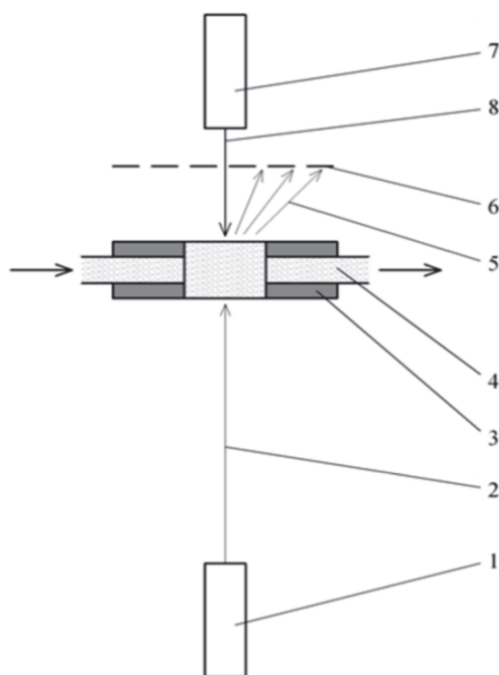


Рис. Оптическая часть лазерного анализатора частиц Analysette-22 NanoTec: 1 – передний лазер; 2 – луч переднего лазера; 3 – измерительная ячейка; 4 – дисперсная среда, содержащая образец; 5 – рассеянное образцом лазерное излучение; 6 – детектор; 7 – задний лазер; 8 – луч заднего лазера

В работе использовалась модель Фраунгофера. Данная модель используется только для образцов с частицами крупнее 0,1 мкм (100 нм). По результатам проведенного анализа определен гранулометрический состав представленных проб. Результаты приведены в таблице.

В таблице фиксирован размер частиц, в результате получено частицы размером меньше или равно 115.049 мкм в пробе содержится менее 90 %, а крупных частиц (более 115.049 мкм) 10 %. Частицы такого размера являются опасными для здоровья человека, так как вызывают пневмокониозы, а при наличии пленки SiO₂ силикозы.

Таблица

Гранулометрический состав пыли,
% -ое содержание частиц определенного размера

Значение, %	Размер частиц, мкм	Значение, %	Размер частиц, мкм	Значение, %	Размер частиц, мкм
5.0 %	<= 19.285 мкм	10.0 %	<=26.295 мкм	15.0 %	<=30.679 мкм
20.0 %	<=34.802 мкм	25.0 %	<=38.617 мкм	30.0 %	<=42.615 мкм
35.0 %	<=46.354 мкм	40.0 %	<=50.105 мкм	45.0 %	<=53.895 мкм
50.0 %	<=57.549 мкм	55.0 %	<=61.440 мкм	60.0 %	<=65.570 мкм
65.0 %	<=70.497 мкм	70.0 %	<=75.998 мкм	75.0 %	<=82.355 мкм
80.0 %	<=89.220 мкм	85.0 %	<=97.614 мкм	90.0 %	<=115.049 мкм
95.0 %	<=162.398 мкм	99.0 %	<=189.947 мкм	–	–

Выводы.

1. Анализ структуры пыли, образующейся на дробеструйном участках в процессе гранулометрического анализа показало, что частицы размером 115 мкм и более составляют менее 10 %. В пробе содержится максимальное количество пыли мелко- и среднедисперсной.

2. Состояние воздуха в литейном цехе характеризуется превышением фактических концентраций вредных веществ над предельно допустимой концентрацией рабочей зоны.

3. На основе расчетов коэффициента экологического риска установлено, что литейный цех является загрязнителем атмосферы третьей категории.

4. В результате использования лазерного анализатора типа Fritsch NanoTec «ANALISETTE 22» установлена высокая стабильность и точность показаний дисперсного состава.

Библиографический список

1. **Белов, С. В.** Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.
2. **Головина, Е. И.** Опасные и вредные факторы литейного производства и их влияние на состояние атмосферы в рабочей зоне / Е. И. Головина // Вестник технологического университета. 2016. – Т.19– № 23 – С. 126-131.
3. **Головина, Е. И.** Оценка опасных факторов литейного производства / Комплексные проблемы техно-сферной безопасности / Е. И. Головина, В. Я. Манохин, И. А. Иванова // Материалы Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 170-173.
4. **Головина, Е. И.** Оценка рентгенофазового анализа пыли от дробеструйных установок литейного производства / Е. И. Головина, И. А. Иванова, С. А. Ивков // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Т. 9. – № 2(39). – С. 62.
5. **Головина, Е. И.** Защита рабочей зоны литейных цехов машиностроительного производства / Е. И. Головина, И. А. Иванова, М. В. Манохин // Вестник Донского государственного технического университета. – 2017. – Т. 17. – № 2(89). – С. 141-148.
6. **Емельянова, А. П.** Технология литейной формы / А. П. Емельянова. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
7. **Иванова, И. А.** Определение коэффициента экологической опасности литейного производства / И. А. Иванова // Вестник ДГТУ. – 2010. – Т.10. – № 3(46). – С. 406-409.
8. **Иванова, И. А.** Оценка дисперсного состава пыли участка черного литья / И. А. Иванова, В. Я. Манохин // Вестник ДГТУ. – 2010. – Т.10. – № 2(45). – С. 200-204.
9. **Иванова, И. А.** Оценка запыленности рабочей зоны дробеструйного участка и выбивных решеток литейного производства / И. А. Иванова, В. Я. Манохин, Е. И. Головина // Комплексные проблемы техно-сферной безопасности – материалы XI Международной научно-практической конференции. г. Воронеж, 2015.
10. **Мурзинов, В. Л.** Построение эмпирической зависимости гранулометрического состава пыли литейного производства / В. Л. Мурзинов, В. Я. Манохин, Е. И. Головина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 130. – С. 155-172.

11. Рекомендации по делению предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ / Госкомприроды СССР. – М., 1988.

References

1. **Belov, S. V.** Ohrana okruzhajushhej sredy / S. V. Belov. – 2-e izd. – М.: Vyssh. shk., 1991. – 319 s.
2. **Golovina, E. I.** Opasnye i vrednye faktory litejnogo proizvodstva i ih vlijanie na sostojanie atmosfery v rabochej zone / E. I. Golovina // Vestnik tehnologicheskogo universiteta. 2016. – Т.19– № 23 – S. 126-131.
3. **Golovina, E. I.** Ocenka opasnyh faktorov litejnogo proizvodstva / Kompleksnye problemy tehnosfernoj bezopasnosti / E. I. Golovina, V. Ja. Manohin, I. A. Ivanova // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – 2016. – S. 170-173.
4. **Golovina, E. I.** Ocenka rentgenofazovogo analiza pyli ot drobestrujnyh ustanovok litejnogo proizvodstva / E. I. Golovina, I. A. Ivanova, S. A. Ivkov // Internet-zhurnal Naukovedenie. – 2017. – Т. 9. – № 2(39). – S. 62.
5. **Golovina, E. I.** Zashhita rabochej zony litejnyh cehev mashinostroitel'nogo proizvodstva / E. I. Golovina, I. A. Ivanova, M. V. Manohin // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2017. – Т. 17. – № 2(89). – S. 141-148.
6. **Emel'janova, A. P.** Tehnologija litejnoj formy / A. P. Emel'janova. – М.: Mashinostroenie, 1986. – 224 s.
7. **Ivanova, I. A.** Opredelenie koeficienta jekologicheskoy opasnosti litejnogo proizvodstva / I. A. Ivanova // Vestnik DGTU. – 2010. – Т.10. – № 3(46). – S. 406-409.
8. **Ivanova, I. A.** Ocenka dispersnogo sostava pyli uchastka chernogo lit'ja / I. A. Ivanova, V. Ja. Manohin // Vestnik DGTU. – 2010. – Т.10. – № 2(45). – S. 200-204.
9. **Ivanova, I. A.** Ocenka zapylennosti rabochej zony drobestrujnogo uchastka i vybivnyh reshetok litejnogo proizvodstva / I. A. Ivanova, V. Ja. Manohin, E. I. Golovina // Kompleksnye problemy tehnosfernoj bezopasnosti – materialy XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. g. Voronezh, 2015.
10. **Murzinov, V. L.** Postroenie jempiricheskoy zavisimosti granulometricheskogo sostava pyli litejnogo proizvodstva / V. L. Murzinov, V. Ja. Manohin, E. I. Golovina // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 130. – S. 155-172.
11. Rekomendacii po deleniju predprijatij na kategorii opasnosti v zavisimosti ot massy i vidovogo sostava vybrasyvaemyh v atmosferu zagrjaznjajushhijh veshhestv / Goskomprirody SSSR. – М., 1988.

DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL SAFETY THE WORKING AREAS OF FOUNDRIES

E. I. Golovina, I. A. Ivanov

Voronezh State Technical University

E. I. Golovina, graduate student, of Dept. of technosphere safety and fire safety

Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: u00111@vgasu.vrn.ru

I. A. Ivanova, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept of technosphere and fire safety

Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: ivanova-eco@mail.ru

Statement of the problem. Determination of environmental safety of the working areas of foundries is the main purpose of the work.

Results. The results of the analysis revealed the dangerous and harmful factors of the foundry, which include a high concentration of harmful gases and dust released at various stages of the process.

Conclusions. On the basis of the analysis of existing methods for assessing the impact of emissions on the atmosphere, developed an analytical method for determining the coefficient of environmental risk. The estimation of dispersion of dust, the conclusion about the imperfection of the system of dust collection.

Keywords: environmental safety, dust concentration, particle size analysis, work area, dispersion, foundry, the coefficient of ecological risk.

Для цитирования: Головина, Е. И. Определение экологической безопасности рабочей зоны литейных цехов / Е. И. Головина, И. А. Иванова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 4(9). – С. 40-45.

For citation: Golovina, E. I. Determination of environmental safety the working areas of foundries / E. I. Golovina, I. A. Ivanov // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 4(9). – Pp. 40-45.

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 622.692.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ БЕЗОПАСНОЙ ОСТАНОВКИ МАЗУТОПРОВОДОВ

И. Н. Каревский, Д. Н. Китаев, К. А. Пугачев

Воронежский государственный технический университет

И. Н. Каревский, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

Д. Н. Китаев, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

К. А. Пугачев, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

Постановка задачи. Важным эксплуатационным параметром является безопасное время остановки трубопровода, т.е. максимальное время, по истечении которого возобновление перекачки вязкой среды происходит без осложнений, т.е. потери на трение не превышают возможностей насосной станции. Поиск данного параметра является важной задачей при переходе к использованию полимерных трубопроводов.

Результаты и выводы. Проведены расчеты времени безопасной остановки трубопроводов с мазутом при охлаждении в условиях закрытого помещения и на открытом воздухе для стальных труб без изоляции, полипропиленовых труб с изоляцией из вспененного полиэтилена и без нее. Установлено, что использование полипропиленовых трубопроводов позволяет значительно увеличивать безопасное время остановки трубопроводов, а следовательно, с большей вероятностью ликвидировать аварийную ситуацию без значительного экономического ущерба.

Ключевые слова: трубопроводы, мазут, охлаждение.

Введение. Нефтебазы являются неотъемлемой частью инфраструктуры современных городов [1]. Выполнение основных операций на нефтебазах выполняют посредством технологических трубопроводов. Технологические трубопроводы работают в трудных условиях, находятся под воздействием высоких давлений и температур, подвергаются коррозии и испытывают периодическое нагревание и охлаждение.

Одной из проблем при эксплуатации нефтебаз являются потери при дренировании, от испарений (дыхания), при отгрузке. Потери нефтепродуктов на нефтебазах могут приводить к большому материальному и экологическому ущербу [2].

Основной причиной утечек нефтепродуктов на нефтебазах является негерметичность резервуаров, трубопроводов, задвижек, насосов и другого оборудования. Нередко встречаются переливы резервуаров, тары и транспортных емкостей или их неполный слив [3, 4].

В настоящее время широко используют стальные трубы для изготовления и монтажа технологических трубопроводов на нефтебазах. Использование неметаллических материалов для технологических трубопроводов позволяет снизить расход стали и цветных металлов, повысить срок службы трубопроводов, уменьшить расходы на их антикоррозионную защиту и тепловую изоляцию [10]. Пластмассовые трубы по сравнению со стальными, обладают высокой коррозионной стойкостью, меньшей массой и гидравлическим сопротивлением, мень-

шей стоимостью транспортировки и монтажа. Для изготовления труб и деталей трубопроводов широко применяют термопласты: полиэтилен (ПЭ), поливинилхлорид (ПВХ), полипропилен (ПП), фторопласт и ограниченно - реактопласты: стеклопластики и фаолит. Применение полимерных соединений термопластов позволяет эффективно использовать их в качестве трубного материала, а также создать промысловые системы сбора и транспорта углеводородов.

Вязкость нефтепродуктов при температуре 20 °С может значительно превышать вязкость воды. От значения вязкости зависит способ транспортировки нефтей по трубопроводам. Маловязкие нефти перекачивают при температуре окружающей среды без предварительной обработки, высоковязкие нефти перекачивают уже при определенных условиях, чаще всего с предварительным подогревом [5, 6]. При возникновении аварийных ситуаций, связанных с ремонтными работами, перебоями в поставках нефтепродукта, недогрузкой нефтепроводов, возможно остывание перекачиваемой среды. При этом вязкость нефтепродукта увеличивается, а потери напора возрастают и достигают максимума в момент пуска трубопровода с остывшей средой. Продолжительность остановки трубопровода должна быть такой, чтобы максимальные потери напора при пуске не превышали напора, развиваемого насосами, а также прочности труб. В противном случае произойдет «замораживание» трубопровода, ликвидация которого связана со значительными потерями нефти и большими затратами. Важным эксплуатационным параметром является безопасное время остановки трубопровода, т.е. максимальное время, по истечении которого возобновление перекачки вязкой нефти происходит без осложнений, т.е. потери на трение не превышают возможностей насосной станции. Поиск данного параметра является важной задачей при переходе к использованию полимерных трубопроводов [10].

1. Расчет времени безопасной остановки мазутопроводов. Ниже представлены результаты расчетов времени безопасной остановки мазутопроводов нефтебаз. Свойства мазута представлены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства мазута

Марка	Плотность, ρ , кг/м ³	Теплоемкость, c , кДж/кг/град.	Температура перекачки, t_{nep} , °С	Температура застывания, $t_{3,25}$ °С
М100	1015	1,969	60	42
М40	965	1,969	45	25
Ф5	955	1,92	15	-5
Ф12	960	1,935	25	-8

Временем безопасной остановки трубопровода считается период времени меньший промежутка за который нефтепродукт с нормативной температурой перекачки t_{nep} достигнет температуры застывания t_3 при остановке движения в трубопроводе путем охлаждения. Расчеты проводились для случая охлаждения в помещении и на открытом воздухе. Для каждого случая рассматривались следующие варианты охлаждения: в стальном трубопроводе без и с изоляцией; в полипропиленовом трубопроводе без и с изоляцией.

В таблице 2 представлен сортамент стальных трубопроводов, для которых проводился расчет, а в таблице 3 полипропиленовых.

Таблица 2

Сортамент стальных труб

d_n , мм	10,2	13,5	17	21,3	26,8	33,5	42,3	48	60	75,5	88,5	101,3	114	140	165
δ , мм	2	2,2	2,2	2,8	2,8	3,2	3,2	3,5	3,5	4	4	4	4,5	4,5	4,5

Таблица 3

Сортамент полипропиленовых труб

$d_n, \text{мм}$	225	200	180	160	140	125	110	90	75	63	50	20
$d_{вн}, \text{мм}$	150,2	133,6	120,2	114,8	93,4	83,4	73,4	60	50	42	33,4	13,2

При расчете охлаждения в закрытом помещении, температура внутри принималась равной 18 °С. При расчете охлаждения на открытом воздухе использовались климатологические данные г. Воронеж: расчетная температура для проектирования отопления -26 °С, средняя скорость ветра за отопительный период 4,2 м/с.

В качестве расчетного уравнения, позволяющего определить температуры мазута при охлаждении с течением времени, была использована нестационарная модель охлаждения покоящейся жидкости в трубопроводе [7, 8, 9].

На рис.1-3 представлены результаты расчетов времени достижения температуры застывания мазутом в различных условиях.

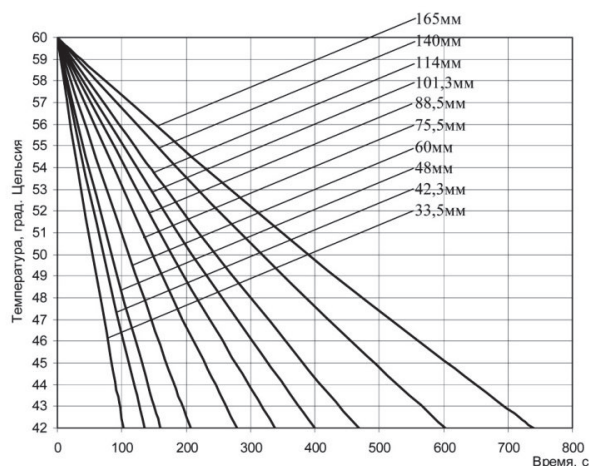


Рис.1. Зависимость температуры мазута М100 с течением времени при охлаждении на открытом воздухе в стальных неизолированных трубопроводах

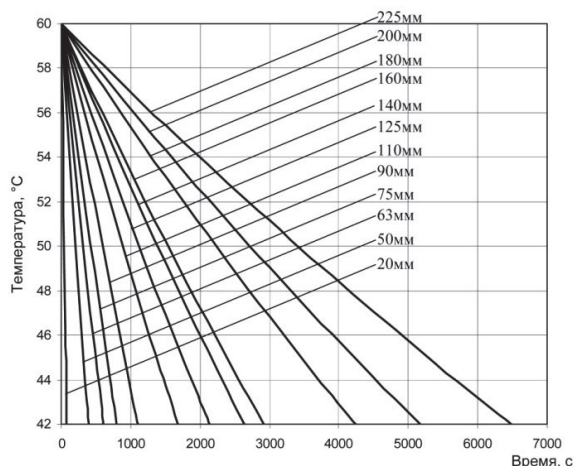


Рис.2. Зависимость температуры мазута М100 с течением времени при охлаждении на открытом воздухе в полипропиленовых трубах без изоляции

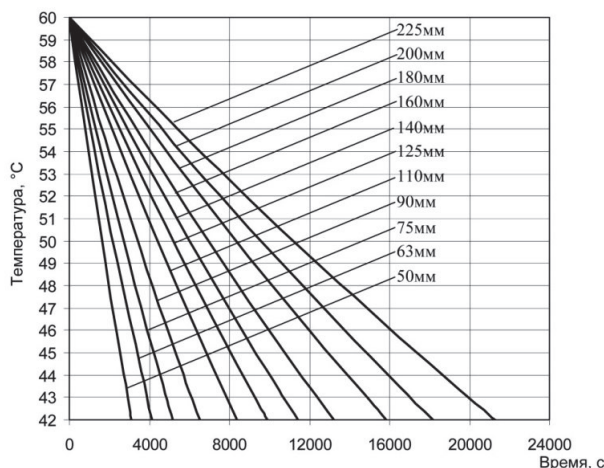


Рис.3. Зависимость температуры мазута М100 с течением времени при охлаждении на открытом воздухе в полипропиленовых трубах с изоляцией

2. Анализ полученных результатов. Как видно из рис.1-3, время достижения температур застывания нефтепродуктов зависит от многих факторов. Интересно сравнить изменение времени достижения температур застывания в различных трубопроводах. При сравнении необходимо, чтобы объем нефтепродукта был одинаков, т.е необходимо выбрать трубопроводы из стали и полипропилена с одинаковым внутренним диаметром или незначительно различающимся. Такие диаметры представлены в таблице 4. Из табл. 4 следует, что наиболее близки по объему воды на один погонный метр трубопроводы из полипропилена наружного диаметра 140 мм и стальные 101,3 мм.

Таблица 4

Сортамент близких по внутреннему диаметру трубопроводов

Диаметр,мм	Вид трубы									
	Полипропилен					сталь				
d_n ,мм	225	200	140	75	63	165	140	101,3	60	48
$d_{вн}$,мм	150,2	133,6	93,4	50	42	156	131	93,3	53	41

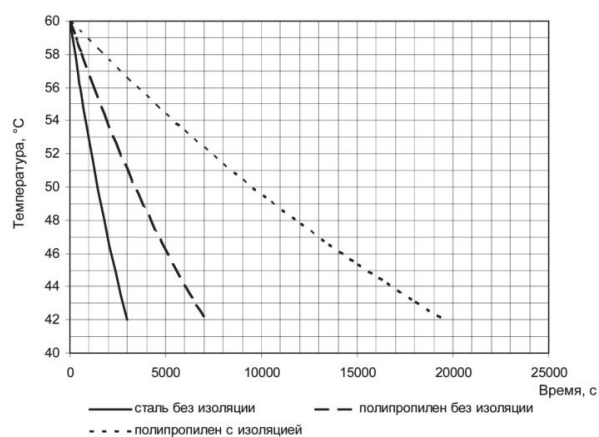


Рис. 4. Изменение времени достижения температуры застывания мазута М100 при охлаждении в закрытом помещении

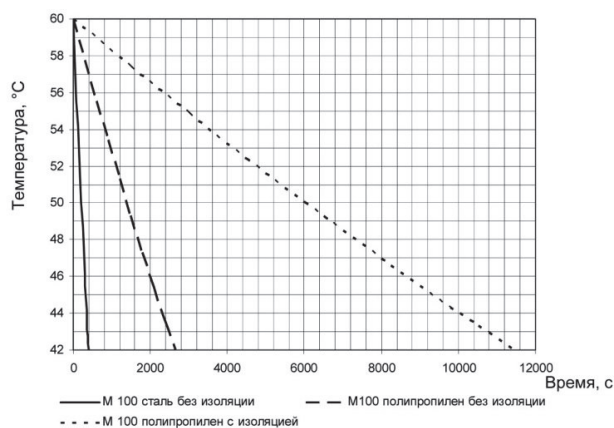


Рис. 5. Изменение времени достижения температуры застывания мазута М100 при охлаждении на открытом воздухе

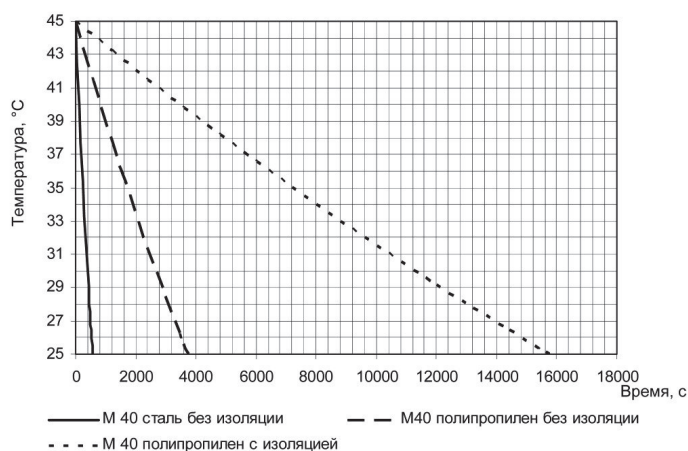


Рис. 6. Изменение времени достижения температуры застывания мазута М40 при охлаждении на открытом воздухе

На рисунках 4-6 представлены диаграммы, отображающие изменение время достижения температуры застывания при охлаждении мазута в закрытом помещении и открытом воздухе. Из рис. 4 следует, что при охлаждении в закрытом помещении мазута М100, время безопасной остановки для неизолированного стального трубопровода составит 3015,093 с (50,25 мин), для неизолированного полипропиленового трубопровода – 7050,69 с (117,5 мин), т.е увеличится в 2,3 раза, для изолированного полипропиленового трубопровода – 19572,67с (326, 211 мин), т.е увеличится по сравнению с неизолированным трубопроводом в 6,49 раза. Из рис. 5 следует, что при охлаждении на открытом воздухе мазута М100, время безопасной остановки для неизолированного стального трубопровода составит 399,35 с (6,66 мин), для неизолированного полипропиленового трубопровода – 2644,278 с (44,07 мин), т.е увеличится в 6,6 раза, для изолированного полипропиленового трубопровода –11442,37 с (190,706 мин), т.е увеличится по сравнению с неизолированным трубопроводом в 28,6 раза. Из рис. 6 следует, что при охлаждении на открытом воздухе мазута М40, время безопасной остановки для неизолированного стального трубопровода составит 548 с (9,13 мин), для неизолированного полипропиленового трубопровода – 3734,9 с (62,25 мин), т.е увеличится в 6,8 раза, для изолированного полипропиленового трубопровода – 15758,72 с (262,65 мин), т.е увеличится по сравнению с неизолированным трубопроводом в 28,8 раза.

Выводы. Из представленного выше анализа следует, что использование полипропиленовых трубопроводов позволяет значительно увеличить время безопасной остановки трубопровода в случае аварии или ожидания нефтепродукта. Полученными результатами можно пользоваться на практике с целью установления времени безопасной остановки мазутопроводов в условиях охлаждения в помещениях и окружающей среде.

Библиографический список

1. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования: монография / В. Н. Семенов, Д. Н. Китаев, П. Г. Грабовый и др.; под общ. ред. В. Н. Семенова / Изд-во Воронежского ГАСУ, 2010. – 135 с.
2. **Копытина, М. Ю.** Диагностика загрязнения окружающей среды и комплексный подход к ее защите/ М. Ю. Копытина, Д. Н. Китаев, Т. В. Щукина, Е. А. Апойкова // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21. – № 4. – С. 59–63.
3. **Китаев, Д. Н.** Слив светлых нефтепродуктов на автозаправочных станциях / Д. Н. Китаев, Г. Н. Мартыненко // Научный вестник Воронежского государственного технического университета. Серия «Высокие технологии. Экология». – 2017. – С.89–92.
4. **Китаев, Д. Н.** Расчет нефтяного насоса и построение рабочей характеристики: учеб.-метод. пособие для студ. спец. 21.03.01 / Д. Н. Китаев ; Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2015. – 66 с.
5. **Васильев, И. Е.** Влияние вязкости перекачиваемой среды на характеристики магистральных нефтяных насосов / И. В. Васильев, Д. Н. Китаев, Е. П. Коротких, Т. О. Маслова / Молодой ученый. – 2017. – № 9(143). – Том 1. – С. 42–45.
6. **Русанов, Н. А.** Расчет времени самотечного слива светлых нефтепродуктов на автозаправочных станциях / Н. А. Русанов, Д. Н. Китаев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 2(7). – С.66–72.
7. **Китаев, Д. Н.** Охлаждение воды в трубопроводах системы горячего водоснабжения при отсутствии циркуляции / Д. Н. Китаев, В. Ю. Хузин // Градостроительство, инфраструктура, коммуникации. – 2017. – № 1(6). – С. 9–13.
8. **Китаев Д. Н.** Температурный режим в магистральных стальных трубопроводах горячего водоснабжения при нарушениях циркуляции / Д.Н. Китаев, В.Ю. Хузин, В.И. Щербаков, Т.В. Щукина // Известия вузов «Строительство». – 2017. – № 3. – С. 62–68.
9. **Китаев, Д. Н.** Остывание воды в системах горячего водоснабжения зданий / Д.Н. Китаев, В.Ю. Хузин, Т.В. Щукина // Научный вестник Воронежского государственного технического университета. Серия «Высокие технологии. Экология». – 2017. – С.93–96.
10. **Китаев, Д. Н.** Современные отопительные приборы и система теплоснабжения /Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина // Энергосбережение. – 2012. – № 6. – С. 59–63.

References

1. Kompleksnoe razvitie sistem kommunal'noj infrastruktury municipal'nogo obrazovaniya: monografiya / V. N. Semenov, D. N. Kitaev, P. G. Grabovyy i dr.; pod obshh.red. V. N. Semenova / Izd-vo Voronezhskogo GASU, 2010. – 135 s.
2. **Kopytina, M. Ju.** Diagnostika zagrizneniya okruzhajushhej sredy i kompleksnyj podhod k ee zashhite/ M. Ju. Kopytina, D. N. Kitaev, T. V. Shhukina, E. A. Apojkova // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2017. – T. 21. – № 4. – S. 59–63.
3. **Kitaev, D. N.** Sliv svetlyh nefteproduktov na avtozapravochnyh stancijah / D. N. Kitaev, G. N. Martynenko // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija «Vysokie tehnologii. Jekologija». – 2017. – S.89–92.
4. **Kitaev, D. N.** Raschet nefljanogo nasosa i postroenie rabochej harakteristiki: ucheb.-metod. posobie dlja stud. spec. 21.03.01 / D. N. Kitaev ; Voronezhskij GASU. – Voronezh, 2015. – 66 s.
5. **Vasil'ev, I. E.** Vlijanie vjazkosti perekachivaemoj sredy na harakteristiki magistral'nyh nefljanых nasosov / I. V. Vasil'ev, D. N. Kitaev, E. P. Korotkih, T. O. Maslova / Molodoj uchenyj. – 2017. – № 9(143). – Tom 1. – S. 42–45.
6. **Rusanov, N. A.** Raschet vremeni samotechnogo sliva svetlyh nefteproduktov na avtozapravochnyh stancijah / N. A. Rusanov, D. N. Kitaev // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2017. – № 2(7). – S.66–72.
7. **Kitaev, D. N.** Ohlazhdenie vody v truboprovodah sistemy gorjachego vodosnabzhenija pri otsutstvii cirkuljacii / D. N. Kitaev, V. Ju. Huzin // Gradostroitel'stvo, infrastruktura, kommunikacii. – 2017. – № 1(6). – S. 9–13.
8. **Kitaev D. N.** Temperaturnyj rezhim v magistral'nyh stal'nyh truboprovodah gorjachego vodosnabzhenija pri narushenijah cirkuljacii / D.N. Kitaev, V.Ju. Huzin, V.I. Shherbakov, T.V. Shhukina // Izvestija vuzov «Stroitel'stvo». – 2017. – № 3. – S. 62–68.
9. **Kitaev, D. N.** Ostyvanie vody v sistemah gorjachego vodosnabzhenija zdaniy / D.N. Kitaev, V.Ju. Huzin, T.V. Shhukina // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija «Vysokie tehnologii. Jekologija». – 2017. – S.93–96.
10. **Kitaev, D. N.** Sovremennye otopitel'nye pribory i sistema teplosnabzhenija /D.N. Kitaev, T.V. Shhukina // Jenergosberezenie. – 2012. – № 6. – S. 59–63.

DETERMINATION OF THE TIME OF SAFE STOPPING OF MAJEOPRODUCTS

I. N. Karevsky, D. N. Kitaev, K. A. Pugachev

Voronezh State Technical University

I. N. Karevsky, master student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473) 271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru

D. N. Kitaev, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru

K. A. Pugachev, master student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473) 271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru

Problem statement. Statement of the problem: An important operational parameter is the safe shutdown time of the pipeline. This is the maximum time after which the resumption of pumping of the viscous medium takes place without complications. In this case, the frictional losses do not exceed the capabilities of the pumping station. The search for this parameter is an important task in the transition to the use of polymer pipelines.

Results and conclusions. Calculations have been made for the time of safe shutdown of pipelines with fuel oil when cooling in a closed and open air environment for steel pipes without insulation, polypropylene pipes with and without foam polyethylene insulation. It has been established that the use of polypropylene pipelines can significantly increase the safe stopping time of pipelines, and therefore, with a greater probability of eliminating an emergency situation without significant economic damage.

Keywords: pipelines, fuel oil, cooling.

Для цитирования **Каревский, И. Н.** Определение времени безопасной остановки мазутопроводов / И. Н. Каревский, Д. Н. Китаев, К. А. Пугачев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 4 (9). – С.46-51.

For citation: **Karevsky, I. N.** Determination of the time of safe stopping of majeoproducts / I. N. Karevsky, D. N. Kitaev, K. A. Pugachev // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 4 (9). – Pp. 46-51.

УДК 338.984.4

ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА РОССИЙСКОМ ШЕЛЬФЕ

В. В. Вернигора, Н. А. Петрикеева, Д. М. Чудинов

Воронежский государственный технический университет

В. В. Вернигора, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(900)-300-56-57, e-mail: tfael@bk.ru

Н. А. Петрикеева, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

Д. М. Чудинов, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

Постановка задачи. В статье рассмотрены и систематизированы основные факторы, которые влияют на сложность освоения участков российского континентального шельфа. Это и позволяет более детально выполнить разделение участков шельфа по группам сложности освоения.

Результаты. В данной работе используется расширенная классификации категорий сложности. В классификации учтены не только географические и природноклиматические, но и инфраструктурные и технологические факторы. По группам сложности освоения на основе интегрального показателя предложен методический подход к классификации перспективных на предмет нефтегазодности участков шельфа.

Выводы. Методический подход в классификации российского континентального шельфа на группы по сложности освоения позволил существенно снизить категорию сложности освоения для Каспийского моря и повысить категорию сложности для Балтийского и Японского морей.

Ключевые слова: нефть, природный газ, разработка месторождений, континентальный шельф, интегральный показатель, налоговые льготы.

Введение. В связи с ухудшающейся внешнеэкономической ситуацией (падение цен на нефть и введение санкций) все более актуальной темой на сегодняшний день являются трудности освоения наиболее перспективного и наименее изученного нефтегазодного макрорегиона – шельфа России, прежде всего, в арктических и дальневосточных морях.

В нефтегазовом секторе западных стран разведочные работы ведут компании-операторы, как правило, принадлежащие крупным нефтегазовым холдингам. В случае открытия месторождения они становятся операторами проектов. Однако 90 % и более физических объемов работ выполняют сторонние сервисные компании, специализирующиеся на бурении, проведении геофизических исследований, испытаниях скважин и других видах работ. Необходимо отметить, что российский нефтегазовый сектор в результате пятнадцатилетней эволюции приобрел похожую структуру [1, 7].

Долгосрочная тенденция снижения объема добычи нефти в традиционных регионах России требует необходимости освоения углеводородных ресурсов в новых регионах, в том числе и на континентальном шельфе.

В настоящее время на нефтяной баланс поставлено 467 новых месторождений. Среди них порядка 20 «старых» нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений. Прирост промышленных запасов по новым месторождениям составил 10,2 % от общего прироста запасов. Он компенсировал российскую добычу нефти за последние десять лет на 12,7 %.

1. Рентабельность планов разработки месторождений на шельфе. На протяжении последнего десятилетия доходность от вложений в геологоразведку классических углеводородов имела негативную динамику. Объем расходов сопровождался увеличением трудности как поисковых, так и разведочных работ [2, 6].

Со временем бурение разведочных скважин на шельфе осуществляется на большей глубине, при этом целями бурения становятся всё более глубокие нефтяные пласты (рис. 1). Вследствие повышенной трудности, начиная с 2007 г. возрастала средняя длительность бурения. Увеличение расходов времени бурения приводит к увеличению совместной цены работ на шельфе. Эта возможность привела к понижению рентабельности геологоразведочных планов, а еще планов разработки месторождений на шельфе. Нарастание размеров шельфовых работ в 2014 году обосновано большей частью вкладом российской части Арктики.

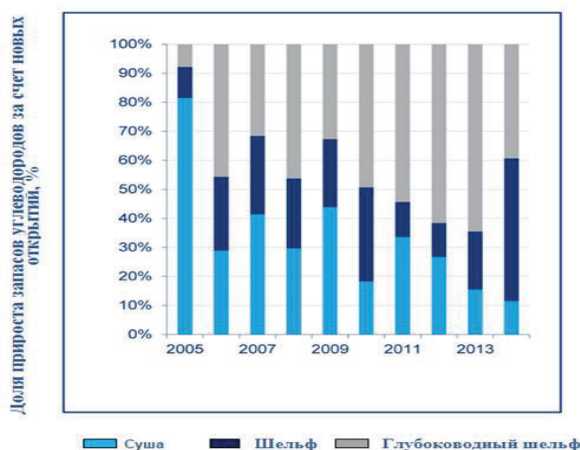


Рис.1. Объемы новых открытий углеводородов по условиям залегания

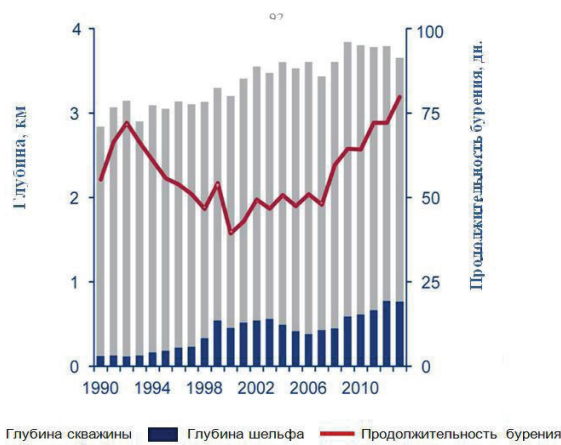


Рис.2. Динамика производственных показателей поисково-разведочных работ на шельфе

На рисунке 2 мы видим, что в первой половине прошлого десятилетия 70–80 % запасов нефти оценивались как коммерческие, однако во второй половине их доля упала до 30–60 %. В настоящее время компании возобновляют работы в шельфовых бассейнах на поздней стадии разработки и в ближайшем будущем этот процесс должен ускориться. Тоже можно сказать и про разработки на газовых месторождениях, причем достаточное внимание уделяется составу и инородным включениям [4, 8].

2. Методический подход в классификации российского континентального шельфа.

Освоение углеводородов на шельфе, а также участие в их поиске, добыче и транспортировке изучены благодаря колоссальным финансовым вложениям. Поэтому с учетом нынешних макроэкономических условий, освоение шельфа допустимо только при предоставлении господдержки, в первую очередь налоговых льгот. В этой ситуации наиболее значимо будет усовершенствование методических подходов к дифференциации участков российского материкового шельфа согласно трудности изучения, в зависимости от естественно-погодных, геологических, ресурсных, природоохранных, автотранспортных, научно-технических и иных условий [5, 3]. Иными словами, особенность данного подхода состоит в комплексном учете различных по своему происхождению факторов: природных, инфраструктурных и технологических. Благодаря этому можно более объективно сравнивать сложность освоения различных участков шельфа на основе единого интегрального показателя, принимающего для каждого участка шельфа значение от 1 до 10.

Участки российского континентального шельфа различаются по природно-климатическим условиям, геологическим характеристикам, уровням развития прибрежной

инфраструктуры, расстояниям до портов и мировых рынков сбыта углеводородного сырья. Важно учитывать эти специфические особенности при составлении планов освоения континентального шельфа, а также при расчете налоговых льгот, которые государство предоставляет недропользователям при разработке шельфовых месторождений [6, 9, 11].

Реализация методического подхода для классификации участков шельфа по сложности освоения состоит из трех этапов: аналитического, расчетного и этапа апробации.

На аналитическом этапе происходит выделение факторов, которые определяют сложность освоения шельфа для каждого участка шельфа, также сюда включается и определение численных показателей, характеризующих эти факторы.

Всего учитывается более 20 факторов, разделенных на шесть групп:

- климатические (низкая температура, сильный ветер, волнение моря, плавучие айсберги, заледенение акватории);
- транспортные (удаленность от рынков сбыта, удаленность от снабженческих баз, уровень развития береговой транспортной инфраструктуры);
- геологические (уровень изученности шельфа, неровный рельеф дна, глубина моря);
- экологические (сложность ликвидации разливов нефти, влияние разливов нефти на экосистему, наличие захоронений ядерных отходов на дне морей);
- ресурсные (плотность размещения ресурсов по площади шельфа, качество нефти);
- технологические (наличие технологий для освоения ресурсов углеводородов российского континентального шельфа, возможность производства необходимого оборудования в РФ, опыт формирования транспортной инфраструктуры при освоении шельфовых месторождений) [6, 10].

По геологическому строению дна моря к шельфовым морям можно отнести Азовское, Балтийское, Баренцево, Карское, Чукотское и Восточно-Сибирское моря. Другие российские моря – Каспийское, Черное, Японское, Охотское, Берингово и Лаптевых – включают как шельфовую, так и глубоководную зоны.

Наиболее масштабный участок российского континентального шельфа находится в Баренцевом море, его площадь совпадает с площадью моря и составляет 1 424 тыс. кв. км. К крупным участкам шельфа также можно отнести участки в Беринговом море (926 тыс. кв. км), Восточно-Сибирском море (913 тыс. кв. км), Карском море (833 тыс. кв. км). Наибольшая плотность размещения начальных суммарных ресурсов по площади шельфа характеризуется участок шельфа в Карском море (49 млн.т у.т./тыс. кв. км). По объему накопленной добычи углеводородов (180 млн.т у.т.) наиболее освоенным участком шельфа является участок Охотского моря [2, 12].

Участки шельфа в Каспийском, Азовском, Черном и Балтийском морях расположены сравнительно недалеко от крупных городов (100-200 км), в то время как участки в Баренцевом, Карском, Беринговом, Лаптевых, Восточном-Сибирском и Чукотском морях находятся в 1 000-2 000 км от крупных городов. По объему грузооборота портов наиболее развитыми являются регионы, граничащие с Балтийским (215 млн. т), Черным (154 млн. т) и Японским морями (94 млн. т).

Довольно сложными природно-климатическими условиями характеризуются участки шельфа в Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях. Эти моря характеризуются низкими среднегодовыми температурами воздуха (до -15 °С) и сильными ветрами (> 7 м/с). Самые благоприятные погодные условия в Азовском, Черном и Каспийском морях: среднегодовая температура около 10 °С, скорость ветра 3-5 м/с.

Наиболее мелководные участки шельфа располагаются в Азовском море (преобладающая глубина 7 м), Каспийском море (25 м) и Балтийском море (50 м). В свою очередь, небольшая глубина, близость к крупным городам и менее суровые (в сравнении с арктическими морями) погодные условия, позволяют при освоении ресурсов углеводородов этих участ-

ков шельфа использовать большое количество схем транспортировки углеводородов. Сложной ледовой обстановкой характеризуются Чукотское, Восточно-Сибирское, Берингово моря и море Лаптевых. Эти моря полностью покрыты льдом 10–11 месяцев в году. Напротив, в Азовском, Черном и Каспийском морях льды присутствуют 2–3 месяца в году и заполняют 10–30 % площади моря.

На расчетном этапе происходит определение частных индексов сложности освоения для каждой группы факторов для всех участков шельфа и интегрального показателя сложности освоения каждого участка шельфа. Расчет индексов сложности освоения для групп факторов проводится квалитетическим методом и методом присваивания. Интегральный показатель сложности освоения участка шельфа рассчитывается методом средневзвешенного значения. Значения интегрального показателя сложности освоения участка шельфа находятся в интервале от 0 до 10. Чем эти значения, тем более сложным является данный участок шельфа для освоения ресурсов углеводородов [1, 13, 14].

Заключительный этап – этап апробации. Он позволяет классифицировать участки российского шельфа на основе интегрального показателя. Категории сложности формируются на основе разброса значений показателя, которые упорядочиваются с помощью метода ранжирования.

На основании интегрального показателя было выделено пять категорий сложности освоения шельфа. Наименьшая категория сложности была присвоена участкам шельфа в Азовском и Каспийском морях. Во вторую категорию сложности попали участки шельфа в Черном и Балтийском морях. Участки шельфа дальневосточных морей (Охотское и Японское) сформировали третью категорию сложности. Баренцево и Карское море заняли четвертую категорию сложности. Пятая (наивысшая) категория сложности присвоена участкам шельфа в Беринговом, Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях.

Проанализируем сравнение классификации участков российского континентального шельфа с классификацией, которую используют при определении налоговых льгот, предоставляемых государством недропользователям при освоении шельфовых месторождений углеводородов (классификация НК РФ) [6, 16]. Предложенное разделение шельфа на пять категорий в большей степени учитывает различия между различными участками шельфа в сравнении с классификацией НК РФ, где насчитывается всего четыре категории сложности. Сравнение показало, что в классификации, используемой НК РФ, преувеличена сложность освоения шельфов Каспийского и Карского морей, в то время как недостаточная категория сложности присвоена шельфам Балтийского и Японского морей (табл.).

Таблица

Сравнение классификации участков российского шельфа по сложности освоения с классификацией, используемой в Налоговом кодексе РФ

Участок шельфа	Интегральный показатель	Категория сложности		Предложения по категории сложности
		по предложенной классификации (5 категорий)	по классификации НК РФ (4 категории)	
Азовское море	1,7	1	1	-
Каспийское море	2,2	1	2	уменьшить
Черное море	2,8	2	2,3	-
Балтийское море	3,9	2	1	увеличить
Японское море	5,7	3	-	увеличить

Окончание табл.

Охотское море	5,9	3	2,3	-
Баренцево море	6,8	4	3,4	-
Карское море	7,0	4	4	уменьшить
Берингово море	8,8	5	4	-
Лаптевых море	9,0	5	4	-
Восточно-Сибирское море	9,5	5	4	-
Чукотское море	9,5	5	4	-

Исходя из изложенного, можно констатировать, что данная классификация участков российского континентального шельфа отличается от классификации Налогового Кодекса РФ, но разработанный методический подход для классификации на группы по сложности освоения позволяет составить более детализированную классификацию участков российского континентального шельфа (в сравнении с классификацией НК РФ) и на ее основе оценить эффективность предоставления налоговых льгот при разработке различных участков [2, 6, 15, 16, 17].

Освоение новых месторождений зачастую становится рентабельным при получении компанией льгот по налогу на добычу полезных ископаемых [1, 4, 6].

Выводы. В данной работе используется расширенная классификации категорий сложности. Это и позволяет более детально выполнить разделение участков шельфа по группам сложности освоения. В классификации учтены не только географические и природноклиматические, но и инфраструктурные, технологические факторы. Из проведенного анализа целесообразно снизить категорию сложности освоения для Каспийского, и повысить категорию сложности для Балтийского и Японского морей, чтобы сформировать сбалансированную систему налоговых льгот для российского континентального шельфа.

Библиографический список

1. **Коржубаев, А. Г.** Нефтегазовый комплекс России: состояние, проекты, международное сотрудничество / А. Г. Коржубаев, Л. В. Эдер. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2013. – С. 296–248.
2. **Колепалов, А. М.** Шельфовые месторождения. – М.:Недра, 2013. – 314 с.
3. **Петрикеева, Н. А.** Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках / Н. А. Петрикеева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2014. – Т. 2.– № 4(17). – С. 76–80.
4. **Петрикеева, Н. А.** Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий при работе систем теплогасоснабжения и вентиляции / Н. А. Петрикеева, О. В. Тюленева, Н. Н. Кучеров // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – № 1 (6). – С. 9–12.
5. **Чудинов, Д. М.** Оценка технико-экономического потенциала гелиоустановок в климатических условиях России/ Д.М. Чудинов, Н.М. Попова, С.В. Корнеев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – Т. 2.– № 4(17). – С. 88–91.
6. **Шишкин, А. И.** Основы нефтегазового дела. – М.:Недра, 2012. – 197 с.
7. **Щукина, Т. В.** Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в гелиоустановках / Т. В. Щукина, Д. М. Чудинов, Н. А. Петрикеева, Н. М. Попова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2017. – № 1. – С. 118–121.
8. **Волкова, Ю. В.** Технологические схемы очистки дымовых газов от оксидов серы / Ю. В. Волкова, Н. А. Петрикеева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – № 2. – С. 10–13.
9. **Петрикеева, Н. А.** Оптимизация систем теплоснабжения зданий с использованием возобновляемых источников энергии / Н. А. Петрикеева, Л. В. Березкина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2010. – № 2. – С. 128–132.

10. **Петрикеева, Н. А.** Исследование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения / Н. А. Петрикеева, О. С. Цуканова, Д. А. Письменный // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2009. – № 1. – С. 75.
11. **Сотникова, О. А.** Расчет экономической эффективности применения конденсационных теплообменных устройств теплогенерирующих установок / О. А. Сотникова, Н. А. Петрикеева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2008. – № 1. – С. 113.
12. **Сотникова, О. А.** Математическая модель процессов конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях / О. А. Сотникова, Н. А. Петрикеева, В. С. Турбин // Известия Тульского государственного университета. Серия «Строительство, архитектура и реставрация». – Воронеж, 2006. – № 10. – С. 159.
13. **Лысенко, Э. Н.** 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. – С. 244–248.
14. **Цуканова, О. С.** Проблема борьбы с шумом. История и основные направления развития методов снижения уровня шума / О. С. Цуканова, Н. А. Петрикеева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2009. – № 1. – С. 67–74.
15. **Петрикеева, Н. А.** Задача технико-экономической оптимизации при определении толщины теплоизоляционного слоя теплосетей / Н. А. Петрикеева, А. В. Черемисин, А. В. Копытин // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2016. – № 1(41). – С. 21–28.
16. **Петрикеева, Н. А.** Аккумуляторы теплоты на фазовом переходе / Н. А. Петрикеева, Е. А. Лавлинская, М. Ю. Зыкова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. – 2015. – № 8. – С. 226–233.
17. **Кузнецов, С. Н.** Экологическая безопасность воздушной среды помещений с выделением вредных веществ различной плотности / С. Н. Кузнецов, Н. А. Петрикеева // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2013. – № 1(29). – С. 82–90.

References

1. **Korzhubaev, A. G.** Neftegazovyy kompleks Rossii: sostojanie, proekty, mezhdunarodnoe sotrudnichestvo / A. G. Korzhubaev, L. V. Jeder. – Novosibirsk: IJeOPP SO RAN, 2013. – S. 296–248.
2. **Kolepalov, A. M.** Shel'fovye mestorozhdenija. – M.: Nedra, 2013. – 314 s.
3. **Petrikeeva, N. A.** Ispol'zovanie polnoj teploty sgoranija topliva v kotel'nyh ustanovkah / N. A. Petrikeeva // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – Voronezh: VGASU, 2014. – T. 2. – № 4(17). – S. 76–80.
4. **Petrikeeva, N. A.** Jekonomicheski celesoobraznyj uroven' teplozashhity zdaniy pri rabote sistem teplogazosnabzhenija i ventiljacii / N. A. Petrikeeva, O. V. Tjuleneva, N. N. Kucherov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – Voronezh: VGASU, 2012. – № 1 (6). – S. 9–12.
5. **Chudinov, D. M.** Ocenka tehniko-jekonomicheskogo potencijala gelioustanovok v klimaticeskikh uslovijah Rossii / D.M. Chudinov, N.M. Popova, S.V. Korneev // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2014. – T. 2. – № 4(17). – S. 88–91.
6. **Shishkin, A. I.** Osnovy neftegazovogo dela. – M.: Nedra, 2012. – 197 s.
7. **Shhukina, T. V.** Kombinirovannaja vyrabotka teplovoj i jelektricheskoj jenerгии v gelioustanovkah / T. V. Shhukina, D. M. Chudinov, N. A. Petrikeeva, N. M. Popova // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija. – 2017. – № 1. – S. 118–121.
8. **Volkova, Ju. V.** Tehnologicheskie shemy ochistki dymovyh gazov ot oksidov sery / Ju. V. Volkova, N. A. Petrikeeva // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – Voronezh: VGASU, 2012. – № 2. – S. 10–13.
9. **Petrikeeva, N. A.** Optimizacija sistem teplosnabzhenija zdaniy s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии / N. A. Petrikeeva, L. V. Berezkina // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2010. – № 2. – S. 128–132.
10. **Petrikeeva, N. A.** Issledovanie teploty kondensacii produktov sgoranija teplogenerirujushhijh ustanovok sistem teplosnabzhenija / N. A. Petrikeeva, O. S. Cukanova, D. A. Pis'mennyj // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – Voronezh: VGASU, 2009. – № 1. – S. 75.
11. **Sotnikova, O. A.** Raschet jekonomicheskoj jeffektivnosti primenenija kondensacionnyh teploobmennyh ustrojstv teplogenerirujushhijh ustanovok / O. A. Sotnikova, N. A. Petrikeeva // Izvestija vysshijh uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. – 2008. – № 1. – S. 113.
12. **Sotnikova, O. A.** Matematicheskaja model' processov kondensacii vodjanyh parov na teploobmennyh poverhnostjah / O. A. Sotnikova, N. A. Petrikeeva, V. S. Turbin // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija «Stroitel'stvo, arhitektura i restavracija». – Voronezh, 2006. – № 10. – S. 159.
13. **Lysenko, Je. N.** Opredelenie summarnoj bezrazmernoj koncentracii vybrosov zagriznjajushhijh veshhestv / Je. N. Lysenko, N. A. Petrikeeva, N. V. Shumenko, Ju. S. Denisova // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2010. – № 1. – S. 244–248.

14. **Cukanova, O. S.** Problema bor'by s shumom. Istorija i osnovnye napravlenija razvitija metodov snizhenija urovnja shuma / O. S. Cukanova, N. A. Petrikeeva // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – Voronezh: VGASU, 2009. – № 1. – S. 67–74.

15. **Petrikeeva, N. A.** Zadacha tehniko-jekonomicheskoy optimizacii pri opredelenii tolshhiny teploizoljacionnogo sloja teplosetej / N. A. Petrikeeva, A. V. Cheremisin, A. V. Kopytin // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2016. – № 1(41). – S. 21–28.

16. **Petrikeeva, N. A.** Akkumuljatory teploty na fazovom perehode / N. A. Petrikeeva, E. A. Lavlinskaja, M. Ju. Zyкова // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Student i nauka. – 2015. – № 8. – S. 226–233.

17. **Kuznecov, S. N.** Jekologicheskaja bezopasnost' vozdušnoj sredy pomeshhenij s vydeleniem vrednyh veshhestv razlichnoj plotnosti / S. N. Kuznecov, N. A. Petrikeeva // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2013. – № 1(29). – S. 82–90.

ESTIMATES OF COMPLEXITY OF OIL PRODUCTION ON THE RUSSIAN SHELF

V. V. Vernigora, N. A. Petrikeeva, D. M. Chudinov

Voronezh State Technical University

V. V. Vernigora, master of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (900)300-56-57, e-mail: tfael@bk.ru

N. A. Petrikeeva, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: petrikeeva.nat@yandex.ru

D. M. Chudinov, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: dmch_@mail.ru

Problem definition. In article major factors which influence complexity of development of sites of the Russian continental shelf are considered and systematized. It also allows to execute in more detail division of sites of the shelf according to groups of complexity of development.

Results. In this work it is used expanded classifications of categories of complexity. In classification technology factors are considered not only geographical and climatic, but also infrastructure. On groups of complexity of development on the basis of an integrated indicator methodical approach to classification of sites of the shelf, perspective regarding oil-and-gas content, is offered.

Conclusions. Methodical approach for classification of the Russian continental shelf on groups on complexity of development allowed to reduce, in general, significantly category of complexity of development for the Caspian Sea and to increase category of complexity for the Baltic and Japanese seas.

Keywords: oil, natural gas, development of fields, continental shelf, integrated indicator, tax concessions.

Для цитирования: Вернигора, В. В. Оценка сложности добычи нефти на российском шельфе / В. В. Вернигора, Н. А. Петрикеева, Д. М. Чудинов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 4(9). – С.52-58

For citation: Vernigora, V. V. Estimates of complexity of oil production on the russian shelf / V. V. Vernigora, N. A. Petrikeeva, D. M. Chudinov // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 4(9). – Pp.52-58.

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

RULES OF PREPARATION OF ARTICLES

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...»).

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* и *Выводы*, которые также выделяются заголовками. Каждая из этих частей в краткой форме передает содержание соответствующих частей текста - введения, основного текста и выводов.

Требуемый объем аннотации – 7÷10 строк, набранных шрифтом высотой 10 пт.

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

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

5. Объем статьи должен составлять не менее 5 и не более 10 страниц формата А4. Поля слева и справа - по 2 см, снизу и сверху - по 2,5 см.

6. Обязательным элементом статьи является индекс УДК.

7. Сведения об авторах, аннотация, ключевые слова и библиографический список приводятся на русском и на английском языках.

8. 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.

9. 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 хоро-

ший 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.

10. 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.

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 в редакторе формул MathType. 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 и английском языках в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003. Список источников приводится в алфавитном порядке или по порядку их упоминания в тексте.

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

15. Для публикации статьи необходимо заполнить и выслать на адрес редакции сопроводительное письмо (шаблон письма размещен на сайте журнала).

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

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

18. 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.

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