

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Выпуск № 3 (8) 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

№ 3 (8)

Август, 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

GRADOSTROITELSTVO INFRASTRUKTURA KOMMUNIKATSII

№ 3 (8)

August, 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:** **Скляр К. А.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет
Чуйкин С. В., канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный технический университет

**Ответственный
секретарь:** **Тулская 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

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

Леднев 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: *Тулская С. Г.* Дизайн обложки: *Чуйкина А. А.*

Подписано в печать 31.08.2017. Усл. печ. л. 7.91. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 307
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 31.08.2017. Conventional printed sheets 7.91. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order 307
Registration certificate III № 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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	9
<i>Чичерин С. В.</i> Коммунальная теплоснабжающая инфраструктура для обеспечения устойчивого развития городов.....	9
<i>Золотухин С. Н., Тогушов А. Н., Ерошенков Н. А., Натаров Е. А.</i> Использования альтернативных источников энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения зданий.....	15
<i>Михайлова Е. О., Китаев Д. Н.</i> Прогнозирование гидравлических характеристик газопроводных сетей на газораспределительных пунктах.....	23
<i>Чуйкин С. В., Тульская С. Г., Плаксина Е. В.</i> Теплообменные аппараты атомных станций теплоснабжения.....	30
<i>Китаев Д. Н., Шукина Т. В.</i> Расчет фактического теплопотребления промплощадки.....	40
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	46
<i>Гришанович А. И., Татаринов Я. С.</i> Исследование коррозионных процессов металлических конструкций.....	46
СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ	52
<i>Мартыненко Г. Н., Дурова Е. С.</i> Вариативное усовершенствование АЗС.....	52
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	59
<i>Благовестная Е. О., Арбузова И. Р., Сошникова Е. Е., Саркисова А. Р.</i> Проведение строительных работ при монтаже опор воздушных линий электропередачи.....	59
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ	67

CONTENTS

HEAT AND GAS SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION.....	9
<i>Chicherin S. V.</i>	
Municipal heat supply infrastructure to ensure the sustainable development of cities.....	9
<i>Zolotukhin S. N., Togushov A. N., Eroshenkov N. A., Natarov E. A.</i>	
Economical advisability of using alternative energy sources for needs of heating and hot water supply of apartment and administrative buildings.....	15
<i>Mikhailova E. O., Kitaev D. N.</i>	
Forecasting hydraulic characteristics of gas-conductive networks on gas distribution points.....	23
<i>Chuikin S. V., Tulskeya S. G., Plaksina E. V.</i>	
Heat exchangers of nuclear stations of a heat supply.....	30
<i>Kitaev D. N., Shchukina T. V.</i>	
Calculation of actual use of the industrial plant.....	40
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS.....	46
<i>Grishanovich I. A., Tatarinov Y. S.</i>	
The study of corrosion processes of metal structures.....	46
CONSTRUCTION AND OPERATION OF OIL AND GAS PIPELINES, DATABASES AND REPOSITORIES.....	52
<i>Martynenko G. N., Durova E. S.</i>	
Variable improvement of the AZS.....	52
DESIGNING AND CONSTRUCTION OF ENERGY NETWORKS.....	59
<i>Blagovestnaya E. O., Arbuzova I. R., Soshnikova E. E., Sarkisova A. R.</i>	
Construction work at installation of supports of overhead power lines.....	59
RULES OF PREPARATION OF ARTICLES	67

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.34

КОММУНАЛЬНАЯ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

С. В. Чичерин

Омский государственный университет путей сообщения

С. В. Чичерин, аспирант кафедры теплоэнергетика

Россия, г. Омск, тел.: +7(913)144-76-78, e-mail: man_csv@hotmail.com

Постановка задачи. В мире идет процесс реконструкции коммунальной, а прежде всего теплоснабжающей инфраструктуры населенных пунктов, что делает актуальной задачу переноса лучших достижений мирового опыта. Цель исследования – проанализировать системы и источники теплоснабжения европейских стран и составить рекомендации, какие процессы должны стать неотъемлемой частью реформирования коммунальной теплоснабжающей инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития городов России.

Результаты. В г. Кеми, Финляндия, находящемся на севере страны, проживает чуть более 20 тысяч человек, а теплосетевая инфраструктура представлена 95 км тепловых сетей. К системе централизованного теплоснабжения подключено 434 потребителя, ими используется 165 ГВт тепловой энергии в год. Для целей ее выработки служат 6 теплоисточников, с суммарной установленной мощностью генерирующего оборудования 140 МВт. В итальянском городе Феррара находится одна из крупнейших в стране систем централизованного теплоснабжения, обслуживающая 12 тысяч потребителей; протяженность тепловой сети – 56 км. В г. Женеве, втором по численности населения в Швейцарии (482,5 тыс. человек), с помощью централизованного теплоснабжения покрывается лишь десятая часть общей отопительной нагрузки.

Выводы. Впервые определено, что неотъемлемыми процессами реформирования коммунальной теплоснабжающей инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития городов России, как и в других странах, должны стать: оснащение приборами учета тепловой энергии всех потребителей; строительство геотермальных источников теплоснабжения; соблюдение графика централизованного качественного регулирования; своевременную замену изношенной теплосетевой инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития систем централизованного теплоснабжения и городов.

Ключевые слова: городской, население, житель, теплоснабжение, тепловая сеть, Рига, Латвия, источник, ТЭЦ, котельная, протяженность, мощность, потребитель, энергия, эффективность, возобновляемый, мусор, геотермальный, тепловой насос.

Введение. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июня 2013 года № 502 «Об утверждении требований к программам комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры поселений, городских округов», приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 6 мая 2011 года № 204 «О разработке программ комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры муниципаль-

ных образований» муниципальным органом власти каждого образования должна быть утверждена программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры. Ознакомление с ними показало, что даже в таких стратегических документах не учитываются интересы будущих поколений, а современные технологии зачастую даже не упоминаются. В то же время во всем мире уже давно происходит процесс реконструкции коммунальной, а прежде всего теплоснабжающей инфраструктуры населенных пунктов, направленный на недопущение глобального потепления, что делает актуальной задачу переноса лучших достижений мирового опыта и разработку руководства с перечнем конкретных технологических шагов по улучшению энергоэффективности такой инфраструктуры, и интеграции в существующую возобновляемых источников энергии.

Анализ направлений развития теплоснабжающей инфраструктуры был ранее выполнен в [1, 2], но с иной точки зрения. Попытка выявить лучшие достижения мирового опыта и разработать перечень конкретных технологических шагов, в соответствии с которыми производится реформирование теплоснабжения городов, делается в [3], а В. Н. Мелькумов предлагает лишь конкретные технологии, направленные на совершенствование систем централизованного теплоснабжения [4]. Часто затрагивается вопрос улучшения теплотехнических свойства отдельных сооружений [5, 6].

Работа [7], выразившая идею системы централизованного теплоснабжения четвертого поколения преимущественно по отношению к маломощным системам, находящимся в европейских городах, послужила в качестве базовой при написании данной. Неевропейскими авторами будущее централизованного теплоснабжения также находит отражение в виде средне- [8] и низкотемпературных систем [9].

Цель настоящего исследования – проанализировать системы и источники теплоснабжения европейских стран и составить рекомендации, какие процессы должны стать неотъемлемой частью реформирования коммунальной теплоснабжающей инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития городов России.

Латвия. Рига – столица и крупнейший город Латвии, где трудоустроено 60 % населения страны [10]. В населенном пункте работает пять ТЭЦ и 38 котельных, в качестве топлива используются российский газ и отходы местного деревообрабатывающего производство. В Риге одна из ТЭЦ, наиболее давно построенная и расположенная почти в центре города, стала заметной и привлекательной частью городского архитектурного ансамбля (рис. 1).

Столичные власти успешно перенимают этот опыт (рис. 2).

Рига часто приводится в качестве примера для подражания на отраслевых конференциях и встречах специалистов, а связано это с проведенными масштабными реформами в отрасли. Преобразования начались в 1996 г., в их числе полный отказ от ЦТП, оснащение ИТП и приборами учета тепловой энергии всех потребителей. Величина тепловых потерь на текущий момент оценивается на уровне 12 %. В Риге 687 км тепловых сетей: за время реформирования теплоснабжающей инфраструктуры были полностью заменены две трети от общей протяженности (405 км). Жилой фонд города представлен в основном зданиями, построенными во времена, когда страна входила в состав Советского Союза, что теперь выводит задачу повышения энергоэффективности самих потребителей на первый план. Латвийская столица – один из немногих городов за пределами стран СНГ, где продолжают проводиться традиционные для нас ежегодные гидравлические испытания на плотность и прочность, однако время отключения услуги ГВС, связанного с их проведением, было сокращено всего до двух дней.



Рис. 1. Рижская ТЭЦ-1

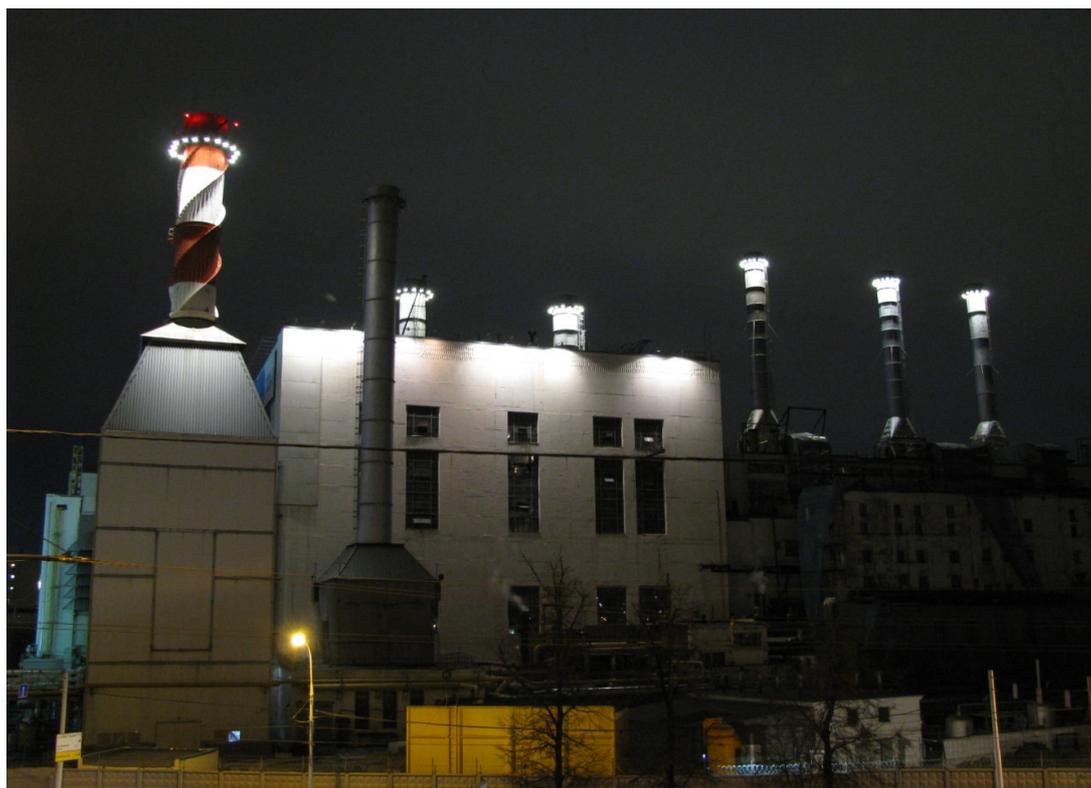


Рис. 2. ТЭЦ-9: г. Москва, ул. Автозаводская, 12 корпус 1

Финляндия. В г. Кеми, Финляндия, находящемся на севере страны, проживает чуть более 20 тысяч человек, а теплотрассовая инфраструктура представлена 95 км тепловых сетей [11]. К системе централизованного теплоснабжения подключено 434 потребителя, ими используется 165 ГВт тепловой энергии в год. Для целей ее выработки служат 6 теплоисточни-

ков, с суммарной установленной мощностью генерирующего оборудования 140 МВт. Выдаваемая в сеть мощность меняется по схеме централизованного качественного регулирования.

Италия. В итальянском городе Феррара находится одна из крупнейших в стране систем централизованного теплоснабжения [12], обслуживающая 12 тысяч потребителей; протяженность тепловой сети – 56 км. Применено качественное регулирование отпуска тепла, причем температура в подающей линии всегда поддерживается на уровне 90 °С, а в обратной меняется в диапазоне от 50 до 70 °С. На систему работают три крупных источника теплоснабжения. Первый – это низкотемпературная геотермальная котельная с непрямым типом производства, расположенная в пригороде. Это означает, что горячие подземные воды из скважины подаются в теплообменный аппарат, где происходит нагрев сетевой воды, а отдавшая тепло пароводяная смесь возвращается обратно. В настоящее время таким способом до 90 °С нагревается 400 кубометров сетевой воды в час. Располагаемая мощность скважины оценивается на уровне 12 Гкал/ч (почти 14 МВт), что несколько меньше аналогичных значений основных геотермальных месторождений Краснодарского края, единичная мощность которых находится в диапазоне от 20 до 45 МВт [13]. Второй источник – это крупная (36 Гкал/ч) газовая котельная, работающая в пиковом режиме.

Швейцария. В г. Женеве, втором по численности населения в Швейцарии (482,5 тыс. человек), с помощью централизованного теплоснабжения покрывается лишь десятая часть общей отопительной нагрузки [14]. Город довольно плотно застроен: есть районы, где удельное теплотребление превышает 2000 МВт/га. Среди источников централизованной выработки тепловой энергии и мусоросжигательные предприятия, и тепловые насосы, суммарная мощность которых достигает 0,3 МВт, и котельные, где в качестве топлива используется биомасса. Большая часть тепла, 88 %, генерируется с помощью ископаемого топлива: природного газа и мазута в индивидуальных отопительных котлах. Протяженность тепловой сети – 62 км, величина тепловых потерь при ее транспортировке достигает заметных по европейским меркам 10 %. Выполнена вариантная проработка развития централизованного теплоснабжения в городе. Первый вариант – наиболее умеренный: за счет реновации жилого фонда среднее теплотребление на квадратный метр отапливаемого пространства в год должно снизиться до 350 МДж, а доля централизованного теплоснабжения возрасти до 14 %. Согласно второму оптимистичному варианту к 2035 г. с помощью централизованного теплоснабжения будет покрываться 40 % общей отопительной нагрузки, причем выработка тепловой энергии на тепловых насосах увеличится в 25 (!) раз, что в сумме позволит почти в 2,6 раза сократить потребление ископаемого топлива. Третий и четвертый варианты являются промежуточными. Два наиболее оптимистичных варианта предполагают строительство источников комбинированной выработки и мощных средств аккумулирования тепловой энергии; все варианты – существование разветвленной тепловой сети протяженностью от 84 до 246 км, что в последнем случае приведет к значительному изменению городской инфраструктуры жизнеобеспечения и структуры предназначенных для этого коммуникаций.

Выводы. Нами установлено, что в Европе широко используются источники теплоснабжения значительной единичной мощности, нашедшие лишь ограниченное применение в России: мусоросжигательные предприятия, геотермальные котельные, тепловые насосы, причем расположены они даже в тех государствах, которые обычно считаются «южными» (например, в Италии).

Впервые определено, что неотъемлемыми процессами реформирования коммунальной теплоснабжающей инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития городов России, как и в других странах, должны стать:

- интеграция ТЭЦ и котельных в городское пространство;
- оснащение приборами учета тепловой энергии всех потребителей;

- строительство геотермальных источников теплоснабжения (в т. ч. на базе тепловых насосов), работающих на существующую тепловую сеть, с целью недопущения глобального потепления в соответствии с интересами будущих поколений;
- соблюдение графика централизованного качественного регулирования;
- своевременную замену изношенной теплосетевой инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития систем централизованного теплоснабжения и городов, а не переход к децентрализованным вариантам [15].

Библиографический список

1. **Чичерин, С. В.** Планирование и оценка преимуществ увеличения нагрузки системы централизованного теплоснабжения / С. В. Чичерин // Вестник ВСГУТУ. – 2017. – № 2(65). – С. 17-23.
2. **Бежан, А. В.** Оценка эффективности системы теплоснабжения на основе котельной и ветроустановки в условиях севера / А. В. Бежан, В. А. Минин // Теплоэнергетика. – 2017. – № 3. – С. 51-59.
3. **Lake, A.** Review of district heating and cooling systems for a sustainable future / A. Lake, B. Rezaie, S. Beyerlein // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Т. 67. – С. 417-425.
4. **Мелькумов, В. Н.** Математическая модель конвективного теплообмена при зарядке теплового аккумулятора системы теплоснабжения / В. Н. Мелькумов, Д. Н. Китаев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2017. – № 1 (45). – С. 40-49.
5. **Yousefi, F.** A study of the impact of occupant behaviors on energy performance of building envelopes using occupants' data / F. Yousefi, Y. Gholipour, W. Yan // Energy and Buildings. – 2017. – Т. 148. – С. 182-198.
6. **Кульпин, С. И.** Преимущества применения «зеленых» крыш с точки зрения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 1 (6). – С. 54-59.
7. **Lund, H.** Et al. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems / H. Lund // Energy. – 2014. – Т. 68. – С. 1-11.
8. **Чичерин, С. В.** Надежность и эффективность среднетемпературного теплоснабжения // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2017. – Т. 23. – № 2. – С. 75-80. DOI: 10.18721/JEST.230207
9. **Fang, H.** et al. Industrial waste heat utilization for low temperature district heating / H. Fang // Energy policy. – 2013. – Т. 62. – С. 236-246.
10. **Кобец, Н.** Теплоэнергетика: чему надо учиться в Риге / Н. Кобец // Эксперт Сибирь. – 2017. – № 11-12(490).
11. **Ikonen, E.** Et al. Examination of operational optimization at Kemi district heating network / E. Ikonen // Thermal Science. – 2016. – Т. 20. – № 2. – С. 667-678.
12. **Aringhieri, R.** Optimal operations management and network planning of a district heating system with a combined heat and power plant / R. Aringhieri, F. Malucelli // Annals of Operations Research. – 2003. – Т. 120. – № 1-4. – С. 173-199.
13. **Бутузов, В. А.** Геотермальная система теплоснабжения с использованием солнечной энергии и тепловых насосов / В. А. Бутузов, Г. В. Томаров, В. Х. Шетов // Промышленная энергетика. – 2008. – № 9. – С. 39-43.
14. **Quiquerez, L.** et al. The role of district heating in achieving sustainable cities: comparative analysis of different heat scenarios for Geneva / L. Quiquerez // Energy Procedia. – 2017. – Т. 116. – С. 78-90.
15. **Гладышева, Т. Ю.** Децентрализация как способ реконструкции инженерных систем зданий и сооружений / Т. Ю. Гладышева, Н. А. Петрикеева, Т. М. Заид // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 1 (6). – С. 14-18.

References

1. **Chicherin, S. V.** Planirovanie i ochenka preimushhestv uvelichenija nagruzki sistemy centralizovanno-go teplosnabzhenija / S. V. Chicherin // Vestnik VSGUTU. – 2017. – № 2(65). – S. 17-23.
2. **Bezhan, A. V.** Ochenka jeffektivnosti sistemy teplosnabzhenija na osnove kotel'noj i vetroustanovki v uslovijah severa / A. V. Bezhan, V. A. Minin // Teplojenergetika. – 2017. – № 3. – S. 51-59.
3. **Lake, A.** Review of district heating and cooling systems for a sustainable future / A. Lake, V. Rezaie, S. Beyerlein // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Т. 67. – S. 417-425.
4. **Mel'kumov, V. N.** Matematicheskaja model' konvektivnogo teploobmena pri zarjadke teplovogo akkumuljatora sistemy teplosnabzhenija / V. N. Mel'kumov, D. N. Kitaev // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhi-tektury. – 2017. – № 1 (45). – S. 40-49.
5. **Yousefi, F.** A study of the impact of occupant behaviors on energy performance of building envelopes using occupants' data / F. Yousefi, Y. Gholipour, W. Yan // Energy and Buildings. – 2017. – Т. 148. – S. 182-198.

6. **Kul'pin, S. I.** Preimushhestva primenenija «zelenyh» krysh s tochki zrenija teplotehnicheskikh harak-teristik ogradhdajushhih konstrukcij // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2017. – № 1 (6). – S. 54-59.
7. **Lund, H.** Et al. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems / N. Lund // Energy. – 2014. – T. 68. – S. 1-11.
8. **Chicherin, S. V.** Nadezhnost' i jeffektivnost' srednetemperaturnogo teplosnabzhenija // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki. – 2017. – T. 23. – № 2. – S. 75-80. DOI: 10.18721/JEST.230207
9. **Fang, H.** Et al. Industrial waste heat utilization for low temperature district heating / N. Fang // Energy policy. – 2013. – T. 62. – S. 236-246.
10. **Kobec, N.** Teplojenergetika: chemu nado učit'sja v Rige / N. Kobec // Jekspert Sibir'. – 2017. – №11-12(490).
11. **Ikonen, E.** Et al. Examination of operational optimization at Kemi district heating network / E. Ikonen // Thermal Science. – 2016. – T. 20. – № 2. – S. 667-678.
12. **Aringhieri, R.** Optimal operations management and network planning of a district heating system with a combined heat and power plant / R. Aringhieri, F. Malucelli // Annals of Operations Research. – 2003. – T. 120. – № 1-4. – S. 173-199.
13. **Butuzov, V. A.** Geotermal'naja sistema teplosnabzhenija s ispol'zovaniem solnečnoj jenerгии i tep-lovyh nasosov / V. A. Butuzov, G. V. Tomarov, V. H. Shetov // Promyshlennaja jenergetika.–2008.– № 9.–S.39-43.
14. **Quiquerez, L.** Et al. The role of district heating in achieving sustainable cities: comparative analysis of different heat scenarios for Geneva / L. Quiquerez // Energy Procedia. – 2017. – T. 116. – S. 78-90.
15. **Gladysheva, T. Ju.** Decentralizacija kak sposob rekonstrukcii inzhenernyh sistem zdanij i sooru-zhenij / T. Ju. Gladysheva, N. A. Petrikeeva, T. M. Zaid // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunika-cii. – 2017. – № 1 (6). – S. 14-18.

MUNICIPAL HEAT SUPPLY INFRASTRUCTURE TO ENSURE THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CITIES

S. V. Chicherin

Omsk State Transport University

S. V. Chicherin, PhD student of the Dept. Thermal Engineering

Russia, Omsk, tel.:+7(913) 144-76-78, e-mail: man_csv@hotmail.com

Statement of the problem. The world is in the process of reconstruction of the communal, and primarily of the heat supply infrastructure of settlements, which makes the actual task of transfer of the best achievements of world experience. The purpose of the study is to perform systems and heat supply sources to European countries and to make recommendations which processes should be an integral part of the reform of municipal heat supply infrastructure to ensure sustainable development of Russian cities.

Results. In the city of Kemi, Finland, located in the North of the country, home to just over 20 thousand people, and heat distribution infrastructure are 95 km of heat networks. To the district heating system is connected 434 user, they are used 165 GWh of thermal energy per year. For the purposes of its production serve 6 heat sources with total installed capacity of generating equipment 140 MW. In the Italian city of Ferrara is one of the country's largest district heating systems, serving 12 thousand customers; the length of heat networks – 56 km In the city Geneva, the second largest population in Switzerland (RUB 482.5 thousand people), with district heating is covered by only a tenth of the total heating load.

Conclusions. First identified as an integral process in the reform of municipal heat supply infrastructure to ensure the sustainable development of cities in Russia, as in other countries, should be equipped with metering devices of thermal energy to all consumers; the construction of geothermal sources of heat; observance of the schedule of Central quality control; timely replacement of worn-out heat network infrastructure to ensure sustainable development of district heating systems and cities.

Keywords: urban, population, resident, heating, heating systems, Riga, Latvia, source, CHP, boiler, length, power, consumer, energy, efficiency, renewable, waste, geothermal, heat pump.

Для цитирования: Чичерин, С. В. Коммунальная теплоснабжающая инфраструктура для обеспечения устойчивого развития городов / С. В. Чичерин // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 9-14.

For citation: Chicherin, S. V. Municipal heat supply infrastructure to ensure the sustainable development of cities / S. V. Chicherin // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 9-14.

УДК 697.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ НУЖД ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ**

С. Н. Золотухин, А. Н. Тогушов, Н. А. Ерошенков, Е. А. Натаров

*Воронежский государственный технический университет**С. Н. Золотухин, к.т.н., доцент кафедры строительных конструкций, оснований и фундаментов имени профессора Ю. М. Борисова**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (953)119-06-56, e-mail: ser6812@yandex.ru**А. Н. Тогушов, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(951)874-45-23, e-mail: misert@yandex.ru**Н. А. Ерошенков, студент кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(919)236-98-87, e-mail: eroshenkov-nikita@mail.ru**Е.А. Натаров, студент кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)217-25-24 e-mail: natarov-evgenii@mail.ru*

Постановка задачи. В данной статье проводится сравнительный анализ альтернативных источников энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения жилых и административных зданий, выбраны наиболее экономически целесообразные варианты на основе срока окупаемости и стоимости 1 кВт·час энергии, выработанной на соответствующих установках.

Результаты. Определена стоимость установок, описаны основные комплектации систем альтернативной энергетики для теплоснабжения, проанализирован рынок крупных фирм-производителей.

Выводы. Наиболее экономичными устройствами на основе альтернативных источников энергии являются солнечные коллекторы и ветроэнергетические установки, которые могут быть потенциально использованы для потребителей вдали от источников централизованного теплоснабжения.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, тепловые насосы, ветроэнергетические установки, стоимость энергии.

Введение. Мировые запасы ископаемого топлива ограничены, при уровне добычи 1990-х гг. (млрд т у.т.): уголь – 3,1; нефть – 4,5 и природный газ – 2,6; запасов угля хватит на 1560, нефти – на 250 и природного газа – на 120 лет [7, 9]. По мере их исчерпания цены на ископаемое топливо будут непрерывно расти. А также при сжигании угля, нефти и газа выделяется огромное количество окиси углерода, концентрация которой увеличилась на 18 % с 1960 г., ежегодные выбросы копоти и сажи достигли 6,7 млрд т. по данным 2006 г. [1, 2]. Это ведёт к планомерному нарастанию парникового эффекта, чего можно избежать. Решением нарастающих проблем экономического и экологического характера стала возобновляемая энергетика, которая является экологически безопасной, так как берёт за свою основу ту энергию, которая природа даёт нам безвозмездно, её запас безграничен.

В настоящее время установки, позволяющие использовать альтернативные источники энергии для нужд горячего водоснабжения и отопления жилых и общественных зданий, представлены ветроэнергетическими установками, тепловыми насосами и солнечными коллекторами. В данной статье стоит задача определить срок окупаемости таких систем, стоимость 1 кВт·час произведённой теплоты, а также ознакомиться с основными фирмами-производителями.

1. Ветроэнергетические установки (ВЭУ). ВЭУ представляют собой устройство, позволяющее преобразовать кинетическую энергию ветра, проходящего через лопасти турбины, в электроэнергию. Вращение лопастей приводит во вращение внутренний вал, соединённый с редуктором, который увеличивает скорость вращения и подключен к генератору. Малые ветроэнергоустановки могут найти своё применение для теплоснабжения частных домов, ферм, небольших административных зданий вроде отелей и кафе, подключаясь к трубчатым электронагревателям (ТЭН). Недостатком таких установок является нестабильность их работы, т.е. прямая зависимость от скорости ветра.

ВЭУ имеют смысл при достаточных скоростях ветра, минимальная требуемая скорость 3 м/с. Воронеж и Воронежская область относятся к зоне ветров со среднегодовой скоростью от 3 до 5 м/с, следовательно, перспективы для использования есть. Для примера рассмотрим ВЭУ малых мощностей от «Электроветер» (таблица 1). Цены взяты у производителя по данным 2017 г.

Таблица 1

Производительность ВЭУ «Электроветер»

Тип ВЭУ	ВЭУ-1/2,6	ВЭУ-1,5/3,2	ВЭУ-5/5
Среднемесячная выработка кВт· час при 3-4 м/с	100-150	150	500
Среднемесячная выработка кВт· час при 5-6 м/с	200	200	1000
Мощность установки в кВт	1	1,5	5
Цена, руб.	23000	33000	149000

Теплопотери дома можно определить по формуле

$$Q = V \cdot q_0 \cdot (t_1 - t_2) \cdot n, \quad (1)$$

где Q – теплопотери, Вт; V – объём отапливаемого здания, м³; q_0 – удельная тепловая характеристика здания, Вт/ (м³·град), (принимается 0,81 для одноэтажных зданий); t_1 – минимальная температура внутреннего воздуха (принимается равной 18 °С); t_2 – минимальная температура наружного воздуха (температура наиболее холодной пятидневки по СНиП 23-01-99), °С; n – поправочный коэффициент климатических условий.

Теплопотери одноэтажного дома площадью 50 квадратных метров:

$$Q = 125 \cdot 0,8 \cdot (18 + 26) \cdot 1 = 4400.$$

Система мощностью 5 кВт, подключенная напрямую к ТЭН без аккумуляторов будет состоять из:

1. ВЭУ-5/5 – 149000 руб.;
2. Мачтовый комплект (для мачты высотой 20 м) – 18 000 руб.;
3. Контроллер ОЭЗА-5кВт-48В – 15 000 руб.;

4. Пять ТЭНов суммарным потреблением 4700 Вт – 5250 руб.;

5. Бак-накопитель на 200л – 36 600 руб.

В итоге общая стоимость без учёта монтажа в районе 223 850 руб.

Срок окупаемости является одним из показателей оценки экономической эффективности эксплуатации установки. Его можно определить по формуле

$$T_{ок} = \frac{K}{Q \cdot \tau}, \quad (2)$$

где $T_{ок}$ – срок окупаемости, год; K – капиталовложения, руб.; Q – годовая производительность, кВт· час; τ – тариф на электроэнергию (3,4 рубля для Воронежа на 2017 г.).

$$T_{ок} = \frac{187250}{6000 \cdot 3,40} = 9,17.$$

Ещё одним показателем, позволяющим провести сравнительный анализ всех установок, будет стоимость энергии, руб/кВт· час, определяемая по формуле

$$k = \frac{K}{Q_{экс}}, \quad (3)$$

где k – стоимость энергии, руб/кВт· час; K – капитальные затраты, руб.; $Q_{экс}$ – производительность системы в кВт· час за весь потенциальный срок эксплуатации (по гарантии производителя).

$$k_{ветр} = \frac{187250}{6000 \cdot 20} = 1,5.$$

По показателю стоимости энергии и сроку окупаемости можно сделать вывод, что ветроэнергетические установки могут быть с успехом реализованы в теплоснабжении частных домов, в особенности отдалённых от сетей электро- и теплоснабжения. Их эксплуатация возможна как без дублирующего источника теплоты или электроэнергии, так и с ним, что позволит сделать систему более стабильной в работе.

2. Тепловые насосы. Тепловые насосы (ТН) – это устройства, которые позволяют передавать тепловую энергию от низкопотенциального источника к источнику с более высокой температурой. Тепловые насосы бывают нескольких вариаций: геотермальные насосы извлекают тепло из грунта при помощи коллекторов или зондов, водные работают с грунтовыми водами, либо же с водой из водоёмов, если такие имеются, воздушные извлекают тепло за счёт работы вентиляторов и испарителя.

Экологические и экономические аспекты применения тепловых насосов предполагают определение коэффициента преобразования (COP), который является отношением количества произведённой полезной теплоты к количеству электроэнергии, затрачиваемой на привод ТН [3].

При тех же теплопотерях одноэтажного дома площадью 50 квадратных метров, равных 4400 Вт, будет использована система с геотермальным тепловым насосом GWHHP05H мощностью 5,4 кВт. За основу взяты цены компании ALTAL GRUP по курсу ЦБ РФ на 14.04.17 г.

Аналогично определяем срок окупаемости и стоимость 1 кВт· час теплоты, выработанной геотермальным ТН.

Таблица 2

Комплекс капитальных затрат на тепловой насос

Описание	Цена, руб
Тепловой насос GWHP05H	108 000
Циркуляционный насос для отопления	9 430
Циркуляционный насос земного контура	12 794
Трёхходовой вентиль электромагнитный	4 805
Буферный бак 500 л	28 832
Бойлер водонагревательный 150 л	35 439
Коллектор для контура земли в сборе	19 221
Комплект труб и фитингов	22 224
Теплоизоляция	3 604
Расширительный бак	3 604
Материалы для монтажа	3 003
Наконечник зонда геотермального ТН	1 201
Трубы PE100 32x3	60,07
Этиленгликоль (25 %)	90,1
Работы по установке и пуско-наладке	79 888
Геотермальная скважина	2 703
Бентонит	600,67
Итоговая стоимость = 465 813	

$$T_{ок} = \frac{465813}{6480 \cdot 3,4} = 21$$

$$k_{geo} = \frac{465813}{6480 \cdot 25} = 2,87$$

Можно сделать вывод, что срок окупаемости на данный момент довольно велик. Одними из главных препятствий для распространения тепловых насосов являются немалые первоначальные затраты. Эксплуатационные затраты выражаются лишь в затратах на электроэнергию, требуемая электрическая мощность для работы системы в 4 раза ниже заявленной номинальной тепловой мощности ТН, следовательно затраты на электроэнергию невелики.

Несмотря на данные показатели, тепловые насосы могут быть выгодны и эффективны для использования в удалённых от систем централизованного теплоснабжения жилых и административных зданиях, где прокладка тепловых сетей не возможна или экономически нецелесообразна.

3. Солнечные коллекторы. Солнечные коллекторы – устройства, позволяющие преобразовать энергию солнечного излучения в тепловую энергию и реализующие на этой основе систему отопления и ГВС [8]. В конструкции бытовых солнечных систем коллектор является важнейшим рабочим элементом, поскольку он выполняет функцию улавливания солнечного излучения и превращения его в теплоту. Солнечные коллекторы бывают различных типов. Наиболее распространенными модификациями коллекторов, используемых в системах отопления и горячего водоснабжения, являются плоские и вакуумные коллекторы. Плоские солнечные коллекторы не могут полноценно прогревать воду в зимние месяцы, но могут иметь место в странах с тёплым климатом или же в ситуациях, когда потребитель заинтересован лишь в ГВС преимущественно летом. Особенностью и основным преимуществом вакуумных коллекторов является их возможность нагревать воду до более высоких температур, в том числе довести её до кипения даже при отрицательных температурах окру-

жающего воздуха. Но неизбежно имеются и отрицательные стороны, которые в основном выражены в экономической стороне вопроса.

Рассмотрим некоторые характеристики и крупные фирмы-производители солнечных коллекторов (цены производителей на 2017 г.).

Таблица 3

Модели плоских коллекторов

Модель коллектора	Сокол-Эффект	ЯSolar	Светогрей стандарт - 2
Производитель	НПО машиностроения (Россия)	ООО «Новый полюс» (Россия)	ООО «Эксморк» (Россия)
Коэффициент поглощения/излучения	0,95/0,05	0,95/0,05	0,95/0,05
Материал абсорбера	Алюминий с селективным покрытием	Медь с селективным покрытием	Медь с селективным покрытием
КПД, %	82	83	75
Стоимость, руб	16800	21700	19900

Таблица 4

Модели вакуумных коллекторов

Наименование	Vaillant auroTHERM exclusiv VTK 1140 / 2 (Германия)	АНДИ Групп SCH-12 (Россия)	Viessmann Vitosol 200-T SP2A (Германия)
Габаритные размеры	1652 x 1392	2000 x 950	2241 x 1531
Площадь абсорбера	2	1,58	1,51
Рабочее давление, МПа	1	0,6	0,6
Цена, руб.	125 000	25 400	79 225
Количество трубок	12	12	12
Особенности конструкции	вакуумные трубки с двойной стенкой из высокопрочного боросиликатного стекла	трёхслойное покрытие вакуумной трубки – медь, нержавеющая сталь, алюминий	поверхность абсорбера с высокоизбирательным покрытием. Теплообменник типа «труба в трубе» (из нержавеющей стали)

Проектирование системы солнечного теплоснабжения и определение количества солнечных коллекторов зависит в первую очередь от числа потребителей, а расчёты, ориентированные на отапливаемую площадь, не получили распространения. Расчёт системы солнечного теплоснабжения начинается с нахождения объёма бака-аккумулятора, как удвоенного произведения расхода воды на человека, взятого равным 30 л, на количество потребителей. По рекомендациям немецкой компании Viessmann на каждые 100 л бака требуются 1,5 м² плоского и 1 м² вакуумного коллекторов. Приняв исходные данные за количество потреби-

телей, равное 3 м, получим бак объёмом 200 л и площадь коллекторного поля 3 м² для ГВ, 6 м² для частичного покрытия отопительной нагрузки для плоских коллекторов, а 2 м² и 4 м² для вакуумных коллекторов (по рекомендациям для проектирования систем солнечного теплоснабжения от Viessmann).

Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что для ГВ и частичного покрытия нагрузки на отопление будут использованы 3 плоских или 2 вакуумных коллектора.

Стоимость системы с плоскими коллекторами составит:

1. Бойлер косвенного нагрева (S-Tank Solar DUO 230) – 46 662 руб.;
2. Три плоских коллектора (ЯSolar) – 65 100 руб.;
3. Насосная станция циркуляционная 25/40 – 9800 руб.;
4. Двухканальный цифровой контроллер – 4940 руб.

В итоге общая стоимость без учёта монтажа 126 502 руб.

Стоимость системы с вакуумными коллекторами составит:

1. Бойлер косвенного нагрева (S-Tank Solar DUO 230) – 46 662 руб.;
2. Два вакуумных коллектора (КТU-10) – 75000 руб.;
3. Насосная станция циркуляционная 25/40 – 9800 руб.;
4. Двухканальный цифровой контроллер – 4940 руб.

В итоге общая стоимость без учёта монтажа 136 402 руб.

$$T_{ок} = \frac{126502}{2520 \cdot 3,4} = 14,7$$

$$k_{сол} = \frac{126502}{2520 \cdot 20} = 2,5$$

Таблица 5

Сравнительный анализ стоимости производимой энергии

Установка	Стоимость производимой энергии, руб/кВт· час	Срок окупаемости
Ветроэнергетическая установка	1,5	10,9 лет
Геотермальный тепловой насос	2,87	21 год
Солнечный коллектор	2,5	14,7 лет

Вывод. На основе проведённых вычислений можно сделать вывод, что на данном этапе развития особое внимание должно уделяться солнечным коллекторам и ВЭУ для обеспечения жилых и административных зданий отоплением и ГВС. В Воронежской области есть потенциал, как для ветряной, так и солнечной энергетики, что говорит о перспективах развития этих направлений. Однако в отдельных ситуациях, тепловые насосы также могут быть актуальны ввиду стабильности своей работы [10-15].

Важно обозначить, что солнечные коллекторы были протестированы уже многими потребителями, но использование ВЭУ, подключенных напрямую к ТЭН, требует дополнительных исследований, чтобы быть уверенными в заявленной производительности и оценить эффективность работы подобной установки в Воронежской области.

Библиографический список

1. Суда, Р. Жилые дома с автономным солнечным теплохладоснабжением / Пер. с яп. Е. Н. Успенской; Под ред. М. М. Колтуна, Г. А. Гухман. – Стройиздат, 1989. – 184 с.

2. **Сибикин, Ю. Д.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – 2е изд. Стер.- М: Кронус, 2017. – 240 с.
3. **Куцыгина, О. А.** Энергоменеджмент зданий: учебное пособие / О. А. Куцыгина; Воронеж. гос. арх.-строит. университет.- Воронеж; 2004.- 132 с.
4. **Полосин, И. И.** Теоретические основы создания микроклимата в помещении: учеб. пособие / И. И. Полосин, Б. П. Новосельцев, В.Н. Шершнев; Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т.- Воронеж, 2005. – 146 с.
5. **Лабеиш, В. Г.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие/ В. Г. Лабеиш; СПб.: СЗТУ, 2003. – 79 с.
6. **Твайделл, Дж.** Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр // Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. 1990 – 392 с. ил.
7. **Тульская, С. Г.** Ресурсосберегающие технологии биогазовых установок при переработке отходов сельского хозяйства / С. Г. Тульская, К. Г. Мозговая // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. - № 1 (2) – С.21-27.
8. **Попова, Н. М.** Оценка коэффициента замещения при вариации конструктивных параметров солнечной системы теплоснабжения / Н. М. Попова, С. Ю. Чернышов, С. А. Петров // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – № 2 (3). – С. 9-12.
9. **Чудинов, Д. М.** Уровень развития ветроэнергетики в мире / Д. М. Чудинов, А. С. Боева, Н. С. Бобина, Е. Г. Сокур // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации.– 2017. –№ 2 (7). –С. 34-39.
10. **Петрикеева, Н. А.** Оптимизация стоимостной целевой функции при определении толщины изоляции в системах теплоснабжения / Н. А. Петрикеева, А. В. Копытин, Н. О. Попов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – № 2 (3). – С. 26-33.
11. **Яременко, С. А.** Учет солнечной энергии при проектировании тепловой защиты зданий / Р. А. Шепс, С. А. Яременко, М. В. Агафонов // Жилищное строительство. – 2017. – № 1-2. – С. 29-32.
12. **Чуйкин, С. В.** Математическое моделирование потоков воздуха в помещении при организации вытяжной вентиляции / С. В. Чуйкин, С. Г. Тульская, К. А. Складов, Е. О. Благовестная // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 2 (7). – С. 15-20.
13. **Сотникова, О. А.** Лучистый теплообмен в теплогенераторах с вихревыми топочными устройствами / О. А. Сотникова // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2016. – № 4 (44). – С. 56-63.
14. **Щукина, Т. В.** Регулируемый тепловой режим пассивной утилизации солнечного излучения для снижения нагрузок на системы отопления / Т. В. Щукина, Р. А. Шепс, М. Н. Жерлыкина // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2016. – № 11 (179). – С. 55-59.
15. **Лобанов, Д. В.** Расчет требуемого воздухообмена в офисном помещении при организации персональной системы вентиляции / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 1 (29). – С. 56-60.

References

1. **Suda, R.** Zhilye doma s avtonomnym solnechnym teplohlosnabzheniem / Per. s jap. E. N. Uspenskoj; Pod red. M. M. Koltuna, G. A. Guhman. – Strojizdat, 1989. – 184 s.
2. **Sibikin, Ju. D.** Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenerгии: uchebnoe posobie / Ju. D. Si-bikin, M. Ju. Sibikin. – 2e izd. Ster.- M: Kronus, 2017. – 240 s.
3. **Kucygina, O. A.** Jenergomenedzhment zdaniy: uchebnoe posobie / O. A. Kucygina; Voronezh. gos. arh.-stroit. universitet.- Voronezh; 2004.- 132 s.
4. **Polosin, I. I.** Teoreticheskie osnovy sozdaniya mikroklimata v pomeshhenii: ucheb. posobie / I. I. Polosin, B. P. Novosel'cev, V.N. Shershnev; Voronezh. gos. arh.- stroit. un-t.- Voronezh, 2005. – 146 s.
5. **Labejsh, V. G.** Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenerгии: uchebnoe posobie/ V. G. Labejsh; SPb.: SZTU, 2003. – 79 s.
6. **Tvajdell, Dzh.** Vozobnovljaemye istochniki jenerгии / Dzh. Tvajdell, A. Uejr // Per. s angl. – M.: Jenergoatomizdat. 1990 – 392 s. il.
7. **Tul'skaja, S. G.** Resursosberegajushhie tehnologii biogazovyh ustanovok pri pererabotke othodov sel'skogo hozjajstva / S. G. Tul'skaja, K. G. Mozgovaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2016. - № 1 (2) – S.21-27.
8. **Popova, N. M.** Ocenka koefefficienta zameshhenija pri variacii konstruktivnyh parametrov solnechnoj sistemy teplosnabzhenija / N. M. Popova, S. Ju. Chernyshov, S. A. Petrov // Gradostroitel'stvo. Infra-struktura. Kommunikacii. – 2016. – № 2 (3). – S. 9-12.
9. **Chudinov, D. M.** Uroven' razvitija vetrojenergetiki v mire / D. M. Chudinov, A. S. Boeva, N. S. Bobina, E. G. Sokur // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii.– 2017. –№ 2 (7). –S. 34-39.
10. **Petrikeeva, N. A.** Optimizacija stoimostnoj celevoj funkcii pri opredelenii tolshhiny izoljatsii v sistemah teplosnabzhenija / N. A. Petrikeeva, A. V. Kopytin, N. O. Popov // Gradostroitel'stvo. Infra-struktura. Kommunikacii. – 2016. – № 2 (3). – S. 26-33.

11. **Jaremenko, S. A.** Uchet solnechnoj jenerгии pri proektirovanii teplovoj zashhity zdaniy / R. A. Sheps, S. A. Jaremenko, M. V. Agafonov // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2017. – № 1-2. – S. 29-32.

12. **Chujkin, S. V.** Matematicheskoe modelirovanie potokov vozduha v pomeshhenii pri organizacii vytesnjajushhej ventiljacii / S. V. Chujkin, S. G. Tul'skaja, K. A. Skljarov, E. O. Blagovestnaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2017. – № 2 (7). – S. 15-20.

13. **Sotnikova, O. A.** Luchistyj teploobmen v teplogeneratorah s vihrevymi topochnymi ustrojstvami / O. A. Sotnikova // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2016. – № 4 (44). – S. 56-63.

14. **Shhukina, T. V.** Reguliruemyj teplovoj rezhim passivnoj utilizacii solnechnogo izluchenija dlja snizhenija nagruzok na sistemy otoplenija / T. V. Shhukina, R. A. Sheps, M. N. Zherlykina // Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie. – 2016. – № 11 (179). – S. 55-59.

15. **Lobanov, D. V.** Raschet trebuemogo vozduhoobmena v ofisnom pomeshhenii pri organizacii personal'noj sistemy ventiljacii / D. V. Lobanov, I. I. Polosin // Privolzhszkij nauchnyj zhurnal. – 2014. – № 1 (29). – S. 56-60.

ECONOMICAL ADVISABILITY OF USING ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR NEEDS OF HEATING AND HOT WATER SUPPLY OF APPARTMNET AND ADMINISTRATIVE BUILDINGS

S. N. Zolotukhin, A. N. Togushov, N. A. Eroshenkov, E. A. Natarov

Voronezh State Technical University

S. N. Zolotukhin, Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Building Structures and Foundations named after Professor Yu.M. Borisov

Russia, Voronezh, tel.: +7 (953) 119-06-56, e-mail: ser6812@yandex.ru

A. N. Togushov, student of Dept. of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (951) 874-45-23, e-mail: misert@yandex.ru

N. A. Eroshenkov, student of Dept. of Electric Drive, Automation and Control in Technical Systems

Russia, Voronezh, tel.: +7 (919) 236-98-87, e-mail: eroshenkov-nikita@mail.ru

E. A. Natarov, student of Dept. of Electrical Drive, Automation and Control in Technical Systems

Russia, Voronezh, tel.: +7 (920) 217-25-24 e-mail: natarov-evgenii@mail.ru

Statement of the problem. This article provides a comparative analysis of alternative energy sources for heating and hot water supply of residential and administrative buildings, of which the most profitable and economically viable options are based on the payback period and the cost of 1 kwh of energy generated at the respective facilities.

Results. The cost of plants is determined, the main complexes of alternative energy systems for heat supply are described, and the market of large manufacturing companies is analyzed.

Conclusions. The most economical devices based on alternative energy sources are solar collectors and wind power plants, which can potentially be useful for consumers far from the sources of district heating.

Keywords: solar collectors, heat pumps, wind power plants, energy cost.

Для цитирования: Золотухин, С. Н. Использование альтернативных источников энергии нужд отопления и горячего водоснабжения зданий / С. Н. Золотухин, А. Н. Тогушов, Н. А. Ерошенко, Е. А. Натаров // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 15-22.

For citation: Zolotukhin, S. N. Economical advisability of using alternative energy sources for needs of heating and hot water supply of appartmnet and admin-istrative buildings / S. N. Zolotukhin, A. N. Togushov, N. A. Eroshenkov, E. A. Natarov // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 15-22.

УДК 696.2

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ

Е. О. Михайлова, Д. Н. Китаев

*Воронежский государственный технический университет**Е. О. Михайлова, 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*

Постановка задачи. Система газоснабжения является неотъемлемой частью инфраструктуры городов. В последнее время уделяется большое внимание планированию развития системы газоснабжения, связанное с поиском моделей, позволяющих прогнозировать потребление газа в перспективе. В настоящее время для составления прогнозов используется широкая номенклатура программного обеспечения, реализующая несколько алгоритмов. Поиск наиболее надежных моделей перспективного потребления газа является актуальной задачей.

Результаты и выводы. На основе анализа системы телеметрии, внедренной в Воронежской области, обосновано применение метода регрессионного анализа, как наиболее адекватного в существующих условиях. На основе метода множественного регрессионного анализа получены линейная и полиномиальная модели потребления газа для трех поселков, расположенных в Воронежской области. Проведено сравнение полученных моделей со статистическими данными, подтверждающее их адекватность с допустимой погрешностью.

Ключевые слова: прогнозирование, регрессионный анализ, расход газа.

Введение. Используемые в газовых сетях системы мониторинга накапливают массивы статистических данных, которые в худшем случае периодически удаляются в целях экономии памяти, а обычно просто хранятся в архивах [1]. Такие объемы информации представляют ценность для анализа с применением математического аппарата, результатами которого являются: корреляционные взаимосвязи, математические модели, выражающие функциональные зависимости и прогнозы. Последние становятся все более актуальными в связи с растущими возможностями автоматизации и стабильно растущей динамикой и стохастичностью объемов потребления газа [4]. Выполнение прогнозирования позволяет запланировать капитальный ремонт газопровода, спланировать режим работы компрессорных станций и объемы использования газгольдеров [6, 12].

В России наиболее популярным поставщиком программных продуктов типа SCADA адаптированных для работы в нефтегазовой отрасли является ООО «ПСИ» – представитель немецкого концерна «PSI AG». Продукт этой компании помимо возможностей удаленного мониторинга и управления, присущих любой SCADA системе содержит модули статистического анализа, позволяющие выполнить прогнозирование. Модуль не ограничен одним лишь расчетом прогнозных значений – он позволяет применить рассчитанные значения к существующей структуре газовой сети, оценить вероятность дисбаланса системы. Этот программный продукт является замечательным примером инструмента прогнозирования, который успешно применяется на практике.

1. Современные инструменты прогнозирования. В основе современных инструментов прогнозирования лежат методы регрессионного анализа и временных рядов [3, 14]. Каж-

дый метод имеет свои недостатки и преимущества, особенности применения. В целом метод регрессионного анализа имеет более простую математическую основу, менее строгие требования к исходной выборке статистических данных. Суть его сводится к установлению функциональной зависимости исследуемого показателя (расход газа) от влияющих на него факторов (температура и влажность воздуха). Поэтому для применения регрессионного анализа в целях прогнозирования необходимо использовать известный прогноз влияющих факторов. Метод временных рядов имеет более сложную математическую модель, более требователен к исходной выборке (к размерам и непрерывности). Суть метода сводится к разделению исходного ряда данных на тренд, сезонную компоненту, усреднению, сглаживанию и фильтрации шума. Прогнозирование с использованием временных рядов это экстраполяция выявленных закономерностей на некоторый последующий период. Метод временных рядов обычно дает более точные результаты.

Оба метода целесообразно выполнять с использованием средств автоматизации, в настоящее время статистическое программное обеспечение представлено широким спектром как коммерческих, так и бесплатных пакетов программ и даже языков программирования. Среди наиболее популярных следует выделить R, SAS, Scala, Matlab, SPSS, Stata, Minitab, JMP.

2. Формирование исходных данных. С 2004 года в Воронеже была начата разработка собственной системы телеметрии, а начиная с 2007 – внедрена в городе и области [1]. Целью создания единой системы телеметрии является мониторинг динамических показателей ГРП и анализ развития аварийных ситуаций. За прошедшие годы система претерпела изменение технической базы но так и не нашла функционального развития. Накопленная за десятилетний срок база данных позволяет выполнять статистический анализ работы газовой сети, выявлять причины возникающих в системе сбоев и выполнять прогнозирование [10, 11].

Поскольку в качестве канала передачи данных в Воронежской системе телеметрии используются GSM сети, поиск непрерывного ряда данных является весьма сложной задачей. Поэтому предпочтительнее будет использовать метод регрессионного анализа.

Один из наиболее востребованных типов прогнозов применяемых к управлению газовыми сетями – это прогноз потребления газа [2, 5]. Но расходомеры это дорогие приборы, поэтому непосредственных данных о расходе в архивах системы телеметрии нет. Тем не менее, при наличии множества других сведений – его можно определить косвенно исходя из теоретической формулы массового расхода газа:

$$G = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{p_n^2 - p_k^2}{\lambda z R T_0 L}} D^5. \quad (1)$$

Поскольку коммерческий интерес относится к объемному расходу, указанную формулу необходимо преобразовать следующим образом:

$$Q = \frac{\pi}{4} \frac{T_{cm}}{p_{cm}} \sqrt{R} \sqrt{\frac{p_n^2 - p_k^2}{\lambda z T_0 L}} D^5. \quad (2)$$

В формуле (2) все аргументы правой части известны или могут быть вычислены.

Приведенные рассуждения формируют единственный критерий выбора участка для моделирования – известность всех конечных давлений. Подходящий фрагмент газотранспортной сети объединяет три поселка газопроводом высокого давления, обозначим их: А, Б и В. В поселке А находится ГРП с начальной точкой, а в поселках Б и В находятся ГРП с конечными точками (потребителями). Расстояние между поселками Б и В не превышает 15 километров, между парами поселков А и Б, А и В – 8 километров.

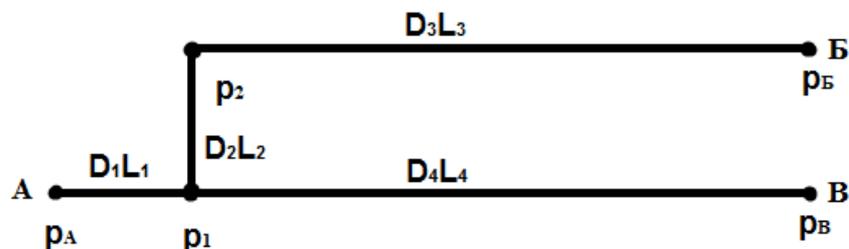


Рис. 1. Схема фрагмента газопровода

Набор данных предоставляемый телеметрией ГРП, расположенных в этих поселках, ограничен входными и выходными давлениями (сеть низкого давления), и температурой воздуха окружающей среды. Период времени, доступный в имеющем срезе базы – один год [7, 9].

Известно что газопровод выполнен из полиэтиленовых труб, максимальное рабочее давление на участке 0,6 МПа (избыточное), производитель и марка полиэтилена не известны. Поэтому, исходя из известного рабочего давления и экономической оптимизации сделано предположение, что использованы трубы из полиэтилена ПЭ 80 и все справочные данные по характеристикам труб, взяты из ГОСТ Р 50838-95.

3. Моделирование и прогнозирование. Используя методику моделирования газовой сети [8], описанной в СНиП 2.04.08-87 (приложение 5) составлена система нелинейных уравнений, число неизвестных (Q_A, Q_B, Q_B) меньше чем уравнений – значит система сходится:

$$P_A^2 - P_B^2 = 1,4 \cdot 10^{-5} p \left[\left(\frac{n}{d_1} + 1922 \frac{vd_1}{Q_A} \right)^{0,25} \frac{Q_A^2 l_1}{d_1^5} + \left(\frac{n}{d_2} + 1922 \frac{vd_2}{Q_B} \right)^{0,25} \frac{Q_B^2 l_2}{d_2^5} + \left(\frac{n}{d_3} + 1922 \frac{vd_3}{Q_B} \right)^{0,25} \frac{Q_B^2 l_3}{d_3^5} \right], \quad (5)$$

$$P_A^2 - P_B^2 = 1,4 \cdot 10^{-5} p \left[\left(\frac{n}{d_1} + 1922 \frac{vd_1}{Q_A} \right)^{0,25} \frac{Q_A^2 l_1}{d_1^5} + \left(\frac{n}{d_4} + 1922 \frac{vd_4}{Q_B} \right)^{0,25} \frac{Q_B^2 l_4}{d_4^5} \right],$$

$$Q_A = Q_B + Q_B.$$

Используя систему автоматизированных вычислений MathCAD и метод последовательных приближений, полученная система уравнений решена по всей выборке исходных данных [13]. Таким образом, набор данных для каждого участка теперь представлен объемным расходом газа и температурой окружающей среды. Суточные колебания потребления газа не представляют интереса, поэтому перед проведением регрессионного анализа объем выборки уменьшен за счет перехода к среднесуточным значениям.

На первом этапе, выполнялся анализ наличия корреляционной связи между влияющими величинами и зависимой. Для этого строится диаграмма рассеивания, представленная на рисунке 2.

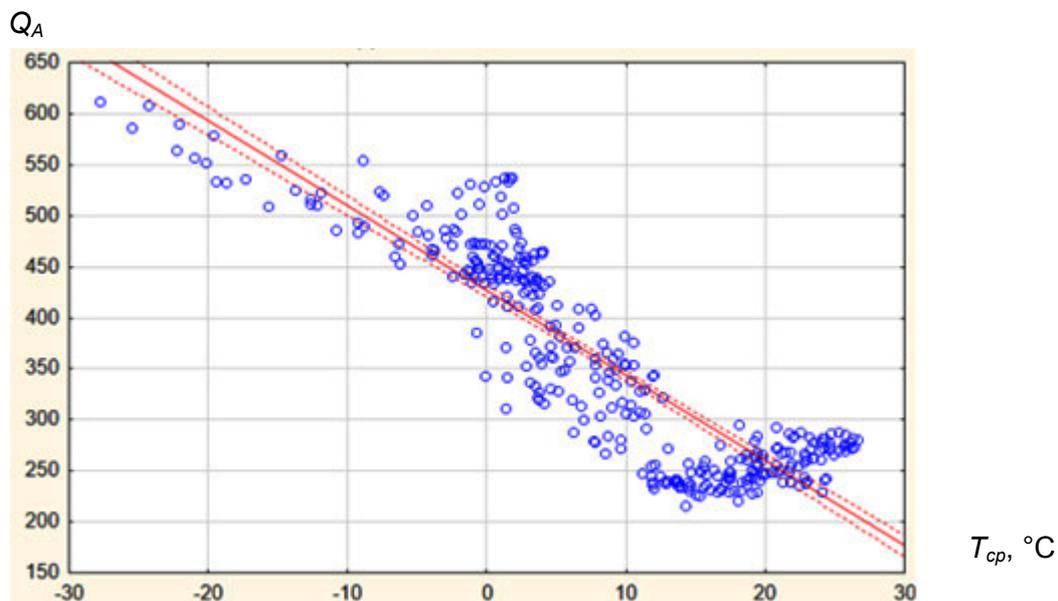


Рис. 2. Диаграмма рассеивания

Визуальная оценка разброса пар и коэффициент корреляции $r=88\%$ не оставляют сомнений о наличии зависимости между температурой воздуха и потреблением газа.

Диаграмма рассеивания помимо подтверждения корреляции явным образом указывает на тип зависимости – линейная. Для построения регрессионной модели целесообразно использовать все имеющиеся сведения, поэтому построена модель множественной линейной регрессии. В ряд предикторов (независимых переменных) внесены температуры воздуха во всех трех поселках исследуемого участка. Анализ полученных уровней значимости (p -уровней) показывает, что температура в поселке А не вносит в модель значительных изменений (p -уровень равен 0,602661), так как в этом поселке нет потребителей относящихся к исследуемому фрагменту газопровода. Оставляя в обучающей выборке только значимые предикторы, получена линейная регрессионная модель с доверительной вероятностью 0,9:

$$Q_A = 483,9196 - 31,9789T_B + 24,2416T_B. \quad (6)$$

Для увеличения точности модели была применена полиномиальная множественная регрессия, и набор исходных данных расширен днем недели, признаком выходного дня, номера месяца. В результате проведения повторного моделирования и отбора значимых предикторов, получена новая функциональная зависимость, с доверительной вероятностью 0,95:

$$Q_A = 525,7587397 - 40,5111789T_B + 30,9251767T_B - 0,7189017T_B^2 + 0,0596787T_B^3 - 0,0514652T_B^3 + 0,0009766T_B^4 - 0,0000461T_B^5 + 0,0000392T_B^5. \quad (7)$$

Очевидно, что из приведенного уравнения, ни один календарный признак не дал высокой оценки значимости (значение p -уровня слишком высокое). Также опытным путем было установлено, что с приращением степени полинома с четвертой на пятую, изменение коэффициента регрессии составляет тысячные доли, поэтому улучшить модель еще больше не

получится. Примечательно, что номер дня в неделе и признак выходного дня имеют довольно небольшой p -уровень – около 0,2. Это значит, что уменьшение обучающей выборки до квартала или месяца может улучшить результаты.

На рисунке 3 изображен график полученной регрессионной модели, в сравнении с реальными данными, по которым производился регрессионный анализ.

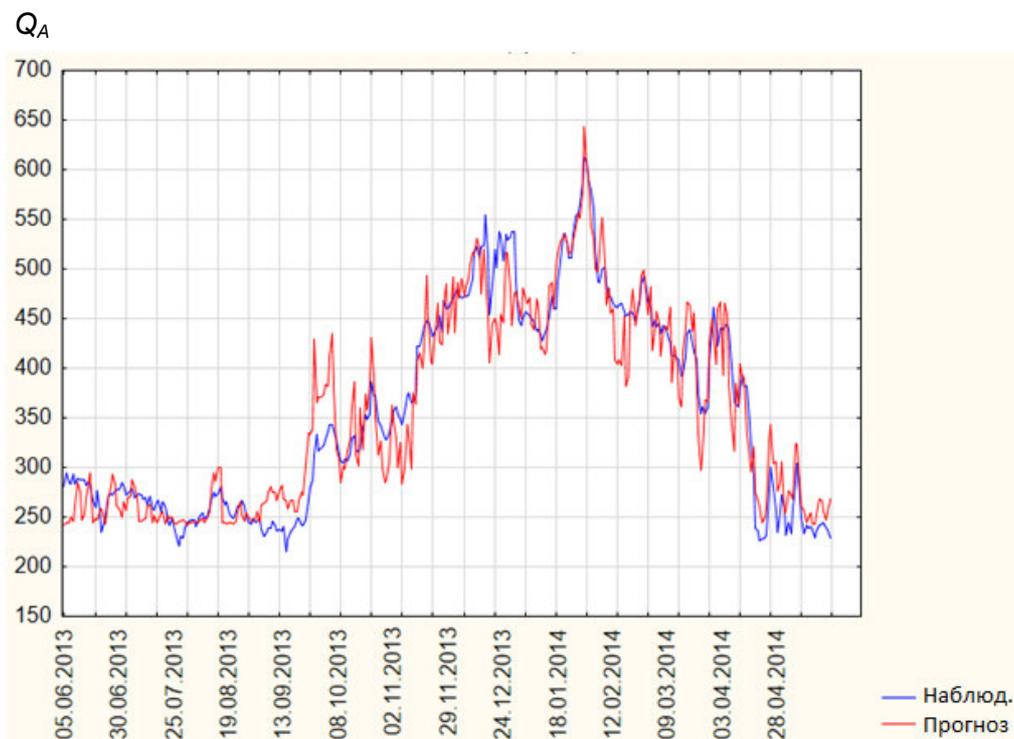


Рис. 3. Графики расчетных и наблюдаемых данных

На графике прогноза (рис. 3) ярко выражены «пики» – резкие скачки потребления, не свойственные наблюдаемому процессу. Если построить на одном графике наиболее значимый предиктор – температуру в поселке Б и прогнозные значения, природа такого поведения становится понятной – прогноз очень хорошо отражает колебания температуры. Очевидно, что переход к степенной функции усиливает этот эффект, но и улучшает результат прогноза в статистической оценке.

Применение алгоритмов сглаживания (например экспоненциальное сглаживание – очень удобный и гибкий инструмент), позволит уменьшить влияние степенной модели на результат. Но поскольку этот инструмент включен в метод временных рядов наряду с авторегрессией – целесообразно использовать уже готовый метод.

Для практического применения очевидно лучше использовать линейную модель, полученную на квартале или месяце. Для летнего периода, где температура воздуха играет не первую роль в модели стоит вернуть календарные предикторы, хорошо отражающие влияние выходных и праздничных дней.

Выводы. На основе анализа системы телеметрии, внедренной в Воронежской области, обосновано применение метода регрессионного анализа, как наиболее адекватного в существующих условиях. На основе метода множественного регрессионного анализа получены линейная и полиномиальная модели потребления газа для трех поселков, расположенных в Воронежской области. Проведено сравнение полученных моделей со статистическими данными, подтверждающее их адекватность с допустимой погрешностью.

Библиографический список

1. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования: коллективная монография / В. Н. Семенов, Д. Н. Китаев, П. Г. Грабовый и др.; под общ. ред. В. Н. Семенова // Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2010. – 135с.
2. Практическое применение энергосберегающих технологий: учебное пособие / Д. Н. Китаев, П. Новиковски, Э. В. Сазонов и др.; под общ. ред. В.Н. Семенова и Н.С. Попова. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В.- 2014. – 193 с.
3. **Китаев, Д. Н.** Нелинейная зависимость теплоемкости идеального газа от температуры / Д. Н. Китаев, Е. М. Черных // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. – Т.4. – №12. – С. 36-40.
4. **Мартыненко, Г. Н.** Применение оперативного управления для создания оптимального режима газопотребления / Г.Н. Мартыненко // Общество, технология и окружающая среда. Сборник научных трудов по материалам I международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 185-191.
5. **Мартыненко, Г. Н.** Оперативное управление газораспределительной системой на основе модели возмущенного состояния / Г.Н. Мартыненко, С.Н. Гнатюк // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. - №1. С.36-42.
6. **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.
7. **Мартыненко Г.Н.** Создание оптимального режима газопотребления по средствам оперативного управления / Г.Н. Мартыненко, С.В. Стрижко, П.А. Першин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2010. - №1. С.105-108.
8. **Алдалис, Х.** Управление системами газоснабжения с узловой схемой отбора путевой нагрузки / Х. Алдалис, М.Я. Панов, Г.Н. Мартыненко // Газовая промышленность. – 2009. - №8. – С.75-77.
9. **Алдалис, Х.** Формирование математической модели оперативного управления функционированием систем газоснабжения с использованием узловой схемы отбора путевой нагрузки / Х. Алдалис, М.Я. Панов, Г.Н. Мартыненко // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2009. - №1. – С. 75-80.
10. **Панов, М. Я.** Моделирование процессов управления городскими системами газоснабжения на основе дроссельных характеристик с использованием современных ультразвуковых методов замера расхода газа / Х. Алдалис, М.Я. Панов, Г.Н. Мартыненко // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т.4. – №1. – С. 152-156.
11. **Галкин, А. Ф.** Анализ и прогноз аварий на магистральных газопроводах / А. Ф. Галкин, А. А. Мищевич // Труды XXI Международной конференции. Под редакцией Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. 2013. Издательство: Российский государственный гуманитарный университет (Москва). – С. 475-478.
12. **Китаев, С. В.** Прогнозирование объема перекачки природного газа при снижении загрузки магистральных газопроводов / С. В. Китаев, А. Р. Галикеев, А. Р. Гадельшина // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2016. – №3. – С.106-118.
13. Математическое моделирование технологических объектов магистрального транспорта газа / И.М. Константинова [и др.]. – М.: Недра, 1988. – 192с.
14. **Сухарев, М.Г.** Методы прогнозирования. Учебное пособие / М.Г. Сухарев. - М.: РГУ нефти и газа, 2009 г. – 208с.

References

1. Kompleksnoe razvitie sistem kommunal'noj infrastruktury municipal'nogo obrazovaniya: kollektivnaya monografiya / V. N. Semenov, D. N. Kitaev, P. G. Grabovyy i dr.; pod obshh. red. V. N. Semenova // Voronezh.gos. arh.-stroit. un-t. – Voronezh, 2010. – 135s.
2. Prakticheskoe primeneniye jenergoberegajushhih tehnologij: uchebnoe posobie / D. N. Kitaev, P. Novikovski, Je. V. Sazonov i dr.; pod obshh. Red. V.N. Semenova i N.S. Popova. – Tambov: Izd-vo Pershina R.V.- 2014. – 193 s.
3. **Kitaev, D. N.** Nelinejnaja zavisimost' teploemkosti ideal'nogo gaza ot temperatury / D. N. Kitaev, E. M. Chernyh // Martynenko, G. N. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2008. – T.4. - №12. – S. 36-40.
4. **Martynenko, G. N.** Primeneniye operativnogo upravleniya dlja sozdaniya optimal'nogo rezhima gazopotrebleniya / G. N. Martynenko // Obshhestvo, tehnologija i okruzhajushhaja sreda. Sbornik nauchnyh trudov po materialam I mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii. – 2017. – S. 185-191.
5. **Martynenko, G. N.** Operativnoe upravlenie gazoraspredeletel'noj sistemoj na osnove modeli vozmušhennogo sostojaniya / G.N. Martynenko, S.N. Gnatjuk // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. – 2012. - №1. S.36-42.

6. **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.
7. **Martynenko G. N.** Sozdanie optimal'nogo rezhima gazopotreblenija po sredstvam operativnogo upravlenija / G.N. Martynenko, S.V. Strizhko, P.A. Pershin // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i so-oruzhenija. – 2010. - №1. S.105-108.
8. **Aldalis, H.** Upravlenie sistemami gazosnabzhenija s uzlovoj shemoj otbora putevoj nagruzki / H. Aldalis, M.Ja. Panov, G.N. Martynenko // Gazovaja promyshlennost'. – 2009. - №8. – S.75-77.
9. **Aldalis, H.** Formirovanie matematicheskoj modeli operativnogo upravlenija funkcionirovaniem sistem gazosnabzhenija s ispol'zovaniem uzlovoj shemy otbora putevoj nagruzki / H. Aldalis, M.Ja. Panov, G.N. Martynenko // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2009. - №1. – S. 75-80.
10. **Panov, M. Ja.** Modelirovanie processov upravlenija gorodskimi sistemami gazosnabzhenija na osnove drossel'nyh karakteristik s ispol'zovaniem sovremennyh ul'trazvukovyh metodov zamera rashoda gaza / H. Aldalis, M.Ja. Panov, G.N. Martynenko // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universite-ta. – 2008. – T.4. - №1. – S. 152-156.
11. **Galkin, A. F.** Analiz i prognoz avarij na magistral'nyh gazoprovodah / A.F. Galkin, A.A. Mücke-vich // Trudy XXI Mezhdunarodnoj konferencii. Pod redakciej N.I. Arhipovoj, V.V. Kul'by. 2013. Izdatel'-stvo: Rossijskij gosudarstvennyj gumanitarnyj universitet (Moskva). S. 475-478.
12. **Kitaev, S. V.** Prognozirovanie ob#ema perekachki prirodno goza pri snizhenii zagruzki magist-ral'nyh gazoprovodov / S. V. Kitaev, A. R. Galikeev, A .R. Gadel'shina // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Nef-tegazovoe delo». – 2016. – №3. – S.106-118.
13. Matematicheskoe modelirovanie tehnologicheskikh ob#ektov magistral'nogo transporta gaza / I.M. Konstantinova [i dr.]. – M.: Nedra, 1988. – 192s.
14. **Suharev, M.G.** Metody prognozirovaniya. Uchebnoe posobie / M.G. Suharev. - M.: RGU nefti i gaza, 2009g. – 208s.

FORECASTING HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF GAS-CONDUCTIVE NETWORKS ON GAS DISTRIBUTION POINTS

E. O. Mikhailova, D. N. Kitaev

Voronezh State Technical University

E. O. Mikhailova, 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

Statement of the problem. The gas supply system is an integral part of the city's infrastructure. Recently, much attention has been paid to planning the development of the gas supply system, related to the search for models that allow forecasting gas consumption in the future. At present, a wide range of software is used to compose forecasts, realizing several algorithms. The search for the most reliable models of prospective gas consumption is an urgent task.

Results and conclusions. Based on the analysis of the telemetry system implemented in the Voronezh region, the use of the regression analysis method as the most adequate under the existing conditions is justified. Based on the method of multiple regression analysis, linear and polynomial models of gas consumption for three settlements located in the Voronezh region were obtained. The obtained models are compared with statistical data, confirming their adequacy with an allowable error.

Keywords: forecasting, regression analysis, gas consumption.

Для цитирования: Михайлова, Е. О. Прогнозирование гидравлических характеристик газопроводных сетей на газораспределительных пунктах / Е. О. Михайлова, Д. Н. Китаев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 16-29.

For citation: Mikhailova, E. O. Forecasting hydraulic characteristics of gas-conductive networks on gas distribution points / E. O. Mikhailova, D. N. Kitaev // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 16-29.

УДК 621.039:697.34

ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

С. В. Чуйкин, С. Г. Тульская, Е. В. Плаксина

*Воронежский государственный технический университет**С. В. Чуйкин, канд. техн. наук доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: ser.chu@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: tcdrnkfyf2014@yandex.ru**Е. В. Плаксина, аспирант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: plaksina@vgasu.vrn.ru*

Постановка задачи. Атомные энергетические станции являются наиболее сложными и ответственными сооружениями из всех ныне существующих объектов выработки энергии. Обязательным элементом на любой атомной станции являются теплообменные аппараты, в связи с этим, вызывает большой интерес изучение их расчета при проведении проектных работ. Согласно существующим методикам теплообменные аппараты подбираются на основании теплового и гидравлического расчетов, а поскольку между этими расчетами существует физическая и экономическая связь, при проектировании теплообменных аппаратов всегда имеет место задача поиска наиболее целесообразных параметров теплообмена и гидравлического сопротивления.

Результаты и выводы. В статье рассмотрены алгоритмы теплового и гидравлического расчетов теплообменных аппаратов применяемых в атомной энергетике на основании решения критериальных уравнений, приводится зависимость определяющая величину мощности на валу насоса или вентилятора.

Ключевые слова: атомная энергетика, теплообменные аппараты, атомные станции теплоснабжения, вспомогательное оборудование атомных станций.

Введение. Увеличение выработки энергии на атомных станциях, рост числа вводимых в эксплуатацию реакторов и расширение применимости вырабатываемой энергии (тепла и электричества) доказывает повышенный интерес к ядерной энергетике [1]. Как отмечается в работах [2, 3, 4], при развитии атомной энергетике рассматривалось большое количество принципиальных тепловых схем ядерных установок (одноконтурные, двухконтурные и т.д), и в каждой из этих схем, помимо основного элемента – ядерного реактора, значительное внимание уделяется проектированию теплообменных аппаратов. В данной статье будет рассмотрен алгоритм теплового и гидравлического расчета теплообменных аппаратов применяемых в атомной энергетике, а также их коррозионный износ и способы борьбы с ним.

1. Общие характеристики и классификация теплообменных аппаратов. По способу передачи теплоты теплообменные аппараты или теплообменники различают на поверхностные и контактные. В поверхностных теплообменниках теплота передается от одного теплоносителя к другому через разделяющую их стенку. Поверхностные теплообменники различают по взаимному направлению движения теплоносителей: прямоточные, противоточные, с перекрестным током и др. В контактных теплообменниках теплообмен происходит при непосредственном соприкосновении теплоносителей. Поверхностные теплообменники, получившие наибольшее распространение, делятся на рекуперативные и регенеративные. В рекуперативных теплообменниках оба теплоносителя постоянно контактируют с разделяющей их стенкой. Подавляющее большинство теплообменников ядерных энергетических установок

(ЯЭУ) являются поверхностными рекуперативными. В регенеративных теплообменниках горячий и холодный теплоносители контактируют с твердой стенкой поочередно. Последняя аккумулирует теплоту при контакте с горячим теплоносителем и отдает ее при контакте с холодным теплоносителем. В ЯЭУ регенеративные теплообменники могут быть использованы в качестве аккумуляторов теплоты для покрытия пиковых нагрузок.

К теплообменникам ЯЭУ предъявляются следующие требования: реализация высоких удельных тепловых потоков при минимальных габаритах и весе; надежность (прежде всего герметичность соединений); возможность осмотра, контроля и ремонта; простота дезактивации; приемлемые гидравлические сопротивления.

Определяющим элементом теплообменника является его теплообменная поверхность, через которую теплота передается от одного теплоносителя к другому. В ядерной энергетике распространение получили теплообменники типа «труба в трубе» и кожухотрубные, некоторые типы которых показаны на рис. 1 и 2.

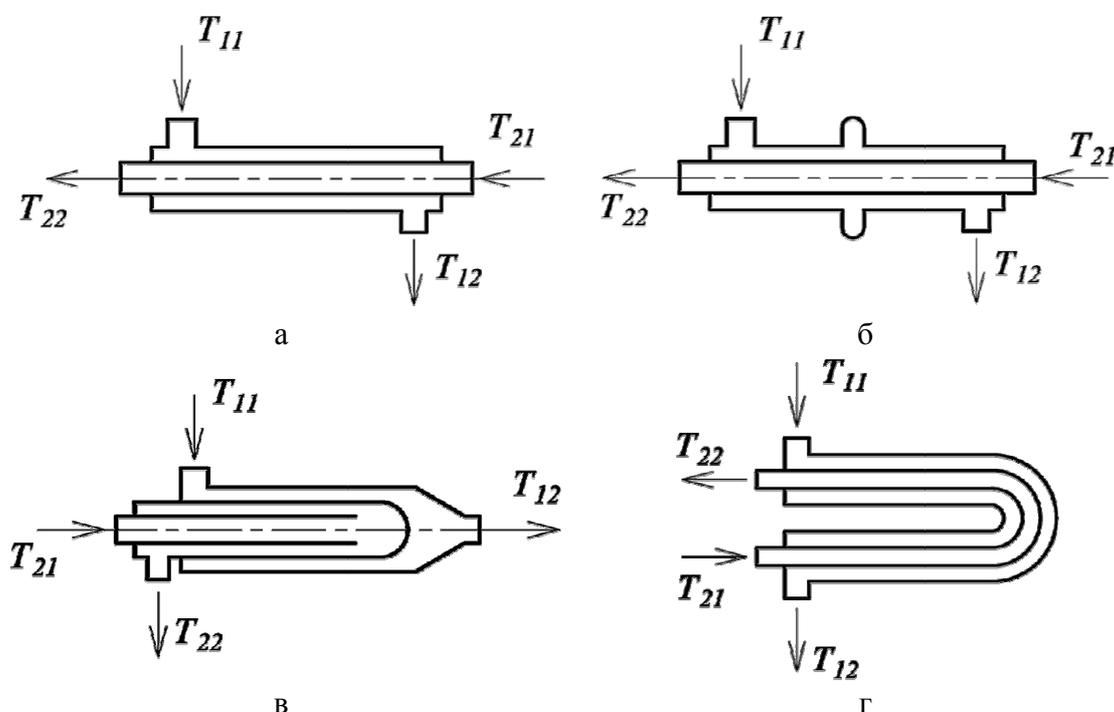


Рис. 1. Теплообменники «труба в трубе»: а) прямотрубный с жесткими трубами; б) прямотрубный с компенсацией удлинения гибким элементом; в) с трубкой Фильда; г) U-образный

В теплообменниках типа «труба в трубе» поверхность теплообмена образуется внутренней трубой, в кожухотрубных – пучком внутренних греющих труб. Показанный на рис. 2 кожухотрубный теплообменник включает в себя внутренние греющие трубы 2, трубные доски 4 для крепления труб, корпус теплообменника (кожух) 3, раздаточную и сборную камеры 1 и 5 горячего теплоносителя, подводящий и отводящий патрубки холодного теплоносителя; T – температура теплоносителя. Первый подстрочный индекс 1 или 2 означает соответственно горячий и холодный теплоноситель, второй индекс 1 - вход, 2 - выход теплоносителя.

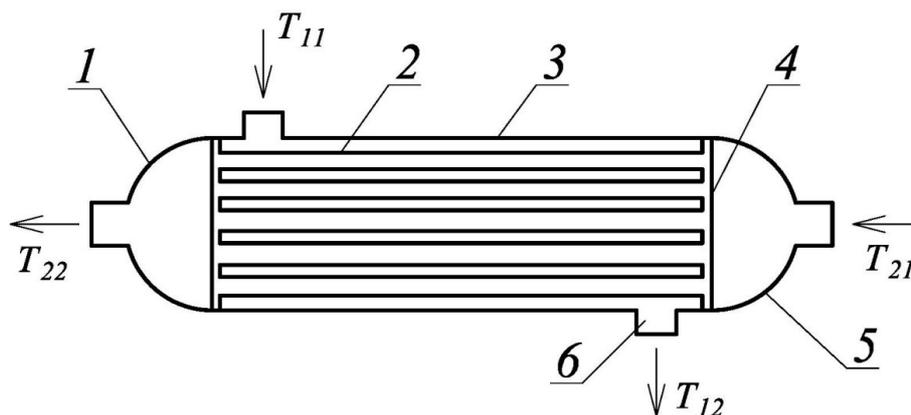


Рис. 2. Кожухотрубный теплообменник: 1 – сборная камера; 2 – внутренние трубы; 3 – корпус теплообменника; 4 – трубная доска; 5 – раздаточная камера; 6 – патрубок

Тепловые и гидравлические расчеты теплообменных аппаратов в зависимости от постановки задачи разделяют на проектные и проверочные. Проектные (конструктивные) расчеты выполняются при проектировании новых теплообменных аппаратов и имеют целью определение поверхности теплообмена и других геометрических и конструктивных параметров. В этом случае задаются обычно в качестве исходных данных следующие параметры: тепловая мощность (удельный тепловой поток); массовые расходы теплоносителей; удельные энтальпии (температуры) теплоносителей на входе и выходе теплообменного аппарата; давления теплоносителей и ограничения по гидравлическим сопротивлениям; рекомендации либо ограничения по габаритам и массе теплообменного аппарата. Проверочные расчеты выполняются для уже известной поверхности нагрева, когда необходимо определить тепловой поток (тепловую мощность) и конечные температуры теплоносителя.

2. Тепловой расчет теплообменных аппаратов. Данный расчет сводится к совместному решению уравнений теплового баланса и теплопередачи на номинальном установившемся режиме.

Уравнение теплового баланса связывает тепловую мощность и изменение энтальпии теплоносителей:

$$N_T = G_1(i_{11} - i_{12}) = G_2(i_{22} - i_{21}), \quad (1)$$

где N_T – тепловая мощность теплообменного аппарата, кВт; G_1, G_2 – массовые расходы горячего и холодного теплоносителей, кг/с; i_{11}, i_{12} – удельные энтальпии горячего теплоносителя на входе и выходе, кДж/кг; i_{21}, i_{22} – удельные энтальпии холодного теплоносителя на входе и выходе, кДж/кг.

Уравнение теплопередачи служит для определения поверхности теплообмена F и записывается в виде

$$N_T = \kappa \cdot F \cdot \Delta T, \quad (2)$$

где κ – коэффициент теплопередачи, кВт/(м²·град); F – площадь поверхности теплопередачи, м²; ΔT – средний температурный напор. Он зависит от температур и схемы движения теплоносителей.

При конструктивном расчете тепловая мощность задается, поэтому, как следует из приведенного уравнения, задача определения поверхности теплообмена сводится к вычислению коэффициента теплопередачи и среднего температурного напора.

Для прямоточных и противоточных схем теплообмена используется среднелогарифмический напор

$$\Delta T = \frac{\Delta T_{\delta} - \Delta T_{\text{м}}}{\ln \Delta T_{\delta} / \Delta T_{\text{м}}}, \quad (3)$$

где ΔT_{δ} – наибольшая разность температур горячего и холодного теплоносителей; $\Delta T_{\text{м}}$ – наименьшая разность температур горячего и холодного теплоносителей.

При небольшой разнице ΔT_{δ} и $\Delta T_{\text{м}}$, то есть если выполняется условие $\Delta T_{\delta} / \Delta T_{\text{м}} \leq 2$, средний температурный напор можно определять как среднеарифметический по формуле

$$\Delta T = \frac{1}{2} (\Delta T_{\delta} + \Delta T_{\text{м}}). \quad (4)$$

Коэффициент теплопередачи для поверхностей нагрева, образованных трубами, вычисляется по формуле

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}, \quad (5)$$

где d_1, d_2 – внутренний и наружный диаметр труб, м; α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи с внутренней и наружной стороны труб, кВт/(м·град); λ – коэффициент теплопроводности стенки, кВт/(м·град).

На практике часто встречаются трубы, толщина стенок которых мала по сравнению с диаметром. В этом случае при расчетах можно пользоваться упрощенной формулой, а именно формулой коэффициента теплопередачи для плоской стенки

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6)$$

где δ – толщина стенки (трубы), м. При отношении диаметров трубы $d_1/d_2 < 2$ погрешность расчета не превышает 4 %. Для большинства технических расчетов ошибка, не превышающая 4 %, вполне допустима. Обычно в инженерных расчетах, если $d_1/d_2 < 1,8$, пользуются формулой, определяющей коэффициент теплопередачи для плоской стенки.

Для определения коэффициентов теплоотдачи используются известные критериальные уравнения. Например, при течении в трубах и продольном омывании пучка труб для расчета среднего коэффициента теплоотдачи при турбулентном режиме используется уравнение

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} Ee, \quad (7)$$

где Nu, Re, Pr – числа Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля соответственно при средней температуре потока; Pr и Pr_{cm} – числа Прандтля при средней температуре потока и температуре стенки соответственно; Ee – коэффициент, учитывающий изменение коэффициента теплоот-

дачи по длине трубы (при $l/d > 50$ $E_e = 1$, при $l/d < 50$ $E_e < 1$ значение берется из справочников).

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}, Re = \frac{wd}{\nu}, Pr = \frac{\nu}{a},$$

где λ – коэффициент теплопроводности теплоносителя, кВт/(м·град); ν – его кинематическая вязкость, м²/с; w – скорость теплоносителя, м/с; α – коэффициент теплопроводности, м²/с; a – коэффициент температуропроводности, м²/с.

При течении теплоносителя в трубах в качестве определяющего (гидравлического) диаметра берут внутренний диаметр трубы, а для течения в межтрубном пространстве – эквивалентный диаметр:

$$d_{\text{экв}} = 4f / \Pi, \quad (8)$$

где f – суммарная площадь проходного сечения, м²; Π – длина полного смоченного периметра, м.

При поперечном обтекании пучков труб используется уравнение

$$Nu = cRe^n Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} E_i E_s, \quad (9)$$

где для шахматных пучков $c = 0,41$ и $n = 0,6$ и для коридорных $c = 0,26$, $n = 0,65$. За определяющий размер принимается внешний диаметр трубок пучка. Скорость теплоносителя подсчитывается по самому узкому поперечному сечению пучка. Определяющей температурой является средняя температура теплоносителя (исключение составляет Pr_{cm} , выбираемый по температуре стенки). Коэффициент E_i учитывает изменение теплоотдачи в начальных рядах труб, E_s – влияние шага и типа решетки.

2. Гидравлический расчет теплообменного аппарата. Задачей гидравлического расчета теплообменного аппарата является определение гидравлических сопротивлений и затрат мощности на прокачку теплоносителя. Между теплопередачей и гидравлическим сопротивлением существует физическая и экономическая связь. Чем выше скорости теплоносителей, тем выше коэффициент теплопередачи и тем компактней теплообменник и, следовательно, меньше затраты на его изготовление. Но при увеличении скоростей растут гидравлические сопротивления и затраты энергии при его эксплуатации. Поэтому при проектировании теплообменных аппаратов всегда имеет место задача поиска наиболее выгодных параметров теплообмена и гидравлического сопротивления.

Поскольку теплообмен и гидравлическое сопротивление связаны со скоростью движения теплоносителей, последняя должна выбираться в некоторых оптимальных пределах, определяемых, с одной стороны, стоимостью теплообменных поверхностей аппарата, а с другой – стоимостью затрачиваемой на прокачку энергии при эксплуатации теплообменного аппарата.

Потери давления при движении теплоносителя в аппарате определяются формулой

$$\Delta P = \sum \Delta P_{mp} + \sum \Delta P_{mc} + \sum \Delta P_{уск} + \sum \Delta P_c, \quad (10)$$

где $\sum \Delta P_{mp}$ – сумма сопротивления трения на всех участках поверхности теплообмена (каналов, пучков труб, стенок и др.); $\sum \Delta P_{mc}$ – сумма потерь давления в местных сопротивлениях;

$\Sigma \Delta P_{\text{уск}}$ – сумма потерь давления, обусловленных ускорением потока; $\Sigma \Delta P_c$ – суммарная затрата давления на преодоление самотяги.

Так как механизм составляющих сопротивлений различен, то расчет их ведется отдельно.

Потери на трение для однофазного потока в трубах:

$$\Delta P_{mp} = \zeta \frac{L}{d} \rho \frac{w^2}{2} C_t, \quad (11)$$

где $\zeta = f(Re, \Delta)$ – коэффициент трения. При ламинарном течении $Re \leq 2000 \div 2300$; L – длина трубы, м; d – диаметр трубы, м; ρ – плотность теплоносителя, кг/м³; $C_t = (Pr_{cm})^{1/3}$ – температурный фактор, учитывающий влияние нагрева теплоносителя, w – скорость теплоносителя, м/с.

$$\Delta P_{mp} = \zeta \frac{L}{d} \rho \frac{w^2}{2} C_t, \quad (12)$$

При турбулентном течении в гидравлически гладких трубах

$$\left(\Delta = \frac{\delta_{uu}}{d} \langle \Delta_{пред} \approx \frac{15}{Re} \right)$$

$$\zeta = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}. \quad (13)$$

где Δ – относительная шероховатость; δ_{uu} – абсолютная шероховатость (высота неровностей).

В шероховатых трубах ($\Delta > \Delta_{пред}$)

$$\zeta = 0,11 \left(\frac{\delta_{uu}}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \text{ при } Re \langle Re_{пред} = 120 \frac{d}{\delta_{uu}};$$

$$\zeta = \frac{1}{4 \left(lq 3,7 \frac{d}{\delta_{uu}} \right)^2} \text{ при } Re \langle Re_{пред}, \quad (14)$$

Для углеродистых и легированных (перлитных) сталей $\delta_{uu} = 0,1$ мм и для аустенитных сталей $\delta_{uu} = 0,05$ мм.

Местные сопротивления обусловлены наличием в теплообменных аппаратах устройств, изменяющих направление движения или форму потока теплоносителя (повороты, сужения, расширения и пр.).

Местные сопротивления определяются по формуле

$$\Delta P_{mc} = \psi \frac{\rho w^2}{2}, \quad (15)$$

где ψ – коэффициент местного сопротивления, имеющий следующие значения: на входе в трубы из коллектора 0,5; на выходе из труб в коллектор 1,0; на входе в межтрубное пространство или на выходе из него 1,5; на повороте в V-образных каналах 0,5; на повороте в

трубе на угол менее 20° равен нулю; $20^\circ\div 60^\circ - 0,1$; $60^\circ\div 140^\circ - 0,2$; более $140^\circ - 0,3$; при повороте на 180° через перегородку в межтрубном пространстве 1.

Для потока теплоносителя в пучках труб эквивалентный (гидравлический) диаметр определяется по формуле

$$d_g = \frac{(d_{вк}^2 - nd_n^2)}{(d_{вк} + nd_n)}, \quad (16)$$

где n – число труб в пучке; $d_{вк}$ – внутренний диаметр корпуса, м; d_n – наружный диаметр труб, м.

Гидравлическое сопротивление пучков труб при поперечном обтекании определяется главным образом местными сопротивлениями, так как сопротивление трения составляет ничтожно малую величину по сравнению с местными сопротивлениями. Поэтому полное сопротивление пучков труб определяют по формуле для местных сопротивлений, а коэффициент сопротивления ψ_n определяют по формулам:

шахматные пучки

$$\psi_n = (4 + 6,6Z_2)Re^{-0,28} \text{ при } \frac{s_1}{d_n} < \frac{s_2}{d_n};$$

$$\psi_n = (5,4 + 3,4Z_2)Re^{-0,28} \text{ при } \frac{s_1}{d_n} > \frac{s_2}{d_n};$$

коридорные пучки

$$\psi_n = (6 + 9Z_2)Re^{-0,26} \left(\frac{s_1}{d_n} \right)^{-0,23},$$

где s_1 – шаг в поперечном направлении, м; s_2 – шаг в направлении потока, м; Z_2 – число рядов в направлении потока.

Потери давления, обусловленные ускорением потока вследствие изменения объема теплоносителя при постоянном сечении канала, могут быть определены по формуле

$$\Delta P_{VCK} = \rho_2 w_2^2 - \rho_1 w_1^2, \quad (17)$$

где w_1 , ρ_1 и w_2 , ρ_2 – скорость, м/с, и плотность, кг/м³, соответственно во входном и выходном сечениях потока. Для капельных жидкостей ΔP_{VCK} мало по сравнению с общим сопротивлением потока и этим сопротивлением можно пренебречь.

Если теплообменный аппарат сообщается с окружающей средой, необходимо учитывать сопротивление самотяги

$$\Delta P_c = \pm g(\rho - \rho_0)h, \quad (18)$$

где h – расстояние по вертикали между входом и выходом теплоносителя, м; ρ и ρ_0 – средние плотности теплоносителя и окружающего воздуха, кг/м³. Знак плюс берется при движении теплоносителя сверху-вниз, знак минус – при движении снизу-вверх.

Полные потери давления при перемещении теплоносителя в теплообменном аппарате определяют величину мощности на валу насоса или вентилятора:

$$N = \frac{V\Delta P}{\eta} = \frac{M\Delta P}{\rho\eta}, \quad (19)$$

где V – объемный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$; M – массовый расход жидкости, $\text{кг}/\text{с}$; ΔP – полное сопротивление, $\text{кг}/\text{м}^3$ (кПа); ρ – плотность жидкости (газа), $\text{кг}/\text{м}^3$, η – КПД насоса или вентилятора.

3. Коррозия теплообменных аппаратов. Коррозией металла называется постепенное разрушение его под действием химических или электрохимических процессов между металлом и контактирующей с ним средой. Различают три основных вида коррозии – общую, межкристаллитную и коррозию под напряжением (коррозионное растрескивание). В основе общей коррозии, которой подвержены как углеродистые, так и аустенитные стали, лежат электрохимические процессы. Скорость общей коррозии зависит от структуры и состояния, поверхности металла, агрессивности среды, температуры и скорости среды, величины деформации и напряжений в металле, радиационного облучения. Чем однороднее металл, тем меньше скорость коррозии, тем меньше возникает коррозионных пар, анодных и катодных участков. Скорость коррозии растет с увеличением шероховатости поверхности: защитная окисная пленка быстрее разрушается на выступах и впадинах. В этом случае существенный противокоррозионный эффект даст электрополировка поверхности. Наличие в металле напряжений как сжимающих, так и растягивающих увеличивает скорость общей коррозии.

Коррозионная агрессивность среды определяется наличием в ней примесей. Для воды такими примесями являются кислород, водородные ионы, углекислый газ, различные соли. Общая коррозия интенсифицируется с увеличением температуры и скорости теплоносителя.

Радиационное облучение приводит к увеличению физико-химической неоднородности металла в результате разрыва химических связей и деформации кристаллической решетки, к изменению защитных свойств окисной пленки. Наибольшая скорость коррозии наблюдается в начальный период работы реактора, затем она уменьшается и через 20-30 суток становится постоянной. Для уменьшения скорости коррозии в начальный период первый контур заполняют обескислороженной водой.

Межкристаллитная коррозия имеет место только в аустенитных сталях. Она происходит по границам зерен поверхности металла, контактирующего с агрессивной средой, имеет электрохимический характер: граница зерен – анод, остальная поверхность – катод. В результате обеднения хромом прилегающего к границам зерен твердого раствора возникают межкристаллитные трещины.

Межкристаллитная коррозия зависит от химического состава стали, режима термообработки, коррозионной агрессивности среды. Увеличение содержания углерода способствует образованию карбидов хрома, склонность к межкристаллитной коррозии увеличивается. Неблагоприятным является отпуск стали при температурах 875–925 К. Росту межкристаллитной коррозии способствует увеличение в среде концентрации кислорода, хлорид-ионов и ионов водорода. Меры предотвращения межкристаллитной коррозии: уменьшение содержания углерода; продолжительный отпуск стали при температуре 1025-1175 К; уменьшение коррозионной активности среды. Коррозионному растрескиванию подвержены аустенитные стали. В настоящее время обоснована эффективность следующих мероприятий по борьбе с коррозионным растрескиванием: повышение стабильности аустенита, что, прежде всего, достигается увеличением содержания никеля в стали; максимальное удаление из среды кислорода и хлорид-ионов; совершенствование конструкции и технологии с целью исключения деформаций и концентраторов напряжений.

Выводы. В статье рассмотрены алгоритмы теплового и гидравлического расчетов теплообменных аппаратов применяемых в атомной энергетике. Поскольку величина коэффициента теплопередачи при увеличении скорости теплоносителя возрастает, но в тоже время возрастают и потери давления на его прокачку, алгоритм гидравлического расчета составля-

ется с учетом решения задачи поиска наиболее оптимальных показателей теплообмена и гидравлического сопротивления [9-13].

Библиографический список

1. **Чуйкин, С. В.** Атомные станции энергоснабжения / С. В. Чуйкин, С. Г. Тульская, Е. В. Плаксина, Д. А. Снисарь // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2016. - № 2(3). - С.13-25.
2. **Мелькумов, В. Н.** Централизованное теплоснабжение от атомных станций / В. Н. Мелькумов, С. В. Чуйкин, А. И. Колосов // Научный журнал строительства и архитектуры. - 2016. - № 2. - С. 40-47.
3. **Мелькумов, В. Н.** Конструкции реакторов атомных станций / В. Н. Мелькумов, С. В. Чуйкин, К. А. Скляр, С. Г. Тульская // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2016. - № 3(4). - С.14-23.
4. **Плаксина, Е. В.** Теплофизика реакторов / Е. В. Плаксина, Е. О. Благовестная // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2016. - №4(5). - С.31-35.
5. **Ignatov, V. I.** Heat- and neutron-physical characteristics of power-generating units of nuclear power plants with VVER-1000 during operation above nominal power: (for the example of the no. 2 unit of the Balakovo nuclear power plant) / V.I. Ignatov, A.V. Shutikov, Y.A. Ryzhkov, Y.V. Kopev, S.B. Ryzhov, V.Ya. Berkovich, Yu.M. Semchenkov, R.Z. Aminov, V.A. Khrustalev // Atomic Energy. - 2009. - №1(107). - С.9-17.
6. **McDonald, C. F.** Mobile hybrid (nuclear/oil fired) gas turbine cogeneration power plant concept / C. F. McDonald // Applied Thermal Engineering. - 1998. - №6(18). - С.353-368.
7. **Мирам, О.** Теплоснабжение от атомных источников / О. Мирам // Сантехника, отопление, кондиционирование. - 2010. - №7(103). - С.48-49.
8. **Mel'kumov, V. N.** District Heating from Nuclear Power Stations / V. N. Mel'kumov, S. V. Chuikin, A. I. Kolosov // Russian journal of building construction and architecture. - 2017. - №2(34). - С. 17-25.
9. **Кожухов, Р. О.** Комбинированная выработка энергии на котельных установках / Р. О. Кожухов, Ю. А. Ярцева, Ю. С. Старокожев, В. А. Склизкоухих // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2015. - № 1(1). - С.35-41.
10. **Гладышева, Т. Ю.** Децентрализация как способ реконструкции инженерных систем зданий и сооружений / Гладышева Т.Ю., Петрикеева Н.А., Заид Т.М. // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2017. - № 1 (6). - С. 14-18.
11. **Китаев, Д. Н.** Перспективные схемы использования когенерационных установок в системах теплоснабжения / Д. Н. Китаев, А. В. Золотарев, Н. С. Шестых // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2012. - № 2. - С. 26-29.
12. **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.
13. **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.

References

1. **Chujkin, S. V.** Atomnye stancii jenergosnabzhenija / S. V. Chujkin, S. G. Tul'skaja, E. V. Plaksina, D. A. Snisar' // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2016. - № 2(3). - S.13-25.
2. **Mel'kumov, V. N.** Centralizovannoe teplosnabzhenie ot atomnyh stancij / V. N. Mel'kumov, S. V. Chujkin, A. I. Kolosov // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. - 2016. - № 2. - S. 40-47.
3. **Mel'kumov, V. N.** Konstrukcii reaktorov atomnyh stancij / V. N. Mel'kumov, S. V. Chujkin, K. A. S. G. Skljarov, Tul'skaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2016. - № 3(4). - S.14-23.
4. **Plaksina, E. V.** Teplofizika reaktorov / E.V. Plaksina, E.O. Blagovestnaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2016. - №4(5). - S.31-35.
5. **Ignatov, V. I.** Heat- and neutron-physical characteristics of power-generating units of nuclear power plants with VVER-1000 during operation above nominal power: (for the example of the no. 2 unit of the Balakovo nuclear power plant) / V.I. Ignatov, A.V. Shutikov, Y.A. Ryzhkov, Y.V. Kopev, S.B. Ryzhov, V.Ya. Berkovich, Yu.M. Semchenkov, R.Z. Aminov, V.A. Khrustalev // Atomic Energy. - 2009. - №1(107). - S.9-17.
6. **McDonald, C. F.** Mobile hybrid (nuclear/oil fired) gas turbine cogeneration power plant concept / C. F. McDonald // Applied Thermal Engineering. - 1998. - №6(18). - S.353-368.

7. **Miram, O.** Teplosnabzhenie ot atomnyh istochnikov / O. Miram // Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie. – 2010. – №7(103). – S.48-49.
8. **Mel'kumov, V. N.** District Heating from Nuclear Power Stations / V. N. Mel'kumov, S. V. Chuikin, A. I. Kolosov // Russian journal of building construction and architecture. – 2017. – №2(34). – S. 17-25.
9. **Kozhuhov, R. O.** Kombinirovannaja vyrabotka jenerгии na kotel'nyh ustanovkah / R. O. Kozhuhov, Ju. A. Jarceva, Ju. S. Starokozhev, V. A. Sklizkouhiih // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2015. - № 1(1). – S.35-41.
10. **Gladysheva, T. Ju.** Decentralizacija kak sposob rekonstrukcii inzhenernyh sistem zdaniy i sooru-zhenij / Gladysheva T.Ju., Petrikeeva N.A., Zaid T.M. // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii.– 2017.– № 1 (6). – S. 14-18.
11. **Kitaev, D. N.** Perspektivnye shemy ispol'zovanija kogeneracionnyh ustanovok v sistemah teplo-snabzhenija / D. N. Kitaev, A. V. Zolotarev, N. S. Shestyh // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2012. – № 2. – S. 26-29.
12. **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.
13. **Panov, M. Ja.** Razrabotka matematicheskoj modeli operativnogo upravlenija sistemami gazosnabzhenija s ispol'zovaniem sovremennyh ul'trazvukovyh metodov zamera gaza / M. Ja. Panov, S. A. Brezhnev, A. V. Gribanov, E. Je. Grishkevich, E. P. Demidkin // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2010. – № 2. – S. 133-136.

HEAT EXCHANGERS OF NUCLEAR STATIONS OF A HEAT SUPPLY

S. V. Chuikin, S. G. Tulskaaya, E. V. Plaksina

Voronezh State Technical University

*S. V. Chuikin, 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: ser.chu@mail.ru*

*S. G. Tulskaaya, 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: tcdtnkyf2014@yandex.ru*

*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. Nuclear power stations are the most complex and important structures from all existing objects of power generation. The essential elements for any nuclear plants are heat exchangers, in this regard, of great interest to the study of their account when carrying out design work. According to existing methods of heat exchangers are selected on the basis of thermal and hydraulic calculations, and since these calculations there are physical and economic links, the design of heat exchangers always has the task of finding the most appropriate parameters of heat transfer and hydraulic resistance.

Results and conclusions. In the article the algorithms of thermal and hydraulic calculations of heat exchangers used in nuclear power industry based on the decision criteria equations shows the correlation determines the magnitude of the shaft power of the pump or fan.

Keywords: nuclear energy, heat exchangers, nuclear stations of heat supply, auxiliary equipment of nuclear power plants.

Для цитирования: **Чуйкин, С. В.** Теплообменные аппараты атомных станций теплоснабжения / С. В. Чуйкин, С. Г. Тульская, Е. В. Плаксина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 30-39.

For citation: **Chuikin, S. V.** Heat exchangers of nuclear stations of a heat supply / S. V. Chuikin, S. G. Tulskaaya, E. V. Plaksina // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 30-39.

УДК 697.1

РАСЧЕТ ФАКТИЧЕСКОГО ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМПОЩАДКИ

Д. Н. Китаев, Т. В. Щукина

*Воронежский государственный технический университет**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**Т. В. Щукина, канд. техн. наук доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru*

Постановка задачи. При проведении энергоаудита зданий, производственных объектов при отсутствии приборов учета потребленной тепловой энергии, возникает необходимость использования расчетного метода. Наиболее сложно использовать расчетные методы в условиях, когда в одном здании находится несколько организаций. Поиск наиболее адекватного метода расчета потребленной тепловой энергии для конкретных условий, является актуальной задачей.

Результаты. Проведены расчеты потребленной тепловой энергии промышленного объекта, занимающего часть здания, различными методами.

Выводы. Установлено, что все рассмотренные методы фактического определения потребления тепла системой отопления дают похожие результаты и с допустимой погрешностью могут быть использованы при проведении энергоаудита.

Ключевые слова: энергоаудит, система отопления, отопительные приборы.

Введение. В рамках проведения энергоаудита зданий различного назначения часто приходится решать задачу определения фактического потребления тепловой энергии на нужды отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологии [1, 6]. Особенно актуальна эта задача, когда в одном здании располагается несколько организаций или производств и отсутствуют приборы учета у всех потребителей.

При отсутствии приборов учета тепловой энергии у потребителя и проектных данных, количество теплоты, потребленное системами отопления, можно определить несколькими способами: по укрупненным показателям (измерителям); по тепловому балансу помещений; по тепловой мощности отопительных приборов [2, 11]. В статье представлены результаты расчетов потребления тепловой энергии на нужды отопления за отопительный период различными методами для производственных помещений ОАО «Воронежский завод прецизионных изделий». В результате энергоаудита было выявлено, что помещения завода являются встроенными в нежилое здание промышленного назначения. При обследовании помещений было установлено, что ряд помещений не контактирует стенами с окружающей средой, а в значительной части цеха отсутствует система отопления. Эти факты позволяют сделать вывод о некорректности использования укрупненных измерителей (в частности наружного объема здания) в расчете потребленного количества теплоты.

Ввиду вышесказанного, были проведены расчеты тепловой мощности системы отопления встроенных помещений по тепловой мощности отопительных приборов и по тепловому балансу помещений.

1. Расчет теплового потока по установленной мощности отопительных приборов.

Расчет фактически полученной тепловой энергии в виде горячей воды в отдельных помещениях здания целесообразно произвести по установленной мощности отопительных

приборов. Такой расчет рекомендован МДС 41-4.2000 «Методика определения количества тепловой энергии и теплоносителя в водяных системах коммунального теплоснабжения».

Тепловую нагрузку помещений определим по площади поверхности теплообмена установленных нагревательных приборов, используя общее уравнение, описывающее их теплоотдачу:

$$Q = kF\Delta t, \quad (1)$$

где k – коэффициент теплопередачи нагревательного прибора, Вт/(м²·°С); F – площадь поверхности теплообмена нагревательного прибора, м²; Δt – температурный напор нагревательного прибора, °С, определяемый как разность средней температуры нагревательного прибора конвективно-излучающего действия и температуры воздуха в отапливаемом здании по формуле

$$\Delta t = \frac{t_1 + t_2}{2} - t_E, \quad (2)$$

где t_1 и t_2 – температура теплоносителя на входе и выходе нагревательного прибора, соответствующая расчетным условиям для проектирования отопления, °С; t_E – расчетная температура воздуха в отапливаемом помещении, °С.

В результате обследования системы отопления помещений завода, было выявлено следующее. Помещения расположены на двух этажах.

а)



б)



в)



г)



Рис.1. Внешний вид отопительных приборов: а) регистр, установленный в туалете, б) радиаторы участка сборки, в), г) радиаторы офисных помещений

На первом расположен цех, участок термической обработки (отопительные приборы отсутствуют), участок сборки с проездом (установлены отопительные приборы типа М-140АО в количестве 76 штук) рис. 1а, лаборатория (отопительные регистры из гладких металлических труб диаметром 76мм, длиной 3,6м), туалет (отопительные регистры из гладких металлических труб диаметром 89 мм, длиной 1,4м) рис 1б, помещение (отопительный прибор типа МС-140 в количестве 10 шт). На втором этаже расположены офисные помещения в которых установлены отопительные приборы типа МС-140 в количестве 90 шт. рис. 1в, г.

Площади поверхности нагревательных приборов F , m^2 определены умножением количества секций N , шт. на площадь одной секции f , m^2 , принятой в зависимости от типа прибора согласно справочнику внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1 Отопление. Коэффициенты теплопередачи k отопительных приборов [3, 7, 8] определены в зависимости от типа прибора и температурного напора согласно «Методических указаний по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий». Температуры теплоносителя на входе t_1 и выходе t_2 нагревательного прибора, взяты по температурному графику сетевой воды [4] филиала ОАО «ТГК-4» - «Воронежская региональная генерация» на в зависимости от среднемесячных наружных температур определенных согласно СНиП 23.01.99* «Строительная климатология».

Ввиду отсутствия данных о действительных температурах в помещениях, она принималась в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88* Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Температура воздуха для офисных помещений принята 20 °С, а минимально допустимая температура для цехов составляет 15 °С (при категории работ средней тяжести II-б). Расчет проводился по каждому месяцу отопительного периода с учетом количества дней работы системы. Суммарное значение составило 60,603 Гкал.

Полученное количество теплоты несколько завышено по следующим причинам. В данной методике не учтены снижающие теплопередачу отопительных приборов факторы, такие как срок службы (более 40 лет), их окраска и поверхностное загрязнение. Температура t_1 на входе в отопительный прибор принята без учета потерь теплоты при транспортировке (падение температуры может составлять несколько градусов).

Расчет тепловой мощности отопительных приборов проводился также по площади эквивалентной поверхности, а также по номинальному условному тепловому потоку с учетом комплексного коэффициента приведения к расчетным условиям. Погрешность результатов, полученных по другим методикам, по сравнению с представленной не превышает 3,5 % [5].

Для объективности следует отметить, что температура внутреннего воздуха (ввиду отсутствия данных и невозможности ее установления) принята в расчете не фактическая, а проектная по нормативам.

Из анализа толщины стен здания, типа перекрытия, площади остекления здания, можно предположить, что фактические температуры в помещениях при отрицательных наружных температурах были ниже проектных. Был произведен пересчет количества теплоты на внутреннюю температуру в цехе 5 °С, а в офисных помещениях на 18 °С. В таких условиях расчетное значение составило 70,18 Гкал (вместо 60,603 Гкал при проектных температурах).

Следует отметить необходимость учета теплоты, отданной магистралями, стояками систем отопления и подводками к радиаторам, проложенным в отапливаемых помещениях. Для определения теплоты отданной магистралями и стояками системы отопления использовалась методика согласно которой тепловой поток от неизолированных труб стояка и подводок Q_{mp} , Вт проложенных в помещении определяется выражением

$$Q_{mp} = q_e l_e + q_z l_z, \quad (3)$$

где q_v, q_z – теплоотдача одного метра вертикальных и горизонтальных труб соответственно, Вт/м; l_v, l_z – длина вертикальных и горизонтальных труб, м.

Расчет был проведен на среднеотопительные условия функционирования системы отопления путем расчета средневзвешенных температур в подающем и обратном трубопроводах системы отопления.

Особенностью системы отопления является использование пластиковых труб в офисных помещениях (в цехах использованы металлические трубы) и наличие горизонтального стояка диаметром 125 мм. Было определено что магистралями, стояками систем отопления и подводками к радиаторам было отдано 38,56 Гкал тела.

Суммарное (максимальное) потребление за отопительный период тепловой энергии при минимальных температурах в помещениях составляет 108,676 Гкал. При проектных внутренних температурах (офисные помещения 20 °С, цеха 15 °С) 93,96 Гкал.

2. Расчет по методу тепловых балансов. Расчет тепловой мощности системы отопления, выполнялся по формуле

$$Q_{OT} = Q_{OГР} + Q_{И} \quad (4)$$

Основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции $Q_{OГР}$, Вт, определялись путем суммирования потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции $Q_{Пот}$, которые вычислялись по формуле

$$Q_{Пот} = AK(t_E - t_H)n(1 + \sum \beta), \quad (5)$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, м²; K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · °С), рассчитанный в соответствии с конструктивным исполнением наружных ограждений или, в отсутствии точных сведений, по нормативным показателям с учетом выполнения санитарно-гигиенических требований к параметрам микроклимата; t_H – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки; n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения ограждения по отношению к наружному воздуху: для наружных стен и бесчердачных перекрытий $n=1$; β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Расход теплоты $Q_{И}$ на нагревание инфильтрующегося воздуха определялся по формуле

$$Q_{И} = 0,28G_{ИИ}C(t_E - t_H)k, \quad (6)$$

где $G_{ИИ}$ – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч; C – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°С) [10]; k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока: для окон с двойными отдельными переплетами $k=0,8$ и со спаренными переплетами $k=1$.

Расчет годовой потребности теплоты, в ГДж/год, выполнялся по выражению

$$Q_{он} = 24Q_{OT}n_{он} \frac{t_E - t_{он}}{t_E - t_H}, \quad (7)$$

где $n_{он}$ – продолжительность отопительного периода, сут.

Итоговое значение при использовании данного метода составило 113,6 Гкал.

В таблице представлены итоговые значения расчета потребленной теплоты заводом за отопительный период.

Таблица

Значения потребленной теплоты за отопительный период

Метод	Гкал
Тепловых балансов	113,6
Установленной мощности отопительных приборов:	
- по проектным температурам	108,676
- по фактическим	93,96
- по эквивалентным площадям	100,07
- по номинальному условному тепловому потоку с учетом комплексного коэффициента приведения к расчетным условиям	95,32

Выводы. Из таблицы следует, что среднее значение по всем методам составляет 102,33 Гкал. Минимальное значение от среднего отличается на 8,2 %, а максимальное – на 6,2 %. Все представленные методы с допустимой погрешностью дают похожие результаты и могут быть использованы в подобных случаях при расчете фактически полученной теплоты системой отопления.

Библиографический список

1. **Семенов, В.Н.** Энергосбережение и повышение энергоэффективности для объектов социальной сферы / В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина, Д.Ю. Королев // Энергосбережение. – 2010. - №6. – С. 38 – 43.
2. Практическое применение энергосберегающих технологий: учебное пособие / Д.Н. Китаев, П. Новиковски, Э.В. Сазонов и др.; под общ. ред. В.Н. Семенова и Н.С. Попова. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2014. – 193 с.
3. **Китаев, Д. Н.** Современные отопительные приборы и система теплоснабжения / Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина // Энергосбережение. – 2012. - №6. - С. 59 – 63.
4. **Китаев, Д. Н.** Расчет температуры наружного воздуха в точке излома температурного графика / Д.Н. Китаев // Новости теплоснабжения. – 2012. - №10. – С. 46 – 48.
5. **Китаев, Д. Н.** Современные отопительные приборы и их показатели / Д.Н. Китаев // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2014. №1(145). – С. 48 – 49.
6. **Мелькумов, В. Н.** Энергосбережение в системах традиционного и альтернативного теплоснабжения / В. Н. Мелькумов, О. А. Сотникова, В. С. Турбин, Д. Н. Китаев, Р. В. Сорокин // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2004. - №2. - С. 62 – 66.
7. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник. / В. И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 432с.
8. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1 Отопление. Под ред. И.Г. Старовойрова. – М.: Стройиздат, 1990. – 344с.
9. **Китаев, Д. Н.** Развитие системы теплоснабжения городского округа город Воронеж в долгосрочной перспективе / Д.Н. Китаев // Инженерные системы и сооружения. – 2010. - №2. – С. 72 – 77.
10. **Курносков, А. Т.** Техническая термодинамика: Учеб. пособие / А.Т. Курносков, Д.Н. Китаев. – Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2007. – 96с.
11. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования: коллективная монография/ В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, П.Г. Грабовый и др.; под общ. ред. В.Н. Семенова// Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2010. – 135с.
12. **Петрикеева, Н. А.** Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках / Н. А. Петрикеева / Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – Т. 2. – № 4 (17). – С. 76–80.
13. **Кладов, Д. Б.** Влияние избытка воздуха и тепловой мощности топочного объема на эффективность работы котлов ВТГ / Д. Б. Кладов, Д. М. Чудинов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 5. – С. 122-125.

References

1. **Semenov, V. N.** Jenergosberezhenie i povyshenie jenergojefektivnosti dlja ob#ektov social'noj sfery / V.N. Semenov, D.N. Kitaev, T.V. Shhukina, D.Ju. Korolev // Jenergosberezhenie. – 2010. - №6. – S. 38 – 43.

2. Prakticheskoe primenenie jenergosberegajushhih tehnologij: uchebnoe posobie / D.N. Kitaev, P. Novakovski, Je.V. Sazonov i dr.; pod obshh. red. V.N. Semenova i N.S. Popova. – Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2014. – 193 s.
3. **Kitaev, D. N.** Sovremennye otopitel'nye pribory i sistema teplosnabzhenija /D.N. Kitaev, T.V. Shchukina // Jenergosberezhenie. – 2012. - №6. - S. 59 – 63.
4. **Kitaev, D. N.** Raschet temperatury naruzhnogo vozduha v tochke izloma temperaturnogo grafika /D.N. Kitaev // Novosti teplosnabzhenija. – 2012. - №10. – S. 46 – 48.
5. **Kitaev, D. N.** Sovremennye otopitel'nye pribory i ih pokazateli / D.N. Kitaev // Santehnika, oto-plenie, kondicionirovanie. – 2014. №1(145). - S. 48 – 49.
6. **Mel'kumov, V. N.** Jenergosberezhenie v sistemah tradicionnogo i al'ternativnogo teplosnabzhenija / V. N. Mel'kumov, O. A. Sotnikova, V. S. Turbin, D. N. Kitaev, R. V. Sorokin // AVOK: Ventiljacija, otoplenie, kondicionirovanie vozduha, teplosnabzhenie i stroitel'naja teplofizika. – 2004. - №2. - S. 62 – 66.
7. Naladka i jekspluatacija vodjanyh teplovyh setej. Spravochnik. / V. I. Manjuk, Ja.I. Kaplinskij, Je.B. Hizh i dr. – M.: Strojizdat, 1988. – 432s.
8. Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva. Ch.1 Otoplenie. Pod red. I.G. Staroverova. – M.: Strojizdat, 1990. – 344s.
9. **Kitaev, D. N.** Razvitie sistemy teplosnabzhenija gorodskogo okruga gorod Voronezh v dolgosrochnoj perspektive / D.N. Kitaev // Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2010. - №2. – S. 72 – 77.
10. **Kurnosov, A. T.** Tehnicheskaja termodinamika: Ucheb. posobie / A.T. Kurnosov, D.N. Kitaev. – Voro-nezh. gos. arh.-stroit. un-t. – Voronezh, 2007. – 96s.
11. Kompleksnoe razvitie sistem kommunal'noj infrastruktury municipal'nogo obrazovaniya: kollektivnaja monografija/ V.N. Semenov, D.N. Kitaev, P.G. Grabovij i dr.; pod obshh. red. V.N. Semenova// Voro-nezh.gos. arh.-stroit. un-t. – Voronezh, 2010. – 135s.
12. **Petrikeeveva, N. A.** Ispol'zovanie polnoj toploty sgoraniya topliva v kotel'nyh ustanovkah / N. A. Petrikeeveva / Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2014. – T. 2. – № 4 (17). – S. 76–80.
13. **Kladov, D. B.** Vlijanie izbytko vozduha i teplovoj moshhnosti topochnogo ob#ema na jeffektivnost' raboty kotlov VTG / D. B. Kladov, D. M. Chudinov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2011. – T. 7. – № 5. – S. 122-125.

CALCULATION OF ACTUAL USE OF THE INDUSTRIAL PLANT

D. N. Kitaev, T. V. Shchukina

Voronezh State Technical University

*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*

*T. V. Schukina, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Housing and Communal Services
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21,, e-mail: dim.kit@rambler.ru*

Statement of the problem. When conducting energy audit of buildings, production facilities in the absence of metering devices for consumed thermal energy, it becomes necessary to use the calculation method. It is most difficult to use settlement methods in conditions where there are several organizations in one building. The search for the most adequate method of calculating the heat energy for specific conditions is an urgent task.

Results. Calculations of the consumed thermal energy of the industrial facility occupying part of the building have been carried out by various methods.

Conclusions. It is established that all considered methods of actual determination of heat consumption by the heating system give similar results and with an admissible error can be used during energy audit.

Keywords: energy audit, heating system, heating appliances.

Для цитирования: Китаев, Д. Н. Расчет фактического теплопотребления промплощадки / Д. Н. Китаев, Т. В. Шукин // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 40-45.

For citation: Kitaev, D. N. Calculation of actual use of the industrial plant / D. N. Kitaev, T. V. Shchukina // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 40-45.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.7

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

А. И. Гришанович, Я. С. Татаринев

Воронежский государственный технический университет

А. И. Гришанович, аспирант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

Я. С. Татаринев, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

Постановка задачи. Проанализировать и выявить причины потери работоспособности и снижения долговечности металлических конструкций из-за возникновения коррозии. Рассмотреть виды и типы разрушения металлических конструкций.

Результаты и выводы. Актуальность проблемы антикоррозионной защиты металлов в промышленности основывается на рациональном изготовлении, монтаже, использовании и хранении металлических изделий. В ходе подробного анализа было выявлено то, что основным фактором, влияющим на развитие коррозии, служит атмосферная среда. Рассмотрены виды и типы разрушения металлических конструкций.

Ключевые слова: коррозия, металлические конструкции, алюминий, цинк, сплошная коррозия, коррозионное растрескивание, локальная коррозия.

Введение. В связи с широким применением металла большое значение приобрела проблема коррозии. В быту, как правило, люди не пытаются обеспечить защиту металла от коррозии. Актуальность проблемы антикоррозионной защиты металлов в промышленности основывается на рациональном изготовлении, монтаже, использовании и хранении металлических изделий.

При эксплуатации изделий из металлов и их сплавов доводится сталкиваться с явлением разрушения их под действием окружающей среды. Разрушение металлов и сплавов вследствие взаимодействия их с окружающей средой называется коррозией.

Коррозия металлов наносит большой экономический ущерб, вследствие коррозии выходят из строя оборудование, машины, механизмы, разрушаются металлические конструкции. Особенно сильно подвержен коррозии оборудования контактирующие с агрессивной средой, например растворами кислот, солей.

В результате коррозии ежегодно теряется от 1 до 1,5 % всего металла, накопленного и эксплуатируемого человечеством. В денежном выражении прямые потери от коррозии (на воспроизводство и замену вышедшего из строя оборудования) составили, по примерной оценке, в США за 1955 около 5,5 млрд. долларов, во Франции за 1959 около 250 млрд. франков. В СССР в конце 60-х гг. они были не ниже 5-6 млрд. рублей в год. Трудно учесть более высокие косвенные потери от простоев и снижения производительности оборудования, подвергнутого коррозии, от нарушения нормального хода технологических процессов, от аварий, обусловленных снижением прочности металлических конструкций и т. п. [1, 5].

1. Основные понятия и определения коррозии металлов. Коррозией металлов называется окислительно-восстановительный процесс разрушения металлов и сплавов в результате химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой, происходящей на поверхности раздела фаз. Более всего от коррозии страдают железо и его сплавы, а так же алюминий. Металлические конструкции подвержены в основном электрохимической коррозии, возникающей при соприкосновении металлов с электролитами.

Слово коррозия происходит от латинского «corrodo» – «грызу» (позднелатинское «corrosio» означает «разъедание»).

Коррозия вызывается химической реакцией металла с веществами окружающей среды, протекающей на границе металла и среды. Чаще всего это окисление металла, например, кислородом воздуха или кислотами, содержащимися в растворах, с которыми контактирует металл. Особенно подвержены этому металлы, расположенные в ряду напряжений (ряду активности) левее водорода, в том числе железо [1, 2].

В результате коррозии железо ржавеет. Этот процесс очень сложен и включает несколько стадий. Его можно описать суммарным уравнением:



Гидроксид железа(III) очень неустойчив, быстро теряет воду и превращается в оксид железа(III). Это соединение не защищает поверхность железа от дальнейшего окисления. В результате железный предмет может быть полностью разрушен.

Многие металлы, в том числе и довольно активные (например, алюминий) при коррозии покрываются плотной, хорошо скрепленной с металлами оксидной пленкой, которая не позволяет окислителям проникнуть в более глубокие слои и потому предохраняет металл от коррозии. При удалении этой пленки металл начинает взаимодействовать с влагой и кислородом воздуха [1, 2].



Рис.1. Железобетонные и металлические мостовые конструкции покрытия пораженные коррозией

Во время строительства метромоста и станции «Ленинские горы» в Москве в бетон добавляли большое количество хлорида натрия, чтобы не допустить замерзания еще не схватившегося бетона. Станция была сооружена в кратчайшие сроки (всего за 15 месяцев) и открыта 12 января 1959 г. Однако присутствие хлорида натрия в бетоне вызвало разрушение стальной арматуры. Коррозии оказались подвергнуты 60 % железобетонных конструкций, поэтому станция была закрыта на реконструкцию, продолжавшуюся почти 10 лет. Лишь 14 января 2002 состоялось повторное открытие метромоста и станции, получившей название «Воробьевы горы».

Коррозия может возникать и под влиянием радиационного излучения, а также продуктов жизнедеятельности бактерий и других организмов. С развитием бактерий на поверхности металлических конструкций связано явление биокоррозии. Обрастание подводной части судов мелкими морскими организмами также оказывает влияние на коррозионные процессы.

При одновременном воздействии на металл внешней среды и механических напряжений все коррозионные процессы активизируются, поскольку при этом понижается термическая устойчивость металла, нарушаются оксидные пленки на поверхности металла, усиливаются электрохимические процессы в местах появления трещин и неоднородностей.

Коррозия приводит к огромным безвозвратным потерям металлов, ежегодно полностью разрушается около 10 % производимого железа. По данным Института физической химии РАН, каждая шестая домна в России работает впустую – весь выплаваемый металл превращается в ржавчину. Разрушение металлических конструкций, сельскохозяйственных и транспортных машин, промышленной аппаратуры становится причиной простоев, аварий, ухудшения качества продукции. Учет возможной коррозии приводит к повышенным затратам металла при изготовлении аппаратов высокого давления, паровых котлов, металлических контейнеров для токсичных и радиоактивных веществ и т.д. Это увеличивает общие убытки от коррозии. Немалые средства приходится тратить на противокоррозионную защиту. Соотношение прямых убытков, косвенных убытков и расходов на защиту от коррозии оценивают как (3–4):1:1. В промышленно развитых странах ущерб от коррозии достигает 4 % национального дохода. В нашей стране он исчисляется миллиардами рублей в год.

Проблемы коррозии постоянно обостряются из-за непрерывного роста производства металлов и ужесточения условий их эксплуатации. Среда, в которой используются металлические конструкции, становится все более агрессивной, в том числе и за счет ее загрязнения. Металлические изделия, используемые в технике, работают в условиях все более высоких температур и давлений, мощных потоков газов и жидкостей. Поэтому вопросы защиты металлических материалов от коррозии становятся все более актуальными. Полностью предотвратить коррозию металлов невозможно, поэтому единственным путем борьбы с ней является поиск способов ее замедления.

2. Виды коррозии металла. При оценке технического состояния конструкций, пораженных коррозией, необходимо прежде всего определить вид коррозии.

По характеру поражения металла различают сплошную (общую) и локальную коррозию (рис. 2).

Сплошная коррозия в свою очередь может быть равномерной и неравномерной в зависимости от глубины поражения на различных участках поверхности. Если при коррозии разрушается одна структурная составляющая сплава (графитизация чугуна) или один из компонентов сплава, то коррозию называют структурно-избирательной (рис. 2).

Сплошная коррозия характерно для стали, алюминия, цинковых защитных покрытий в любых средах, в которых коррозионная стойкость данного материала или металла покрытия недостаточно. При коррозиях в нейтральных, слабощелочных и слабокислых средах элементы конструкций покрываются видимым слоем продуктов коррозии, после механического удаления которого до чистого металла поверхность конструкций оказывается шероховатой, но без видимых язв, точек коррозии и трещин. При коррозии в кислых (а для цинка и алюминия в щелочных) средах видимый слой продуктов коррозии может не образоваться. Общей коррозии наиболее подвержены поверхности в узких щелях, зазорах и на участках скопления пыли и влаги.

При локальной коррозии разрушение сосредотачивается на отдельных участках поверхности, и в зависимости от размера поражений различают коррозию пятнами ($d > h$), язвенную ($d = h$) и точечную ($d < h$). Язвенная и точечная коррозия листового металла при сквозном его разрушении превращается в сквозную коррозию (рис. 2 г, д, е).

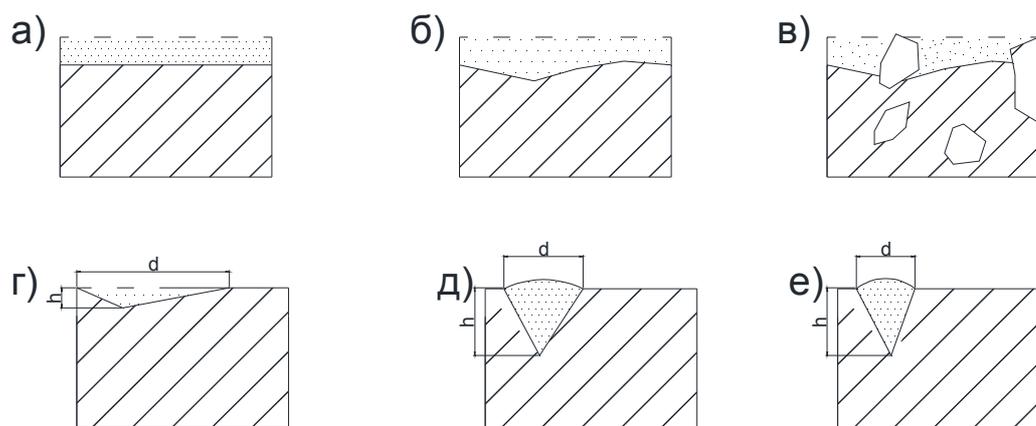


Рис. 2. Виды коррозионного разрушения металла: а) равномерное; б) неравномерное; в) структурно-избирательное; г) пятнами; д) язвами; е) точками

Язвенная коррозия характерна в основном для углеродистой и низколегированной сталей при эксплуатации конструкций в жидких средах и грунтах, в меньшей степени – для алюминия, алюминиевых и цинковых покрытий. Язвенная коррозия низколегированной стали в атмосферных условиях чаще всего связана с неблагоприятной структурой металла, с повышенным количеством неметаллических включений, в первую очередь сульфидов с высоким содержанием марганца. Язвенная коррозия обычно сопровождается образованием толстых слоев продуктов коррозии, покрывающих всю поверхность металла или значительные ее участки вокруг отдельных крупных язв. Коррозионные язвы являются острыми концентраторами напряжений и могут оказаться инициаторами зарождения усталостных трещин и хрупких разрушений (рис. 3).

Наиболее опасны межкристаллитная и транскристаллитная коррозии. Первая проходит по наименее стойким границам зерен, не затрагивая зерен металла. Вторая, пересекает зерна металла, проходя через них трещиной. Межкристаллитной коррозии подвержены многие сплавы: строительные стали, нержавеющие высокохромистые и хромоникелиевые стали, дюралюминиевые сплавы и др. Межкристаллитная коррозия характеризуется относительно равномерным распределением множественных трещин на больших участках поверхности конструкций. Под оптическим микроскопом на поперечных шлифах, изготавливаемых из отобранных проб, видно, что трещины распространяются только по границам зерен металла.

Коррозионное растрескивание – вид квазихрупкого разрушения стали и высокопрочных алюминиевых сплавов при одновременном воздействии статических напряжений растяжения и агрессивных сред. Разрушение характеризуется образованием единичных и множественных трещин, связанных с концентрацией основных и внутренних напряжений. Трещины могут распространяться между кристаллами или по телу зерен. Коррозионное растрескивание характерно для сталей с повышенным содержанием водорода. Коррозионное растрескивание выявляется фрактографическим анализом проб.

Аналогичные признаки имеет коррозионная усталость – вид квазихрупкого разрушения материалов при одновременном воздействии циклических напряжений и жидких агрессивных сред. Об интенсивности коррозионной усталости судят по числу циклов до зарождения трещин или по скорости роста наиболее длинных трещин [1, 3, 4].

3. Причины возникновения коррозии металла. Основными факторами влияющими на возникновение коррозии металлов являются:

1. Резкие перемены температуры;
2. Соприкосновение разнородных металлов;

3. Соприкосновение металлических изделий с ватой, бумагой, тканями и т.п. материалами, впитывающими влагу;
4. Нахождение в помещении кислот, щелочей, солей или выделение паров этих веществ;
5. Нахождение металлических изделий в сырых помещениях или помещениях с неисправными паропроводами;
6. Прикосновение к полированным и шлифованным поверхностям потными и грязными руками (пот содержит кислоты и соли);
7. Применение несоответствующих охлаждающих жидкостей при механической обработке;
8. Непосредственное соприкосновение не предохраненных обработанных поверхностей деталей с водой, снегом, кислотами, щелочами и их растворами [1, 5].



Рис.3. Повреждение металлических конструкций коррозией на примере различных типов профиля

Выводы. Основным фактором, влияющим на развитие коррозии, служит атмосферная среда. Показателями, определяющими степень агрессивности среды, являются: относительная влажность, температура, возможность образования конденсата, состав и концентрация газов и пыли, туманы агрессивных жидкостей. В зависимости от условий эксплуатации конструкции могут находиться под воздействием общезаводской атмосферы и внутрицеховой. Особенно неблагоприятным фактором является относительная влажность.

Степень коррозионного износа определяют измерением толщины тщательно очищенного от продуктов коррозии прокатного профиля. Измерения осуществляют с помощью скобы с индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм. Замеры должны быть произведены в 10-20 местах по длине элемента для получения достоверного результата надо сделать около 200 замеров однотипных элементов. Для более детального исследования коррозионного по-

ражения можно использовать металлографический метод, который позволяет определить меж- и внутрикристаллический характер поражений, коррозионную активность фаз, глубину и протяженность коррозионных трещин. Основные количественные показатели коррозионного износа: потеря толщины сечения элемента; глубина коррозионных язв; условная скорость коррозии (средняя и максимальная) за срок эксплуатации к моменту обследования: относительные коррозионные потери поперечного сечения за период эксплуатации.

Библиографический список

1. **Медведева, М. Л.** Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа. М.:ФГУП Изд-во Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – 312с.
2. **Авдеенко, А. П.** Коррозия и защита металлов. Справочное пособие / А. П. Авдеенко А. Е.Полякова, А. Л. Юсина, С. А. – Краматорск ДГМА, 2004. – 112с.
3. **Ярославцева, О. В.** Коррозия и защита металлов. Учебно-методическое пособия для студентов Учебно-методическое пособие / О. В. Ярославцева, Т. Н.Останина, В. М. Рудой, И. Б. Мурашова – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – 90 с.
4. **Улиг, Г. Г.** Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./ Под ред. А. М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989.– Пер. изд., США, 1985. – 456 с.

References

1. **Medvedeva, M. L.** Korrozija i zashhita oborudovanija pri pererabotke nefiti i gaza. M.:FGUP Izd-vo Neft' i gaz RGU nefiti i gaza im. I.M. Gubkina, 2005. – 312s.
2. **Avdeenko, A. P.** Korrozija i zashhita metallov. Spravochnoe posobie / A. P. Avdeenko A. E.Poljakova, A. L. Jusina, S. A. – Kramatorsk DGMA, 2004. – 112s.
3. **Ярославцева, О. В.** Коррозия и защита металлов. Учебно-методическое пособия для студентов Учебно-методическое пособие / О. В. Ярославцева, Т. Н.Останина, В. М. Рудой, И. Б. Мурашова – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. – 90 с.
4. **Улиг, Г. Г.** Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./ Под ред. А. М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989.– Пер. изд., США, 1985. – 456 с.

THE STUDY OF CORROSION PROCESSES OF METAL STRUCTURES

I. A. Grishanovich, Y. S. Tatarinov

Voronezh State Technical University

I. A. Grishanovich, graduate 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

Y. S. Tatarinov, student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

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

Statement of the problem. To analyze and identify the causes of loss of efficiency and reduction of the durability of metal structures due to corrosion. Consider the types of fracture of metal structures.

Results and conclusions. The urgency of the problem of corrosion protection of metals in industry is based on rational manufacture, installation, use, and storage of metallic items. During the detailed analysis it was revealed that the main factor influencing the development of corrosion is the atmospheric environment. The types and types of fracture of metal structures.

Keywords: corrosion, metal structures, aluminium, zinc, continuous corrosion, stress corrosion cracking local corrosion.

Для цитирования: Гришанович, А. И. Исследование коррозионных процессов металлических конструкций // А. И. Гришанович, Я. С. Татарин // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 46-51.

For citation: Grishanovich, I. A. The study of corrosion processes of metal structures / I. A. Grishanovich, Y. S. Tatarinov // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 46-51.

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 621.039:697.34

ВАРИАТИВНОЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЗС

Г. Н. Мартыненко, Е. С. Дурова

*Воронежский государственный технический университет**Г. Н. Мартыненко, канд. техн. наук доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail:**Е. С. Дурова, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail:*

Постановка задачи. Данная работа направлена на формирования методики оценки инвестиционных вложений при вариативном проектировании с учетом применения современного оборудования и материалов в соответствии с действующими нормативными документами и выполнением требований по охране окружающей среды.

Результаты и выводы. В данной работе было рассмотрено вариативное сравнение реконструкции и капитального ремонта АЗС. Расчеты показали, что в данных условиях выгоднее сделать реконструкцию, так как внутренняя норма доходности при ставке дисконтирования в 13 % к 2023 году составит 16,08 млн. руб. и срок окупаемости будет 4 года и 3 месяца, тогда как при капитальном ремонте к тому же 2023 году внутренняя норма доходности будет лишь 1,08 млн. руб., а окупится данный проект только через 6 лет.

Ключевые слова: внутренняя норма доходности, реконструкция АЗС, капитальный ремонт АЗС.

Введение. Анализ многих действующих АЗС показывает, что есть существенное количество объектов, у которых подходит срок окончания эксплуатации сосудов и трубопроводов, так как оно используется с 1995-2005 годов. В большинстве случаев техническое освидетельствование указывает на невозможность продления срока эксплуатации. В сложившихся условиях необходима реконструкция АЗС или ее капитальный ремонт [8].

1. Капитальный ремонт действующей АЗС с заменой технологического оборудования. Данный вариант включает замену резервуаров, трубопроводов и ТРК (4 шт.) в виду истекшего срока эксплуатации.

Представим основные затраты и разобьем их по срокам (табл. 1).

Согласно графику в первый год реализации проекта планируется потратить 24 515 тыс. руб., во второй – 1 740 тыс. руб.

Для оценки исполнимости финансирования проекта по формуле (1) рассчитаем чистую приведенную стоимость проекта [1].

Проведем расчет чистой приведенной стоимости за 2017-2023 года:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} - Investment, \quad (1)$$

где r – ставка дисконтирования; n – период анализируемого проекта; i – шаг расчета (месяц, квартал, год), $i=1, 2, \dots, n$; $Investment$ – сумма инвестиционных вложений в проект.

Таблица 1

График капитальных вложений в капитальный ремонт, тыс. руб.

Капитальные затраты	2017 г.				2018 г.				Итого
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	
Внешние конструкции	4026	4115							8141
Технологическое оборудование	4773	3404	1687						9864
Торгово-холодильное оборудование				300					300
Проектные работы	530								530
Строительно-монтажные работы		2920	1845	915	1750				7 430
Итого	9 319	10 449	3532	1215	1740	0	0	0	26 265

$$NPV_1 = \frac{-14,29}{(1+0.2)^0} = -14,29 \text{ млн. руб.}$$

$$NPV_2 = \frac{-14,29}{(1+0.13)^0} + \frac{1,74 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^1} = -27,79 \text{ млн. руб.}$$

$$NPV_3 = \frac{-14,29}{(1+0.13)^0} + \frac{1,74 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^1} + \frac{25,10 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^2} = -23,28 \text{ млн. руб.}$$

$$NPV_4 = \frac{-14,29}{(1+0.13)^0} + \frac{-1,47 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^1} + \frac{25,10 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^2} + \frac{21,03 - 2,1 - 6,5}{(1+0.13)^3} = -18,68 \text{ млн. руб.}$$

$$NPV_5 = \frac{-14,29}{(1+0.13)^0} + \frac{1,47 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^1} + \frac{25,10 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^2} + \frac{21,03 - 2,1 - 6,5}{(1+0.13)^3} + \frac{21,32 - 1,1 - 6,9}{(1+0.13)^4} = -12,26 \text{ млн. руб.}$$

$$NPV_6 = \frac{-14,29}{(1+0.13)^0} + \frac{1,47 - 10,5 - 6,5}{(1+0.13)^1} + \frac{25,10 - 2,5 - 6,5}{(1+0.13)^2} + \frac{21,03 - 2,1 - 6,5}{(1+0.13)^3} + \frac{21,32 - 1,1 - 6,9}{(1+0.13)^4} + \frac{21,45}{(1+0.13)^5} = -6,08 \text{ млн. руб.}$$

$$NPV_7 = \frac{-14,29}{(1+0,13)^0} + \frac{1,47-10,5-6,5}{(1+0,13)^1} + \frac{25,10-2,5-6,5}{(1+0,13)^2} + \frac{21,03-2,1-6,5}{(1+0,13)^3} + \frac{21,32-1,1-6,9}{(1+0,13)^4} + \frac{21,45}{(1+0,13)^5} + \frac{21,51}{(1+0,13)^6} = 1,08 \text{ млн. руб.}$$

Расчет NPV в последнем исследуемом году составит 1,08 млн. Руб.

Расчет показал, что проект в данном технологическом решении окупится за 6 лет.

Составим график окупаемости данного варианта (рис.1). На нем видно изменение чистого приведенного дохода в зависимости от различных показателей проекта.

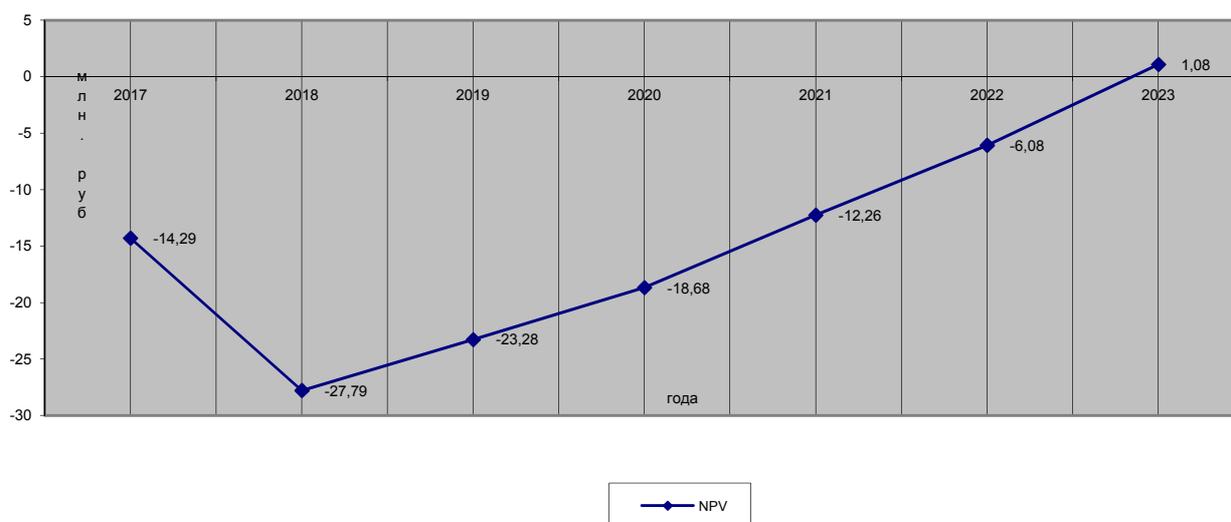


Рис. 1. График отражения окупаемости проекта

2. Модернизация АЗС с расширением ассортимента предлагаемых видов топлива и вспомогательных услуг. Реконструкция АЗС проводится с целью расширения ассортимента топлива (ДТ) добавления магазина сопутствующих товаров, замены трубопроводов, а также замены устаревших топливораздаточных колонок (ТРК) на более современные с добавлением новых видов топлива. Также необходимо заменить ценовое табло, светотехнику, провести замену навеса [4].

Для реконструкции АЗС нужно пристроить магазин, закупить топливные резервуары, новую систему управления автозаправочной станцией, ТРК, трубопроводы, оборудование для магазина (витрины, полки).

Представим основные затраты и разобьем их по срокам (табл. 2).

Проведем расчет чистой приведенной стоимости данного варианта.

В 2017 году чистая приведенная стоимость будет равна:

$$NPV_1 = \frac{-17,18}{(1+0,2)^0} = -17,18 \text{ млн. руб.}$$

Из-за того, что в 2017 году мы только осуществляем строительство, прибыли от реализации не будет. А значит чистая приведенная стоимость проекта будет равна собственным инвестиционным издержкам 2017 года.

Таблица 2

График капитальных вложений, тыс. руб.

Капитальные затраты	2017 г.				2018 г.				Итого
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	
Внешние конструкции	4026	4115							8141
Технологическое оборудование	5773	4203	1787						11763
Торгово-холодильное оборудование				300					300
Проектные работы	530								530
Строительно-монтажные работы		3920	1845	915	1770				8 450
Итого	10 319	12248	3632	1215	1770	0	0	0	29 184

Ситуация в 2018 году такая:

$$NPV_2 = \frac{-17,18}{(1+0,13)^0} + \frac{1,74-10,5-6,5}{(1+0,13)^1} = -30,68 \text{ млн. руб.}$$

В 2019 году:

$$NPV_3 = \frac{-17,18}{(1+0,13)^0} + \frac{1,74-10,5-6,5}{(1+0,13)^1} + \frac{25,10-10,5-6,5}{(1+0,13)^2} = -23,08 \text{ млн. руб.}$$

В 2019 году АЗС уже работает на полную мощность, поэтому чистая приведенная стоимость инвестиционного проекта немного увеличилась, но все еще на отрицательном уровне -23,08 млн. Руб.

В 2020 году:

$$NPV_4 = \frac{-17,18}{(1+0,13)^0} + \frac{-1,47-10,5-6,5}{(1+0,13)^1} + \frac{25,10-10,5-6,5}{(1+0,13)^2} + \frac{21,03-2,1-6,5}{(1+0,13)^3} = -14,44 \text{ млн. руб.}$$

Чистая приведенная стоимость 2021 года:

$$NPV_5 = \frac{-17,18}{(1+0,13)^0} + \frac{1,47-10,5-6,5}{(1+0,13)^1} + \frac{25,10-10,5-6,5}{(1+0,13)^2} + \frac{21,03-2,1-6,5}{(1+0,13)^3} + \frac{21,32-1,1-6,9}{(1+0,13)^4} = -6,26 \text{ млн. руб.}$$

Чистая приведенная стоимость 2021 года –6,26 млн. Руб., проект почти безубыточен. В 2022 году:

$$NPV_6 = \frac{-17,18}{(1+0,13)^0} + \frac{1,47 - 10,5 - 6,5}{(1+0,13)^1} + \frac{25,10 - 2,5 - 6,5}{(1+0,13)^2} + \frac{21,03 - 2,1 - 6,5}{(1+0,13)^3} + \frac{21,32 - 1,1 - 6,9}{(1+0,13)^4} + \frac{21,45}{(1+0,13)^5} = 6,08 \text{ млн. руб.}$$

В 2022 году мы начинаем получать прибыль. Чистый приведенный доход составил 6,08 млн. Руб.

В 2023 году:

$$NPV_7 = \frac{-17,18}{(1+0,13)^0} + \frac{1,47 - 10,5 - 6,5}{(1+0,13)^1} + \frac{25,10 - 2,5 - 6,5}{(1+0,13)^2} + \frac{21,03 - 2,1 - 6,5}{(1+0,13)^3} + \frac{21,32 - 1,1 - 6,9}{(1+0,13)^4} + \frac{21,45}{(1+0,13)^5} + \frac{21,51}{(1+0,13)^6} = 16,08 \text{ млн. руб.}$$

Чистый приведенный доход в 2023 году составит 16,08 млн. руб.

Расчет дисконтируемого срока окупаемости проекта показал, что проект экономически выгоден и окупаем в приемлемые сроки [3].

Составим график окупаемости данного варианта (рис.2). На нем видно изменение чистого приведенного дохода в зависимости от различных показателей проекта.

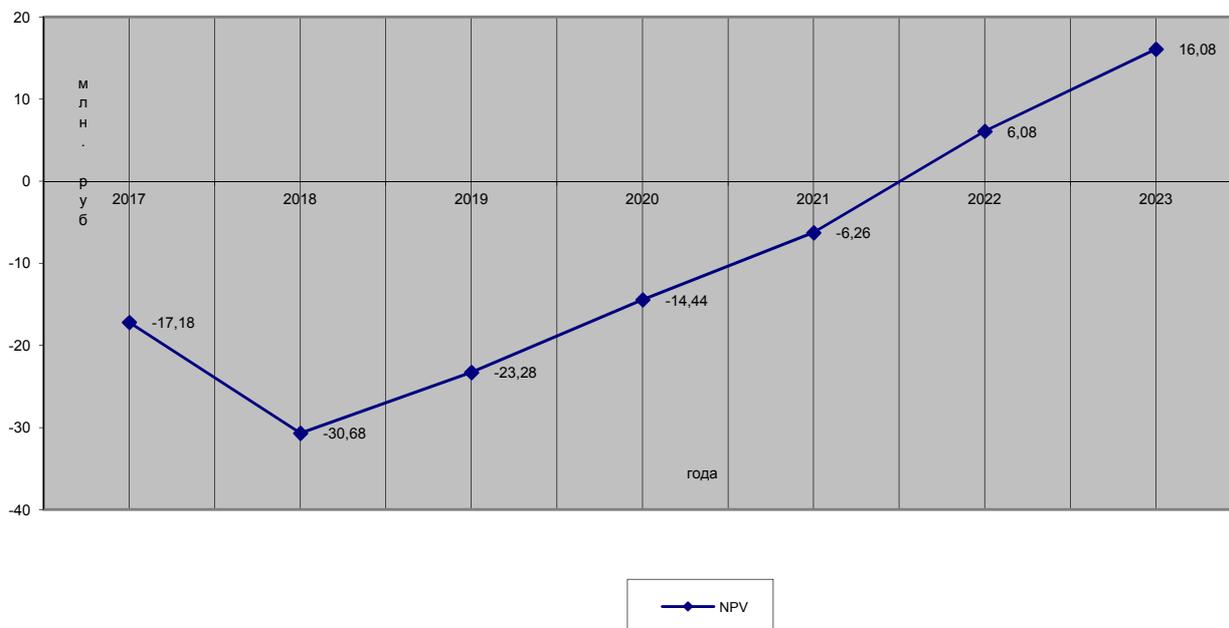


Рис. 2. График отражения окупаемости проекта

Выводы. В данной работе было рассмотрено вариативное сравнение реконструкции и капитального ремонта АЗС. Расчеты показали, что в данных условиях выгоднее сделать реконструкцию, так как внутренняя норма доходности этого варианта при ставке дисконтирования в 13 % к 2023 году составит 16,08 млн. руб. и срок окупаемости будет 4 года и 3 месяца, тогда как при капитальном ремонте к тому же 2023 году внутренняя норма доходности будет лишь 1,08 млн. руб., а окупится данный проект только через 6 лет.

Библиографический список

1. **Остров, К. Д.** Проект стратегии развития химической и нефтехимической промышленности России на период до 2015 года [Электронный ресурс] / Остров, К.Д..- Режим доступа: свободный.
2. **Aminov, R. Z.** Safety assessment of a nuclear power plant with gas-turbine back-up for internal needs / R.Z. Aminov, V.T. Beresh // Atomic Energy. – 2004. – №6(96) . – С.434-438.
3. **Sokolov, A. S.** Numerical simulation of the thermal conditions in a sea bay water area used for ater supply to nuclear power plants / A.S. Sokolov // Power Technology and Engineering. – 2013. – №2(47). – С.139-142.
4. **Шавалиев, А. Х.** Союз бензина и магазина / [Электронный ресурс] / А. Х. Шавалиев. – режим доступа: // <http://www.almshavh.ru>, свободный.
5. **Мелькумов, В. Н.** Пожарная безопасность взрывоопасных помещений / В. Н. Мелькумов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – №2. – С.178-183.
6. **Несмелов И. М.** Качество продукции как фактор конкурентоспособности нефтехимического предприятия / И .М. Несмелов // Экономика и жизнь. – 2012. – № 5.
7. **Чернова, С. Н.** Российский АЗС и перспективные технологии [Электронный ресурс] / С. Н. Чернова – режим доступа: // <http://www.krai.ru>, свободный.
8. **McDonald, C. F.** Mobile hybrid (nuclear/oil fired) gas turbine cogeneration power plant concept / C.F. McDonald // Applied Thermal Engineering. – 1998. – №6(18). – С.353-368.
9. **Фролова Н. Н.** Некоторые нюансы развития автозаправочного бизнеса [Электронный ресурс] / Н. Н. Фролова. – режим доступа: // <http://www.frol23.ru>, свободный.
10. **Шишкина, А. А.** Состояние рынка автозаправочных станций в РТ [Электронный ресурс] / А. А. Шишкина. – режим доступа: // <http://www.uglich.ru>, свободный.
11. Интегрированный отчет по результатам исследования предпочтения потребителей ГСМ / www.razvitie2012.ru.
12. **Тульская, С. Г.** Подогрев и вероятная температура нефтепродуктов в резервуарах при хранении / С. Г. Тульская, С. В. Чуйкин, С.А. Петров // Молодой ученый. – 2016. – № 21 (125). – С. 226-228.
13. **Мартыненко, Г. Н.** Температурный режим хранения нефтепродуктов в резервуарах / Г. Н. Мартыненко, С. Г. Тульская // Учебное пособие / Воронеж, 2015.
14. **Пустовалов, А. П.** Обеспечение эксплуатационных условий для регулирующих клапанов / А. П. Пустовалов, Д. Н. Китаев, Т. В. Щукина // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2016. – № 1 (169). – С. 64-68.
15. **Тульская, С. Г.** Экологические проблемы загрязнения окружающей среды нефтепродуктами в ходе разлива из резервуаров / С. Г. Тульская, К. А. Скляр, А. А. Харьковская // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – № 4 (5). – С. 45-51.
16. **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.
17. **Головина, Е. И.** Опасные и вредные факторы литейного производства и их влияние на состояние атмосферы в рабочей зоне / Е. И. Головина // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. № 23. – С. 126-130.

References

1. **Ostrov, K. D.** Proekt strategii razvitija himicheskoj i neftehimicheskoj promyshlennosti Rossii na period do 2015 goda [Jelektronnyj resurs] / Ostrov, K.D..- Rezhim dostupa: svobodnyj.
2. **Aminov, R. Z.** Safety assessment of a nuclear power plant with gas-turbine back-up for internal needs / R.Z. Aminov, V.T. Beresh // Atomic Energy. – 2004. – №6(96) . – S.434-438.
3. **Sokolov, A. S.** Numerical simulation of the thermal conditions in a sea bay water area used for ater supply to nuclear power plants / A.S. Sokolov // Power Technology and Engineering. – 2013. – №2(47). – S.139-142.

4. **Shavaliyev, A. H.** Sojuz benzina i magazina / [Jelektronnyj resurs] / A. H. Shavaliyev. – rezhim dostu-pa: // <http://www.almshavh.ru, svobodnyj>.
5. **Mel'kumov, V. N.** Pozharnaja bezopasnost' vzryvoopasnyh pomeshhenij / V. N. Mel'kumov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitek-tura. – 2008. – №2. – S.178-183.
6. **Nesmelov I. M.** Kachestvo produkcii kak faktor konkurentosposobnosti neftehimicheskogo pred-prijatija / I .M. Nesmelov // Jekonomika i zhizn'. – 2012. – № 5.
7. **Chernova, S. N.** Rossijskij AZS i perspektivnye tehnologii [Jelektronnyj resurs] / S. N. Chernova – rezhim dostupa: // <http://www.krai.ru, svobodnyj>.
8. **McDonald, C. F.** Mobile hybrid (nuclear/oil fired) gas turbine cogeneration power plant concept / C.F. McDonald // Applied Thermal Engineering. – 1998. – №6(18). – S.353-368.
9. **Frolova N. N.** Nekotorye njuansy razvitiya avtozapravochnogo biznesa [Jelektronnyj resurs] / N. N. Frolova. – rezhim dostupa: // <http://www.frol23.ru, svobodnyj>.
10. **Shishkina, A. A.** Sostojanie rynka avtozapravochnykh stancij v RT [Jelektronnyj resurs] / A. A. Shishkina. – rezhim dostupa: // <http://www.uglich.ru, svobodnyj>.
11. Integrirovannyj otchet po rezul'tatam issledovaniya predpochtenija potrebitelej GSM / www.razvitie2012.ru.
12. **Tul'skaja, S. G.** Podogrev i verojatnaja temperatura nefteproduktov v rezervuarah pri hranenii / S. G. Tul'skaja, S. V. Chujkin, S.A. Petrov // Molodoj uchenyj. – 2016. – № 21 (125). – S. 226-228.
13. **Martynenko, G. N.** Temperaturnyj rezhim hranenija nefteproduktov v rezervuarah / G. N. Marty-nenko, S. G. Tul'skaja // Uchebnoe posobie / Voronezh, 2015.
14. **Pustovalov, A. P.** Obespechenie jekspluatacionnyh uslovij dlja regulirujushhih klapanov / A. P. Pus-tovalov, D. N. Kitaev, T. V. Shhukina // Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie. □ 2016. □ № 1 (169). □ S. 64-68.
15. **Tul'skaja, S. G.** Jekologicheskie problemy zagrjaznenija okruzhajushhej sredy nefteproduktami v hode razliva iz rezervuarov / S. G. Tul'skaja, K. A. Skljarov, A. A. Har'kovskaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruk-tura. Kommunikacii. – 2016. – № 4 (5). – S. 45-51.
16. **Rusanov, N. A.** Raschet vremeni samotechnogo sliva svetlyh nefteproduktov na avtozapravochnykh stancijah / N. A. Rusanov, D. N. Kitaev // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2017. – № 2 (7). – S. 66-72.
17. **Golovina, E. I.** Opasnye i vrednye faktory litejnogo proizvodstva i ih vlijanie na sostojanie at-mosfery v rabochej zone / E. I. Golovina // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2016. – T. 19. № 23. – S. 126-130.

VARIABLE IMPROVEMENT OF THE AZS

G. N. Martynenko, E. S. Durova

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

*E. S. Durova, master 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. The emergency tank is an important element in the system of the objects of the filling station. It serves to exclude the negative effects of fuel and its components on the environment as a result of possible emergency situations. One of the problems in the study, design and operation of emergency tanks is to ensure conditions for effective, reliable and timely use. This article is devoted to the study of this issue.

Results and conclusions. The emergency tank is a complex engineering and technical complex aimed at protecting the environment from emergency fuel spills.

Keywords: emergency tank, gas station, emergency capacity.

Для цитирования: Мартыненко, Г. Н. Вариативное усовершенствование АЗС / Г. Н. Мартыненко, Е. С. Дурова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 52-58.

For citation: Martynenko, G. N. Variable improvement of the AZS / G. N. Martynenko, E. S. Durova// Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 52-58.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

УДК 69.05

ПРОВЕДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ МОНТАЖЕ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Е. О. Благовестная, И. Р. Арбузова, Е. Е. Сошникова, А. Р. Саркисова

Воронежский государственный технический университет

Е. О. Благовестная, ассистент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

И. Р. Арбузова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: arbuz1973@bk.ru

Е. Е. Сошникова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

А. Р. Саркисова, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

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

Постановка задачи. Основная задача планирования строительных работ заключается в составлении таких графиков их выполнения, которые удовлетворяют всем имеющимся ограничениям. В календарном графике необходимо предусмотреть порядок использования всех необходимых ресурсов. Сущностью календарного планирования является обеспечение каждого сотрудника организации информацией относительно его задания, рабочего пространства на ближайшее время, его роли в выполнении работ по производству конечного продукта. Предприятие также обеспечивает рабочих всем необходимым оборудованием, материалами для выполнения поставленной задачи. Основной функцией календарного планирования является организация работ всего коллектива предприятия, где учитывается взаимосвязь и взаимопомощь друг другу.

Результаты и выводы. Календарное планирование с применением современных программных комплексов повышает эффективность процесса производства. С их помощью структурные подразделения четко осведомлены о том, какие работы и когда планируется выполнить для получения наибольшей прибыли и сохранения договорных отношений, сокращаются временные затраты на проведение расчетов.

Ключевые слова: календарный план, график движения рабочих, график движения машин, график движения материалов.

Введение. Основная задача планирования строительных работ заключается в составлении таких графиков их выполнения, которые удовлетворяют всем имеющимся ограничениям. Для этих целей принято составлять календарный план производства работ. Это проектно-технические документы в составе проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР), в которых на основании физических объемов работ и принятых организационных и технологических решений определяется целесообразная последовательность, взаимная увязка отдельных видов работ и сроки выполнения работ по строительству объекта, а также документы, определяющие потребность строительства, технических, материальных и других видов ресурсов [4].

На основе календарного плана рассчитывают потребность в материальных, трудовых и технических ресурсах, а также сроки поставки оборудования. Эти данные планируют по объекту в целом и по каждому периоду строительства отдельно. По календарному плану контролируют ход работ и координируют работу исполнителей. Сроки работ, рассчитанные в календарном плане, используются в качестве отправных в более детальных плановых документах.

Для разработки календарного плана необходима следующая информация:

- рабочие чертежи возводимого объекта;
- сводный сметный расчет стоимости строительства;
- проект организации строительства;
- сведения о сроках поставок конструкций, материалов и оборудования;
- сведения о типах и количестве намечаемых к использованию машин и механизмов;
- сведения о рабочих кадрах основных профессий;
- технологические карты на сложные работы и работы, выполняемые новыми методами;
- типовые технологические карты, привязанные к строительству объекта;
- установленные сроки строительства [5].

1. Построение календарного плана производства работ. Рассмотрим построение календарного плана производства работ на примере установки промежуточной опоры ВЛ 500 кВ (табл. 1).

Проектирование календарного плана осуществляется в следующей последовательности:

1. Анализируют исходные данные для проектирования;
2. Составляют перечень строительных и монтажных процессов, необходимых для строительства;

Таблица 1

Календарный план производства работ (расчетная часть)

Наименование видов работ, ед. измерения	Объем работ	Трудоемкость, чел-см	Требуемые машины		Продолжительность выполнения работ, дни	Количество смен в сутки	Количество рабочих в смену	Состав бригады
			марка	п				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Подготовительные работы		1,58			1	1	2	
II. Возведение подземной части								
1. Срезка растительного слоя	0,81		Бульдозер ДЗ-28	1	1	1	5	- помощник машиниста 4 р., помощник машиниста 3 р., монтажник 4 р., монтажник 3 р. - 2 человека; - бетонщик 4 р., бетонщик 3 р., плотник 4 р., плотник 3 р., плотник 2 р., бетонщик 2 р., арматурщик 4 р., арматурщик 2 р., такелажник 2 р. - 1 человек; - копровщик 5 р., копровщик 3 р. - 2 человека; - машинист 6 р., машинист 5 р., машинист 4 р. - 2 человека.

Окончание табл. 1

2. Устройство ж/б свай	4,121						
3. Устройство монолитного ростверка	0,878	Автобето- смеситель Буровая уста- новка СО-2	1 1				
III. Возведение надземной части							
1. Сортировка конструкций и устройство средств подмащивания	4,378	Гусеничный кран СКГ 30/13	1	1	2	10	- монтажник 6 р., электролинейщик 6 р., такелажник 6 р., монтажник 5 р., электро- линейщик 5 р. – 4 человека; - монтажник 4 р., электролинейщик 4 р., такелажник 4 р., монтажник 3 р. – 3 чело- века; - электролинейщик 3 р., такелажник 3 р., такелажник 2 р. – 3 человека. - машинист крана 6 р., машинист крана 5 р., тракторист 6 р. – 2 человека.
		Трактор Т- 130	2				
2. Сборка конструкций на болтах, монтаж траверсы, установка опоры	11,435	Гусеничный кран СКГ 30/13	1	1	2	10	- монтажник 6 р., электролинейщик 6 р., такелажник 6 р., монтажник 5 р., электро- линейщик 5 р. – 4 человека; - монтажник 4 р., электролинейщик 4 р., такелажник 4 р., монтажник 3 р. – 3 чело- века; - электролинейщик 3 р., такелажник 3 р., такелажник 2 р. – 3 человека. - машинист крана 6 р., машинист крана 5 р., тракторист 6 р. – 2 человека.
3. Устройство якорей и полиспастов, подъем опоры	13,73	Гусеничный кран СКГ 30/13	1	1	2	10	- монтажник 6 р., электролинейщик 6 р., такелажник 6 р., монтажник 5 р., электро- линейщик 5 р. – 4 человека; - монтажник 4 р., электролинейщик 4 р., такелажник 4 р., монтажник 3 р. – 3 чело- века; - электролинейщик 3 р., такелажник 3 р., такелажник 2 р. – 3 человека. - машинист крана 6 р., машинист крана 5 р., тракторист 6 р. – 2 человека.
		Трактор Т- 130	2				
4. Монтаж проводов и тросов, натягивание проводов и тросов	54,06	Гусеничный кран СКГ 30/13	1	2	2	10	- монтажник 6 р., электролинейщик 6 р., такелажник 6 р., монтажник 5 р., электро- линейщик 5 р. – 4 человека; - монтажник 4 р., электролинейщик 4 р., такелажник 4 р., монтажник 3 р. – 3 чело- века; - электролинейщик 3 р., такелажник 3 р., такелажник 2 р. – 3 человека. - машинист крана 6 р., машинист крана 5 р., тракторист 6 р. – 2 человека.
		Трактор Т- 130	2				
IV. Специальные работы							
1. Монтаж технологического оборудования	17,72			2	1	7	
2. Пусконаладочные работы	1,33			1	1	1	
3. Благоустройство территории	3,54			1	1	3	
4. Подготовка объекта к сдаче	0,89			1	1	1	
V. Прочие и неучтенные работы	22,15						

3. По каждому виду работ подсчитывают объемы работ;

4. Выбирают методы производства работ и основные строительные машины;
5. Определяют необходимое количество затрат на каждый вид работ и потребность в машиносменах (маш-см) ведущих машин;
6. Выявляют технологическую последовательность работ;
7. Устанавливают сменность работ;
8. Определяют продолжительность отдельных строительных и монтажных работ и возможность их совмещения между собой;
9. Сопоставляют расчетную производительность с нормативной и вводят необходимые коррективы [4].

Календарный план производства работ состоит из двух частей: левой – расчетной (табл.1) и правой – графической (рис. 2). Графа 1 (наименование видов работ) заполняется в соответствии с технологической последовательностью выполнения работ. Чтобы график был лаконичным, работы, за исключением выполняемых разными исполнителями, необходимо объединять. Объем работ (графа 2) определяется по калькуляции трудовых затрат и выражается в единицах, принятых в Единых нормах и расценках (ЕНиР). Трудоемкость (графа 3) рассчитывается по действующим ЕНиР с учетом планируемого роста производительности труда.

Необходимое количество машин и их марка (графа 4, 5) зависит от объема и характера строительно-монтажных работ (СМР) и сроков их выполнения. Продолжительность выполнения работ (графа 6), выполняемых вручную, определяется путем деления трудоемкости работ на количество рабочих, которые могут занять фронт работ [6].

Количество смен указано в графе 7. При использовании основных машин (монтажный кран, трактор) количество смен должно быть не менее 2-ух. Сменность работ, выполняемых в ручную и с помощью механизированного инструмента, зависит от фронта работ и рабочих кадров [6]. Количество рабочих и состав бригады (графа 8, 9) определяются в соответствии с трудоемкостью и продолжительностью работ. При расчете состава бригады исходят из того, что переход с одной захватки на другую не должен вызывать изменений в численном и квалификационном составе. С учетом этого устанавливается наиболее рациональное совмещение профессий в бригаде.

Июнь											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2											
1											
	5										
	1										
		20									
		1									
			20								
			1								
				20							
				1							
					20						
					1						
						20					
						1					
							20				
							1				
								7			
								2			
									1		
									1		
										3	
										1	
											1
											1
									5	3	5
									1	1	1

Рис. 1. Календарный план производства работ (графическая часть)

Расчет состава бригады производится в следующей очередности: намечается комплекс работ, поручаемых бригаде (по гр. 1); подсчитывается трудоемкость работ, входящих в комплекс гр. 4; выбираются из калькуляции затраты труда по профессиям и разрядам рабочих; устанавливаются рекомендации по рациональному совмещению профессий; устанавливается продолжительность ведущего процесса на основе данных о времени, необходимом ведущей машине для выполнения намеченного комплекса; рассчитывается численный состав звеньев и бригады; определяется профессионально-квалификационный состав бригады. Количественный состав бригады определяется суммированием численности рабочих всех звеньев бригады [6]. График производства работ – правая часть календарного плана отображает ход работ во времени, последовательность и увязку работ между собой (рис. 1).

2. Графики движения рабочих, машин и материалов. На основе разработанного календарного плана составляют графики движения рабочих, движения машин и движения материалов. При составлении графика движения рабочей силы (рис. 2) необходимо стремиться к равномерности движения рабочих, которая обеспечивает непрерывное и равномерное использование рабочих бригад; создаются условия для снижения затрат на хозяйственное и административное обслуживание рабочих.

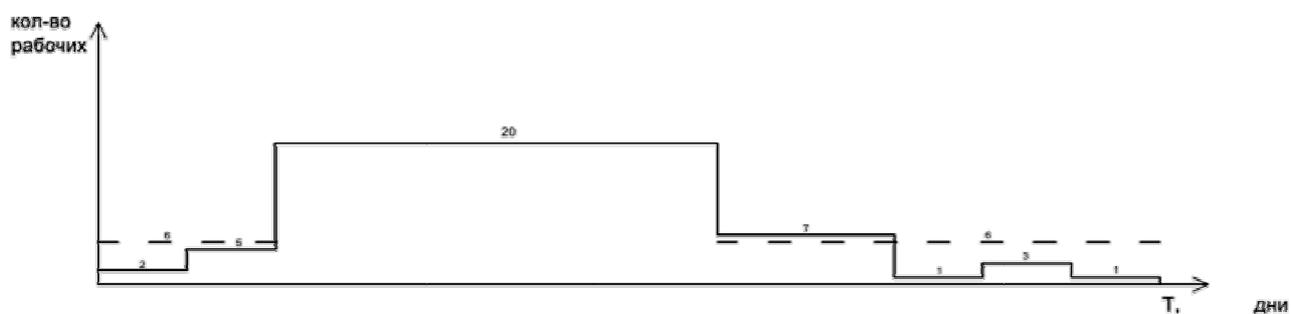


Рис. 2. График движения рабочих

При наличии на графике движения рабочих кратковременных пиков и впадин необходимо произвести его оптимизацию. Процедура проводится на основе выявленных частных резервов времени для работ сетевого графика. Для сглаживания пиков и впадин необходимо либо переместить работы, либо увеличить их продолжительность в рамках частного резерва времени при уменьшении численного состава бригад на этих работах. График движения основных строительных машин и механизмов должен учитывать их типы и марки (рис. 3).

Наименование механизмов	Количество	Дни											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Бульдозер ДЗ-28	1												
Буровая установка СО-2	1												
Автобетоносмеситель	1												
Гусеничный кран СКГ - 30/13	1												
Трактор Т-130	2												

Рис. 3. График движения машин

В соответствии с календарным планом составляется график поступления на объект строительных изделий и материалов (рис. 4), потребность в которых определяется по рабочим чертежам, СНиП и другим нормативным источникам.

Наименование материальных ресурсов, ед. измерения	Количество	Дни											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Арматурные изделия, т	0,152	-----	-----										
Электроды, кг	0,175	-----	-----										
Бетон товарный, м ³	5		-----	-----									
Укрепляемые элементы опоры, т	9,54		-----	-----	-----								
Лаки, краски, кг	5				-----	-----	-----						
Провода и тросы, м	3013					-----	-----	-----					
Инвентарные ж/б якоря, 1 якорь	4				-----	-----							

Рис. 4. График движения материалов

3. Существующие программные комплексы для расчета строительно-монтажных работ. Благодаря развитию современных вычислительных систем, расчет строительно-монтажных работ может быть произведен за более короткий промежуток времени [7]. Примером подобных систем может служить программный комплекс Prom Office Brigadir 4.43, который может применяться для учета строительных и ремонтных работ, позволяет вести учет работ, материалов, дефектов, средств, оборудования и персонала. Осуществляется удобное решение для планирования всех строительных или ремонтных работ, а также работников, которые выполняют эти работы [7]. Данная программа представляется удобной как физическим лицам, так и строительным компаниям, так как позволяет вести учет сразу нескольких объектов. При расчете стоимости основных видов работ, данные располагаются в древовидной форме.

Программа для строительных подрядчиков PromOffice Brigadir предназначена для «визуализации» и каталогизации ремонтно-строительных работ. Программа позволит в любой момент четко и детально изучить затраты на тот или иной вид работ, зафиксировать исполнение, наличие дефектов, вести график работ, распределить материалы и персонал по объектам. Программа также дает возможность проанализировать доходы и подготовить смету для предоставления заказчику. В базу включены цены на основные работы и стройматериалы [7].

Вывод. Вне зависимости от способа проводимых расчетов (вручную или с помощью вычислительных средств) календарный план должен давать полную всестороннюю информацию, отражать перечень работ, порядок их выполнения и характер взаимосвязи между работами. Обеспечение и использование необходимых ресурсов представляет наибольшую проблему для руководителей проектов. Результаты календарного планирования ресурсов часто сильно отличаются от результатов стандартного метода критического пути. Учитывая быстрые темпы изменений в технологии и внимание, которое придается своевременной реализации, выявление проблем использования и наличия ресурсов до начала выполнения проекта может сэкономить издержки от выполнения срочных операций проекта. Любое отклонение ресурсов от плана и графика и воздействие этого на выполнение проекта может быть обнаружено своевременно. Для увязывания наличия ресурсов со многими проектами существует система мультиресурсов, которая помогает процессу выбора приоритета проекта в соответствии с его содействием организационным целям и соответствием стратегическому плану организации.

Библиографический список

1. Строительные нормы и правила: СНиП 12-01-2004. Организация строительства. – Минрегион России. – М.: 2010. – С. 25.
2. Строительные нормы и правила: СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий зданий и сооружений. – Минрегион России. – М.: 2010.

3. Методические рекомендации: МДС 12-81.2007. Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства и проекта производства работ. – М.: 2007.
4. **Абашин, Е. Г.** Технология, организация, планирование и управление строительным производством. Вопросы-ответы, примеры, задачи и упражнения. [Электронный ресурс] / Е.Г. Абашин, С.М. Астахов, Б.А. Болихов, Ю.И. Брезгин. – Электрон. дан. – ОрелГАУ, 2013.
5. Организация, планирование и управление строительным производством [Электронный ресурс] // pstu. – Режим доступа: http://pstu.ru/files/file/CTF/sp/vopr_i_otv/razd05.html
6. Календарный план производства работ по объекту [Электронный ресурс] // stroilogik. – Режим доступа: <http://stroilogik.ru/tehnologiya/organizaciya/84-kalendarnyi-plan-proizvodstva-rabot.html>
7. PromOffice Brigadir [Электронный ресурс] // skan. – Режим доступа: http://www.skan.ru/software/n5787_promoffice_brigadir.html.
8. **Воробьева, Ю. А.** Информационно-диагностическое обеспечение программы капитального ремонта / Ю. А. Воробьева, Д. В. Зайцев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – №1(22). – С. 159-163.
9. **Мелькумов, В. Н.** Перспективы применения геодезических методов наблюдения за деформациями пневматических опалубок / В.Н. Мелькумов, А.Н. Ткаченко, Д.А. Казаков, Н.Б. Хахулина // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2015. – №1(37). – С. 51-58.
10. **Melkumov, V. N.** Innovative pneumotechnologies of the erection of dispersion-reinforced structures / V.N. Melkumov, A.N. Tkachenko, D.A. Kazakov // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2015. – №3(27). – С. 7–18.
11. **Мелькумов, В. Н.** Возможность совмещения технико-математического подхода и метода экспертных оценок в диагностике признаков потери несущей способности строительных конструкций / В. Н. Мелькумов, Р.Ю. Мясичев, Ю.Д. Сергеев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2014. – №4(36). – С. 54-63.
12. **Драпалюк, Д. А.** Эффективные подходы к контролю качества строительно-монтажных работ / Д. А. Драпалюк, Н. А. Драпалюк // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – №1(18). – С. 61-65.

References

1. Stroitel'nye normy i pravila: SNiP 12-01-2004. Organizacija stroitel'stva. – Minregion Rossii. – М.: 2010. – С. 25.
2. Stroitel'nye normy i pravila: SNiP 1.04.03-85. Normy prodolzhitel'nosti stroitel'stva i za-dela v stroitel'stve predpriyatij zdaniy i sooruzhenij. – Minregion Rossii. – М.: 2010.
3. Metodicheskie rekomendacii: MDS 12-81.2007. Metodicheskie rekomendacii po razrabotke i oform-leniju proekta organizacii stroitel'stva i proekta proizvodstva rabot. – М.: 2007.
4. **Abashin, E. G.** Tehnologija, organizacija, planirovanie i upravlenie stroitel'nym proizvodstvom. Voprosy-otvety, primery, zadachi i upravnenija. [Jelektronnyj resurs] / E.G. Abashin, S.M. Astahov, B.A. Bo-lihov, Ju.I. Brezgin. – Jelektron. dan. – OrelGAU, 2013.
5. Organizacija, planirovanie i upravlenie stroitel'nym proizvodstvom [Jelektronnyj resurs] // pstu. – Rezhim dostupa: http://pstu.ru/files/file/CTF/sp/vopr_i_otv/razd05.html
6. Kalendarnyj plan proizvodstva rabot po ob#ektu [Jelektronnyj resurs] // stroilogik. – Rezhim dostu-pa: <http://stroilogik.ru/tehnologiya/organizaciya/84-kalendarnyi-plan-proizvodstva-rabot.html>
7. PromOffice Brigadir [Jelektronnyj resurs] // skan. – Rezhim dostupa: http://www.skan.ru/software/n5787_promoffice_brigadir.html.
8. **Vorob'eva, Ju. A.** Informacionno-diagnosticheskoe obespechenie programmy kapital'nogo remonta / Ju. A. Vorob'eva, D. V. Zajcev // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2016. – №1(22). – С. 159-163.
9. **Mel'kumov, V. N.** Perspektivy primeneniya geodezicheskix metodov nabljudeniya za deformatsijami pnevmaticheskix opalubok / V.N. Mel'kumov, A.N. Tkachenko, D.A. Kazakov, N.B. Hahulina // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2015. – №1(37). – С. 51-58.
10. **Melkumov, V. N.** Innovative pneumotechnologies of the erection of dispersion-reinforced structures / V.N. Melkumov, A.N. Tkachenko, D.A. Kazakov // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2015. – №3(27). – С. 7–18.
11. **Mel'kumov, V. N.** Vozmozhnost' sovmeshhenija tehniko-matematicheskogo podhoda i metoda jekspertnyh ocenok v diagnostike priznakov poteri nesushhej sposobnosti stroitel'nyh konstrukcij / V. N. Mel'kumov, R.Ju. Mjasishhev, Ju.D. Sergeev // Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. – 2014. – №4(36). – С. 54-63.
12. **Drapaljuk, D. A.** Jefferktivnye podhody k kontrolju kachestva stroitel'no-montazhnyh rabot / D. A. Drapaljuk, N. A. Drapaljuk // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2015. – №1(18). – С. 61-65.

CONSTRUCTION WORK AT INSTALLATION OF SUPPORTS OF OVERHEAD POWER LINES

E. O. Blagovestnaya, I. R. Arbuzova, E. E. Soshnikova, A. R. Sarkisova

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

E. O. Blagovestnaya, assistant of the 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

I.R. Arbuzova student of the Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: arbuz1973@bk.ru

E. E. Soshnikova student of the 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

A. R. Sarkisova student of the 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. The main objective of construction planning consists in drawing up such charts of their performance, which satisfy all existing constraints. In the planning table, you must provide use of all necessary resources. The essence of scheduling is to ensure every employee with information regarding his job, the working space in the near future, his role in the execution of works on production of the final product. The company also provides workers with all necessary equipment, materials to complete a task. The primary function of scheduling is the organization of work of all collective of the enterprise, which takes into account the interconnection and mutual support to each other.

Results and conclusions. Scheduling using modern software systems increases the efficiency of the production process. With their help, the structural unit is clearly OSPEDALE us about what works and when you plan to perform to get the most profit and to remain up-to-speech relationships, decrease time spent on calculations.

Keywords: calendar plan, the schedule of movement of workers, the schedule of movement of cars, the schedule of movement of materials.

Для цитирования: Благовестная, Е. О. Проведение строительных работ при монтаже опор воздушных линий электропередачи / Е. О. Благовестная, И. Р. Арбузова, Е. Е. Сошникова, А. Р. Саркисова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – № 3 (8). – С. 59-66.

For citation: Blagovestnaya, E. O. Construction work at installation of supports of overhead power lines / E. O. Blagovestnaya, I. R. Arbuzova, E. E. Soshnikova, A. R. Sarkisova // Gradostroitelstvo. Infrastruktura. Kommunikatsii. – 2017. – № 3 (8). – Pp. 59-66.

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.