

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО
ИНФРАСТРУКТУРА
КОММУНИКАЦИИ**

Выпуск № 1 (2) 2016

**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

№ 1 (2)

Февраль, 2016

- 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

№ 1 (2)

February, 2016

- 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 архитектурно-строительный 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 архитектурно-строительный университет

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

**Заместители
главного редактора:** **Енин А. Е.**, канд. архит, проф.,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Чуйкин С. В., канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

**Ответственный
секретарь:** **Тульская С. Г.**, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

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

Донцов Д. Г., д-р архит., проф., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

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

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

Капустин П. В., канд. арх., доц., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

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

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

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

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

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

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

Мищенко В. Я., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

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

Птичникова Г. А., д-р архит., проф., Волгоградский филиал НИИТИАГ РААСН

Сафронов В. С., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Склярков К. А., канд. техн. наук, доц., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

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

Чесноков Г. А., канд. арх., доц., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Шапиро Д. М., д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Шубенков М. В., д-р арх., проф., Московский архитектурный институт

Подписано в печать 26.02.2016. Усл. печ. л. 6.74. Формат 60×84/8. Тираж 1000 экз. Заказ № 000

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: издательство учебной литературы и учебно-методических пособий
Воронежского государственного архитектурно-строительного университета
394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

© Воронежский ГАСУ, 2015



**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 University of Architecture and Civil Engineering». 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 University of Architecture and Civil Engineering

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief: **Melkumov V. N.**, D. Sc. in Engineering, Prof.,
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

**Dep. of the
Editor-in-Chief:** **Enin A. E.**, PhD in Architecture., Prof.,
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Chujkin S. V., PhD. in Engineering, Assoc. Prof.,
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

**Executive
secretary:** **Tulskaya S. G.**, PhD. in Engineering, Assoc. Prof.,
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Bondarev B. A., D. Sc. in Engineering, Prof., Lipetsk State Technical University, Russia
Dontsov D. G., PhD in Architecture, Prof., Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Zubkov A. F., D. Sc. in Engineering, Prof., Tambov State Technical University, Russia
Kalgin Y. I., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Kapustin P. V., PhD in Architecture, Assoc. Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Kozlov V. A., D. Sc. in Physics and Mathematics, Assoc. Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Kuznetsov S. N., D. Sc. in Engineering., Assoc. Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, 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 University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Mishhenko V. Ja., Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Podolsky V. P., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Ptichnikova G. A., PhD in Architecture, Prof., Volgograd branch NIITIAG RAASN, Russia
Safronov V. S., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Sklyarov K. A., PhD. in Engineering, Assoc. Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Samodurov T. V., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Chesnokov G. A., PhD. Architecture, Assoc. Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Shapiro D. M., D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Russia
Shubenkov M. V., D. Sc. Architecture, Prof., Moscow Architectural Institute, Russia

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

Signed to print 26.02.2016. Conventional printed sheets 6.74. Format 60×84/8. Circulation 1000 copies. Order 000

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.

Published in Printing Office of Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
84 20-letiya Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russian Federation

© Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	9
<i>Прокопенко А. А., Козлов А. В., Мартыненко Г. Н.</i> Аспекты экономичного расходования ресурсов на примере применяемых биогазовых установок.....	9
<i>Кипрушева Н. А.</i> Комплекс задач по оптимизации обеспечения потребителей энергоресурсами.....	16
<i>Тулская С. Г., Мозговая К. Г.</i> Ресурсосберегающие технологии биогазовых установок при переработке отходов сельского хозяйства.....	21
<i>Кирнова М.А.</i> Организация вытяжной вентиляции разноэтажного жилого комплекса.....	28
<i>Короткова Е. А.</i> Минимизация затрат в процессе проектирования стального резервуара.....	38
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	44
<i>Кшевинская Е. О., Лавлинская Е. А., Плаксина Е. В.</i> Гололедные и ветровые нагрузки на воздушные линии электропередачи.....	44
ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)	49
<i>Мурзинов В. Л., Паршина А. П., Паршин М. В.</i> Моделирование конвективного теплообмена в помещении при наличии открытого пламени.....	49
ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ	56
СВЕДЕНИЯ ДЛЯ ДОКТОРАНТОВ, АСПИРАНТОВ И СОИСКАТЕЛЕЙ	58

CONTENTS

HEAT AND GAS SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION	9
<i>Prokopenko A. A., Kozlov A. V., Martynenko G. N.</i> Aspects of economical expenditure of resources the example used of biogas plants.....	9
<i>Kiprusheva N. A.</i> The tasks of optimizing the provision consumers energy.....	16
<i>Tulskaya S. G., Mozgovaya K. G.</i> Resource-saving technology of biogas plants in the processing of agricultural waste.....	21
<i>Kirnova M. A.</i> Organization of exhaust ventilation of the housing estate with various amounts of storeys.....	28
<i>Korotkova E. A.</i> Minimization of expenditures during the process of engineering of steel tanks.....	38
DESIGNING AND CONSTRUCTION OF ENERGY NETWORKS.....	44
<i>Kshevinskaya E. O., Lavlinskaya E. A., Plaksina E. V.</i> Ice and wind loads on overhead transmission lines.....	44
FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY (CIVIL ENGINEERING).....	49
<i>Murzinov V. L., Parshina A. P., Parshin M. V.</i> Modeling of convective heat transfer in the room in the presence of an open flame.....	49
RULES OF PREPARATION OF ARTICLES.....	56
INFORMATION FOR D.SC. AND PH.D. CANDIDATES.....	58

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 620.9

АСПЕКТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАСХОДОВАНИЯ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ ПРИМЕНЯЕМЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

А. А. Прокопенко, А. В. Козлов, Г. Н. Мартыненко

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, г. Воронеж, тел. +7(950)-763-18-21, e-mail: prokopenko_nastyusha15@mail.ru*

А. А. Прокопенко, студентка кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, г. Воронеж, тел. +7(980)-546-93-24, e-mail: alexkozlov1995@gmail.com*

А. В. Козлов, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, г. Воронеж, тел. +7(903)-651-32-29, e-mail: glen2009@rambler.ru*

Г. Н. Мартыненко, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Постановка задачи. Рассмотрение разновидностей существующих биогазовых установок, а также их конструкций. Составление подробной классификации биогазовых установок. Анализ зависимости количества выхода биогаза в зависимости от вида топлива. Проанализировать назначение различных биогазовых установок, актуальность применения установок для производства биологического газа, преимущества их использования.

Результаты. Досконально рассмотрены элементы, составляющие биогазовую установку, производительность установок, зависящая от типа применяемого топлива.

Сформирована общая картина о значении биогазовых установок в современном мире в качестве метода ресурсоэнергосбережения.

Выводы. Установлено, что биогазовые установки вносят неоценимый вклад в сохранение энергетических и топливных ресурсов; их использование решает ряд экологических проблем.

Ключевые слова: биогаз, биогазовая установка, биоудобрения.

Введение. В настоящее время, когда большое внимание уделяется сохранению экологии и экономному расходованию ресурсов, изобретается всё больше различных способов, которые отвечают этим характеристикам, и одним из таких изобретений стала биогазовая установка. Так однажды люди пришли к мнению, что более целесообразным будет использование газа биологического происхождения. Хотя стоит заметить, что человечество в некоторых регионах планеты уже довольно давно использует газ биологического естественного происхождения.

Ещё в первом тысячелетии до н.э уже существовали примитивные биогазовые установки. Алеманы, заселявшие заболоченные земли бассейна Эльбы додумались шить из кожи тенты и накрывать ими болото, отводить газ по кожаным трубам к своему жилищу и сжигать его для приготовления пищи. Для них это было выходом из сложившейся ситуации, ведь в этой данной болотистой местности было сложно найти сухие дрова для костра [2, 4, 5].

1. Устройство биогазовой установки. Биогазовая установка - установка для производ-

ства биогаза. Биогаз – это продукт обмена веществ метановых бактерий, который образуется в результате разложения органической массы.

Для производства биологического газа могут использоваться различные отходы сельскохозяйственных культур, навоз крупно- и мелко-рогатого скота, трава, птичий помёт, отходы, полученные из забойных цехов и производств рыбной промышленности. Также для переработки и получения газа годятся отходы любых других производств пищевой промышленности, а помимо этого в ход идут водоросли, из которых возможно получать достаточно большое количество кубометров газа на выходе. Помимо этого выращиваются специальные энергетические культуры, такие как силфий и силосная кукуруза. Количество выхода биогаза в зависимости от вида сырья представлено в таблице.

Таблица

Выход биогаза в зависимости от типов сырья

Тип сырья	Выход газа (м ³ на 1 кг сухого вещества)	Выход газа (м ³ на 1 тонну при влажности 85%)
Навоз КРС	0,250-0,340	38-51,5
Свиной навоз	0,340-0,580	51,5-88
Птичий помёт	0,310-0,620	47-94
Конский навоз	0,200-0,300	30,3-45,5
Овечий навоз	0,300-0,620	45,5-94

Устройство биогазовой установки показано на рис. 1. Установка состоит из таких элементов как: емкость сбора и гомогенизации сырья, в которой может быть встроен специальный миксер для измельчения отходов. Но это зависит сугубо от вида биогазовой установки.



Рис.1. Устройство биогазовой установки

Подготовительная ёмкость служит для того, чтобы подготовить субстрат и потом загрузить его в биогазовый реактор. Существуют биогазовые реакторы как с подготовительными ёмкостями, так и без. Если подготовительная ёмкость всё же имеется вся установка, дополнительно оснащается специальной платформой, которая позволяет устанавливать подготовительную

ёмкость. Далее, если биогазовая установка оснащается вышеперечисленными элементами, она также оборудуется и специальным насосом, который загружает сырьё в реактор.

Сам реактор может быть как один, так их может быть и несколько. Для того, чтобы реактор для производства биологического газа имел возможность работать не только летом, но и зимой, он оснащается специальным обогревателем, подогревающим биомассу снизу, а станки его утеплены особым полимерным материалом. Сверху, естественным путём реактор обогревается благодаря выделяемому газу. Температура в реакторе не должна падать ниже 37 градусов. Нормальной температурой для брожения является температура от 37 до 38 градусов по Цельсию.

Чтобы упростить понимание устройства установки можно сравнить его с большим термосом, в котором температура всегда поддерживается на должном уровне. И как было сказано выше, температуре не даёт понизиться обогревающий элемент – ТЭНы, встроенные в его нижнюю часть. Помимо всего этого биогазовая установка оснащается блоком управления, системой трубопроводов для вывода газов, газгольдером, контролирующим давление газа на выходе, а также может дополнительно оснащаться водяным или газовым отоплением, если это необходимо.

2. Классификация биогазовых установок. Биогазовые установки классифицируются:

1) По рабочему циклу. Все биогазовые установки делятся по рабочему циклу на два типа: непрерывно работающие и работающие периодически. Непрерывно работающие биогазовые установки постоянно подгружаются сырьём, и одновременно переработанная биомасса отгружается. Таким образом, работа установки не прерывается.

Биогазовые установки, работающие периодически или циклично, загружаются полностью до рабочего уровня и герметически закрываются, в течение некоторого промежутка времени установка активно выделяет биогаз, после полной переработки биомассы установка разгружается и рабочий цикл повторяется.

2) По методу загрузки. Можно различить два разных типа биогазовых установок:

а) установки порционной загрузки полностью загружаются сырьём, а затем полностью освобождаются после определенного времени переработки. Для такого типа загрузки подходят установки любой конструкции и любой тип сырья, но такие установки отличаются нестабильным производством биогаза;

б) установки непрерывной загрузки ежедневно загружаются маленькими порциями сырья. При загрузке нового сырья, равная порция переработанного шлама выгружается. Сырьё, перерабатываемое в таких установках, должно быть жидким и однородным. Производство газа стабильно и количественно превышает объем вырабатываемого на порционных установках биогаза. Практически все стоящиеся сейчас в развитых странах установки работают как установки непрерывной загрузки.

3) По методу сбора биогаза. Внешний вид биогазовых установок зависит от выбранного метода сбора биогаза. Баллонные установки представляют собой термостойкий пластиковый или резиновый мешок (баллон), в котором совмещены реактор и газгольдер. Трубы для загрузки и выгрузки сырья крепятся прямо к пластику реактора. Давление газа достигается за счет растяжимости мешка и за счет дополнительного груза, который ложится на мешок. Преимущества такой установки - низкая стоимость, легкость перемещения, простота конструкции, высокая для психофильного режима температура брожения, простота очистки реактора, загрузки и выгрузки сырья. Недостатки такой установки - короткий период эксплуатации (2-5 лет), высокая восприимчивость к внешним воздействиям, малая возможность создания дополнительных рабочих мест.

Вариантом баллонных установок являются установки канального типа, которые обычно закрываются пластиком и предохраняются от прямого попадания солнечных лучей. Такие установки часто используются в развитых странах, особенно при переработке сточных вод. Установки с мягким верхом могут быть рекомендованы к использованию тогда, когда суще-

ствует малая вероятность повреждения резиновой оболочки реактора и когда температура окружающей среды достаточно высокая.

Установки с фиксированным куполом (рис.2) состоят из закрытого, куполообразного реактора и выгрузочной емкости, также известной как компенсирующая емкость. Газ собирается в верхней части реактора - куполе. Когда загружается очередная порция сырья, переработанное сырье выталкивается в компенсирующую емкость. С увеличением давления газа, повышается уровень переработанного сырья в компенсирующей емкости.

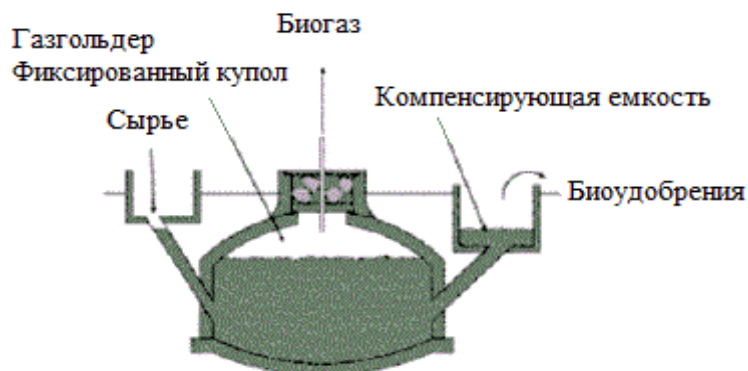


Рис. 2. Установка с фиксированным куполом

Китайские установки с фиксированным куполом являются наиболее распространенным типом всех подобных установок. Более 12 миллионов таких установок было построено и работает в Китае. Использование газа в бытовых приборах осложняется переменами в давлении газа. Горелки и другие бытовые приборы практически невозможно настроить для оптимальной работы. Если необходимо постоянное давление газа, рекомендуется поставить регулятор давления в реакторе или выбрать другую конструкцию установки. Реакторы установок с фиксированным куполом обычно представляют собой кирпичные или бетонные емкости. Такие установки покрываются землей до вершины, наполненной газом для сдерживания внутреннего давления (до 0,15 бар).

По экономическим причинам минимальный рекомендуемый размер реактора 5 м^3 . Известны такие установки с объемами реакторов до 200 м^3 . Газгольдером является верхняя часть установки с фиксированным куполом (место, где собирается газ), которая должна быть герметична. Кирпичная кладка и бетон не герметичны, поэтому эта часть установки должна покрываться слоем вещества не пропускающим газ (латекс, синтетические краски). Возможностью уменьшить риск трещин в газгольдере является строительство слабого кольца в кладке реактора. Такое кольцо является эластичным соединением между нижней (водонепроницаемой) и верхней (газонепроницаемой) частью полусферической структуры установки. Оно предотвращает продвижение трещин, появляющихся из-за гидростатического давления в нижних частях реактора в верхнюю часть газгольдера.

Установки с плавающим куполом (рис.3) состоят обычно из подземного реактора и подвижного газгольдера. Газгольдер плавает или прямо в сырье или в специальном водяном кармане. Газ накапливается в газгольдере, который поднимается или опускается в зависимости от давления газа. Газгольдер поддерживается специальной рамкой от опрокидывания. Если газгольдер плавает в специальном водном кармане, он защищен от опрокидывания.

Преимуществами этой конструкции являются легкость ежедневных операций, легкость определения объема газа по высоте, на которую поднялся газгольдер. Давление газа является постоянным, и определяется весом газгольдера. Строительство установки с плавающим куполом нетрудное, и ошибки в конструкции обычно не ведут к большим проблемам в получении газа. Недостатками такой конструкции являются высокая стоимость стального реактора и высокая чувствительность железа к коррозии. Поэтому, установки с плавающим куполом

имеют меньший срок службы, чем установки с фиксированным верхом. В прошлом, установки с плавающим куполом строились в основном в Индии. Такие установки состоят из цилиндрического или куполообразного кирпичного или бетонного реактора и плавающего газгольдера. Газгольдер плавает в специальном водяном кармане или прямо в сырье и имеет внутреннюю или внешнюю раму, которая обеспечивает стабильность и сохраняет газгольдер в вертикальном положении. При выработке биогаза, газгольдер всплывает выше, при использовании газа, он опускается. Такие установки используются, в основном, для переработки навоза, органических отходов и фекалий в режиме постоянной, т.е. ежесуточной загрузки. Чаще всего они строятся на фермах среднего размера (реактор $5-15 \text{ м}^3$) или в больших агроиндустриальных комплексах (реактор 20100 м^3).

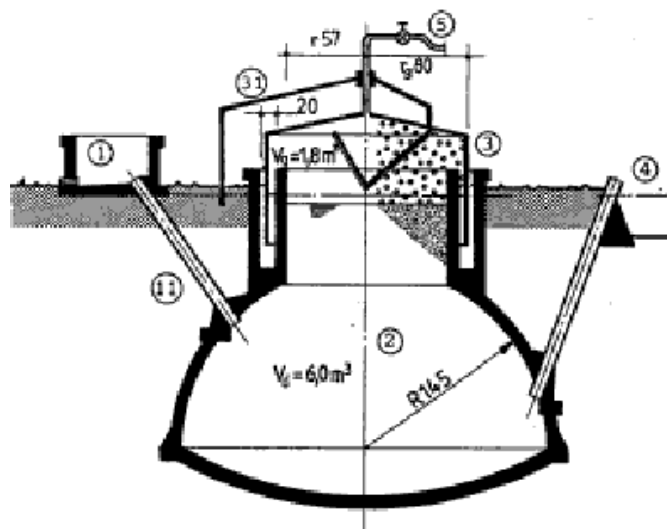


Рис. 3. Индийский стандарт на сооружение установки с плавающим куполом

4) По расположению установок. Бывают горизонтальные и вертикальные, подземные и надземные установки. Выбор расположения реактора установки зависит от метода загрузки и наличия свободной территории в хозяйстве. Горизонтальные установки выбирают для непрерывного метода загрузки сырья и при наличии достаточного места. Вертикальные установки больше подходят для порционной загрузки сырья и используются при необходимости для уменьшения места, занимаемого реактором.

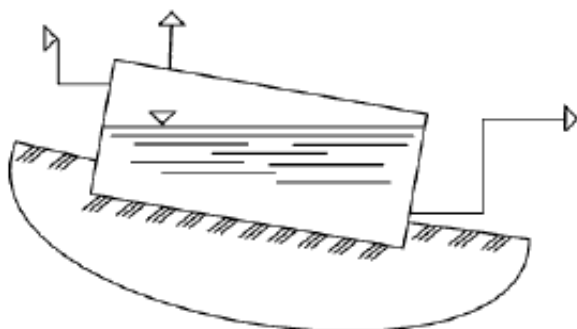


Рис. 4. Биогазовая установка, расположенная на склоне

При выборе расположения подземных и наземных установок нужно учитывать топографию и пользоваться ею для оптимизации работы установки. Например, очень удобно располагать установку на склоне (рис.4), чтобы загрузочное отверстие находилось достаточно низко, сырье в реакторе перемещалось за счет легкого наклона к выгрузочному отверстию, которое находилось бы на небольшой высоте для удобства загрузки в транспортные сред-

ства. Еще один фактор, который нужно учитывать при выборе установки, это улучшенная теплоизоляция подземных установок, включающая слабое влияние суточных изменений температуры на процесс сбраживания сырья, так как температура почвы на глубине более 1 метра практически не изменяется.

5) По материалам, из которых изготовлены реакторы биогазовых установок. Бывают металлические, бетонные и кирпичные реакторы. Бетонные реакторы обычно сооружаются под землей. Бетонный реактор имеет цилиндрическую форму, и небольшие установки (до 6 м³) могут изготавливаться на конвейерной основе. Необходимы специальные меры для герметизации реактора. Преимущества: низкие затраты на сооружение и материалы, возможность массового производства. Недостатки: большой объем потребления хорошего качественного бетона, необходимость квалифицированных строителей и большого количества проволоочной сетки, относительная новизна и конструкции, необходимость специальных мер для обеспечения герметичности газгольдера. Кирпичные реакторы сооружаются для подземных установок с фиксированным или плавающим газгольдером и имеют округлую форму.

Преимущества: низкие начальные капиталовложения и долгий срок эксплуатации, нет движущихся или ржавеющих частей, конструкция компактна, экономит место и хорошо изолирована, строительство создает местную занятость. Подземное расположение позволяет снизить площадь, занимаемую установкой, и предохраняет реактор от резких изменений температуры.

Недостатки: кирпичный газгольдер требует специальных покрытий для обеспечения герметичности и высокого мастерства, часто случаются утечки газа, работа установки плохо контролируется из-за подземного расположения, установка требует тщательного расчета уровней постройки, подогрев сырья в реакторе очень сложен и дорог в осуществлении. Таким образом, кирпичные установки могут быть рекомендованы к применению только в теплых странах при наличии квалифицированного персонала. Металлические реакторы подходят для любых типов установок, герметичны, выдерживают большое давление и просты в изготовлении. Часто можно использовать уже имеющиеся емкости. Но, металл относительно дорогой и требует ухода для предотвращения ржавчины [1, 3].

Вывод. Использование биогаза очень актуально на сегодняшний день. Во-первых, поскольку запасы природного газа, нефти и угля не бесконечны. Благодаря строительству и организации работы биогазовых установок, можно получать не только экологически чистое топливо, но и органические отходы, которые и дальше могут служить в качестве удобрений.

Во-вторых, производство биогаза в биогазовых установках биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу, а ведь метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO₂, и находится в атмосфере 12 лет. Захват метана - лучший краткосрочный способ предотвращения глобального потепления.

В-третьих, при некоторых видах производства это является оптимальным решением, существенно сказывающимся на экономии и позволяющим снизить себестоимость выпускаемых продуктов. Таким образом, предприятие получает возможность обрести некоторую энергетическую независимость. Это обусловлено тем, что помимо установок производящий биологический газ, также можно в комплексе установить и когенерационное оборудование, которое будет преобразовывать газ в энергию, обеспечивая ею производство. Кроме того, биогазовые установки предлагают один из самых реальных ответов на вопрос, который все сильнее волнует экологов: «Куда девать мусор?». Переработка органического мусора в высокоэффективные удобрения, с получением в качестве побочных продуктов биологического топлива, ценного в хозяйстве углекислого газа, а также при оборудовании установки специальными фильтрами чистой воды делает биогазовые установки, фактически вне конкуренции, по сравнению с другими агрегатами по утилизации мусора. Также стоит отметить, что постройка биогазовой установки, перерабатывающей мусор в промышленных масштабах не такое уж дорогое удовольствие, а комбинирование ее с другими источниками восполняемой

энергии, такими как энергия ветра и солнца, повышает эффективность оборудования для ферментации биомасс чуть ли не в несколько раз.

Приведенная классификация биогазовых установок позволяет проанализировать аспекты дальнейшего рассмотрения их с целью переработки мусорных отходов в Воронежской области.

Библиографический список

1. **Баадер, В.** Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне и др., 1982.
2. **Бойлс, Д.** Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки / Д. Бойлс. - 1984.
3. **Соуфер, С.** Биомасса как источник энергии / С. Соуфер, О. Заборски. - 1985.
4. **Четошникова, Л. М.** Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учебное пособие / Л. М. Четошникова – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 69с.
5. **Шомин, А. А.** Биогаз на сельском подворье / А. А. Шомин. - Балаклея: Информационно-издательская компания «Балаклійщина», 2002 - 68с.

References

1. **Baader, V.** Biogaz: teorija i praktika / V. Baader, E. Done i dr., 1982.
2. **Bojls, D.** Bioenergija: tehnologija, termodinamika, izderzhki / D. Bojls. - 1984.
3. **Soufer, S.** Biomassa kak istochnik jenerгии / S. Soufer, O. Zaborski. - 1985.
4. **Chetoshnikova, L. M.** Netradicionnye vozobnovljaemye istochniki jenerгии: uchebnoe posobie / L. M. Chetoshnikova – Cheljabinsk: Izd-vo JuUrGU, 2010. – 69s.
5. **Shomin, A. A.** Biogaz na sel'skom podvor'e / A. A. Shomin. - Balakleja: Informacionno-izdatel'skaja kompanija «Balaklijshhina», 2002 - 68s.

ASPECTS OF ECONOMICAL EXPENDITURE OF RESOURCES THE EXAMPLE USED OF BIOGAS PLANTS

A. A. Prokopenko, A. V. Kozlov, G. N. Martynenko

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, Voronezh, tel. +7(950)-763-18-21, e-mail: prokopenko_nastyusha@mail.ru

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

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, Voronezh, tel. +7(980)-546-93-24, e-mail: alexkozlov1995@gmail.com

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

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, Voronezh, tel. +7(903)-651-32-29, email address: glen2009@rambler.ru

G. N. Martynenko PhD in Engineering, Ph. D. as. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Formulation of the problem. Consideration of the species existing biogas plants, as well as their designs. Drawing up a detailed classification of biogas plants. Analysis of the dependence of the amount of biogas output depending on the type of fuel. Analyze the assignment of various biogas plants, the relevance of the use of plants for the production of biogas, the benefits of their use.

Results. Thoroughly reviewed the elements that make up the biogas plant, plant productivity, depending on the type of fuel. Formed general picture of the significance of biogas plants in the modern world as a method of economy of resources.

Conclusions. It was found that the biogas plants make an invaluable contribution to the conservation of energy and fuel resources; use them to solve some environmental problems.

Keywords: biogas, biogas plant, bio-fertilizers

УДК 620.9

КОМПЛЕКС ЗАДАЧ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ

Н. А. Кипрушева

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-53-21, e-mail: kipr-na@rambler.ru
Н. А. Кипрушева магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

Постановка задачи. Эффективное снабжение энергоресурсами потребителей при заданных возможностях производителей энергоресурсов и транспортных связей между ними – является основной задачей стратегического планирования больших систем – крупные производственно-экономические системы (например, холдинги), города, строительные и научно-исследовательские комплексы, промышленные предприятия.

Результаты и выводы. Предложение решения реализации данной математической модели, которая учитывает все имеющиеся ограничения в производстве, потреблении и доставки энергоресурсов. Разработанный комплекс задач обеспечивает снабжение энергоресурсами потребителей, получение оптимальных по критерию минимума затрат на доставку и распределение энергоресурсов при определенных ограничениях.

Ключевые слова: энергоресурсы, математические модели, энергоаудит, линейное программирование.

Введение. В современном мире необходимым условием сохранения жизни и развития цивилизации стало обеспечение человечества достаточным количеством энергии и топлива. Энергетика, в широком смысле, охватывает сложную совокупность процессов преобразования и передачи энергии от источников получения природных энергетических ресурсов до приемников энергии включительно.

Энергетика представляет собой сложный развивающийся объект, исследование которого возможно только на основе системного подхода. Важная особенность энергетики – ее развитие в направлении углубления принципа системности, т.е. по пути формирования совокупности больших систем на основе сочетания концентрации как производства, так и средств транспорта преобразованных видов энергии и энергетических ресурсов, и централизации их распределения [4, 5, 8, 11].

Главное в развитии систем энергетики – глобальность, характеризуемая превращением их в единые системы. Перед тем, как разработать и назначить необходимые меры для обеспечения успешного внедрения комплекса мер по оптимизации энергоснабжения больших систем (промышленных предприятия), проводят энергоаудит [6].

Энергетическое обследование – сбор информации об использовании энергетических ресурсов, показателях энергетической эффективности. Энергоаудит помогает грамотно применить существующие задачи и оптимизировать их [7]. Также от ритмичности и бесперебойности энергоснабжения предприятия зависит выполнение предприятием государственного плана, от себестоимости получения и распределения различных видов энергии зависит себестоимость выпускаемой предприятием продукции.

1. Комплекс задач по оптимизации процесса энергоснабжения предприятий. Для комплексных задач энергетики часто тесно связанных с ними смежных народнохозяйственных задач, важен системный подход за счет оптимизации и разработки комплекса задач [3]. Для достижения цели разработана математическая постановка следующих задач.

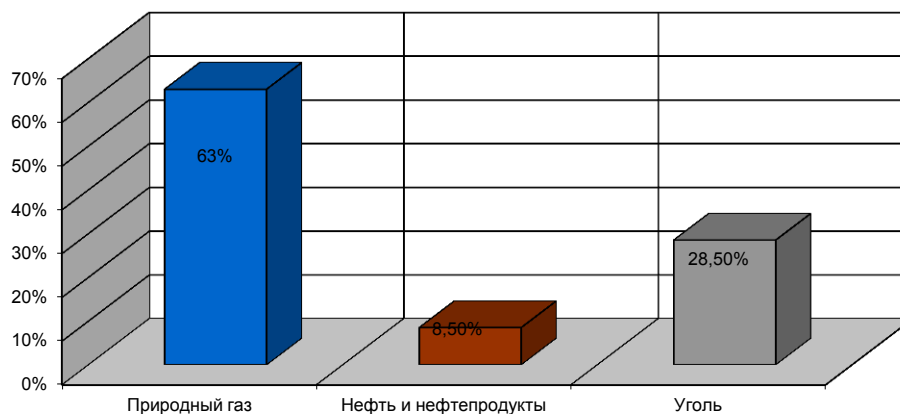


Рис. Топливо-энергетический баланс России (в %)

1.1 Задача внешнего энергоснабжения при планировании перевозок однородных энергоносителей (уголь, торф, газ, нефть) между поставщиками и потребителями размещенными в различных точках пространства. Постановка задачи заключается в следующем. Пусть имеется m пунктов производства (поставщиков) некоторого однородного продукта энергоносителя и n пунктов его потребления. Для каждого пункта производств i известен объем производств $a_i, i = \overline{1, m}$, а для каждого пункта потребления j -объем потребления $b_j, j = \overline{1, n}$, при этом чаще всего предполагается, что суммарные производств и суммарное потребление сбалансированы, т.е

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (1)$$

где i - пункт производства энергоносителя; a_i - объем производства энергоносителя; j - пункт потребления энергоносителя; b_j - объем потребления энергоносителя .

Задача затраты c_{ij} на перевозку единицы энергоносителя от каждого пункта производства до каждого пункта потребления. Требуется составить план перевозок, отслеживающий всех потребителей, не выходящий за пределы производительности поставщиков и отслеживающий минимум суммарных затрат на перевозку.

Ведением переменных x_{ij} , представляющих собой объемы перевозок от каждого поставщика к каждому потребителю j , эта задача приводится к минимуму пути:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (2)$$

при условиях

$$x_{ij} \geq 0, \sum_{i=1}^m x_{ij} = a_i, \sum_{j=1}^n x_{ij} = b_j, \quad (3)$$

где $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$.

Данная задача решает проблему экономического плана транспорта однородных или взаимозаменяемых продуктов из пунктов производства (источников теплоты) в пункты потребления (абонентские установки потребителей теплоты) и является задачей линейного про-

граммирования транспортного типа. Наиболее распространенным методом ее решения является «метод потенциалов» [1, 3].

1.2 Задача внутреннего энергоснабжения при планировании экономного назначения источников тепло (электро) энергии на потребителей. Постановка задачи заключается в следующем. Пусть имеется n источников энергии и n потребителей энергии внутри некоторого производственного помещения (Объекта). При закреплении i -го источника за j -ым потребителем производятся затраты c_{ij} , $i, j = \overline{1, n}$ при соблюдении условий:

- а) каждый источник может прикрепляться только к одному потребителю;
- б) каждый потребитель может прикрепляться только к одному источнику.

Требуется в рамках данных ограничений найти такую схему закрепления потребителей за источниками при которой достигается минимальные суммарные затраты на сопряжение теплоносителями источника с потребителями.

Введем переменную x_{ij} - признак назначения источника энергии на потребителя энергии

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ый источник назначен на } j\text{-го потребителя} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad (4)$$

тогда математически задача формуруется следующим образом

$$\min_{(x_{ij})} \sum c_{ij} \cdot x_{ij}, \quad (5)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad x_{ij} = 1 \dots 0. \quad (6)$$

Выражение (1) означает цель решения задачи, а выражение (2) соответствует ограничениям а) и б).

Данная задача является задачей целочисленного линейного программирования наиболее распространенным методом ее решения является «Венгерский метод» [1].

1.3 Задача финансирования исследовательских проектов при разработке систем энергоснабжения. Постановка задачи заключается в следующем. Пусть на протяжении T лет возможно осуществление n - исследовательских проектов. Ожидаемый эффект каждого j -го проекта выраженный в единицах полезности составляет c_j , $j = \overline{1, n}$. Затраты в год i на осуществление проекта составляют a_{ij} , а общий лимит капиталовложений на исследования в году i равен b_i , $i = \overline{1, m}$. Требуется указать максимально эффективный набор проектов не выходящий за пределы отпускаемых вложений.

Введем переменную x_j

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если проект осуществляется} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad (7)$$

найти

$$\min_{(j)} \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad (8)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i, i = \overline{1, m}, x_j = 0, 1, j = \overline{1, n}. \quad (9)$$

Задача является задачей нелинейного целочисленного программирования типа «задача о ранце». Метод решения «метод ветвей и границ» [2].

Вывод. В статье показано, что задачи оптимизации схем энергоснабжения по критерию минимум затрат могут быть формализованы на языке линейного программирования, в виде задачи транспортного типа или задачи о назначениях [7, 9, 10, 12].

В настоящее время разработаны эффективные методы их решения – метод потенциалов, венгерский метод, метод ветвей и границ. Создана библиотека программ, позволяющие находить точные решения рассмотренных оптимизационных задач. В результате разработана схема обеспечения энергоресурсами по критерию минимальных затрат на их доставку и финансирование, при ограничениях на объемы их производства и потребления.

Библиографический список

1. **Кузнецов, Ю. Н.** Математическое программирование: Учебник / Ю.Н. Кузнецов, В.И. Кузубов А.Б., Волощенко. Изд-во Вышшая школа)- 2-е изд, 1980. - 302с.
2. **Кофман, А.** Методы и модели исследования операций / А. Кофман, А. Анри-Лабордер - Изд-во: «Мир», 1977. – 432с.
3. **Соболь, Б. В.** Методы оптимизации: практикум / Б.В. Соболь, Б.Ч. Месхи, Г.И. Каныгин. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 380с.
4. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования: монография / В.Н. Семенов [и др.]. Изд-во Воронежского ГАСУ, 2010. – 135с.
5. **Китаев, Д. Н.** Развитие системы теплоснабжения городского округа город Воронеж в долгосрочной перспективе / Д.Н. Китаев // Инженерные системы и сооружения. – 2010. - №2(3). – С.72-77.
6. **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.
7. **Китаев, Д. Н.** Современные отопительные приборы и система теплоснабжения / Д.Н. Китаев, Т.В. Щукина. – 2012. - № 6. – С.59-62.
8. **Мелькумов, В. Н.** Экологическая безопасность и технико-экономическая эффективность предприятий по сжиганию твердых бытовых отходов городов / В. Н. Мелькумов, О. А. Сотникова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2011. - № 4. - С. 167-181.
9. **Мелькумов, В. Н.** Территориальное планирование рекреационной зоны района жилой застройки / В. Н. Мелькумов, С. В. Чуйкин, А. А. Мельникова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2015. - № 3 (39). - С. 113-121.
10. **Булыгина, С. Г.** Разработка критериев для обоснования выбора схем и параметров систем централизованного теплоснабжения / С. Г. Булыгина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2011. - № 1. - С. 9-16.
11. **Петрикеева, Н. А.** Задача технико-экономической оптимизации при определении толщины теплоизоляционного слоя теплосетей / Н. А. Петрикеева, А. В. Черемисин, А. В. Копытин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2016. - № 1 (41). - С. 21-28.
12. **Колосов, А. И.** Реструктуризация городских систем газоснабжения / А. И. Колосов, М. Я. Панов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2014. - Т. 2. - № 4 (17). - С. 18-25.
13. **Панов, М. Я.** Структурная оптимизация городских систем газоснабжения по критерию оптимальных положений регуляторных пунктов / М. Я. Панов, Ю. В. Суворова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2012. - № 4 (9). - С. 10-22.
14. **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.

References

1. **Kuznecov, Ju. N.** Matematicheskoe programmirovaniye: Uchebnik / Ju.N. Kuznecov, V.I. Kuzubov A.B., Voloshhenko. Izd-vo Vychshaja shkola)- 2-e izd, 1980. - 302s.

2. **Kofman, A.** Metody i modeli issledovaniya operacij / A. Kofman, A. Anri-Laborder - Izd-vo: «Mir», 1977. – 432s.
3. **Sobol', B. V.** Metody optimizacii: praktikum / B.V. Sobol', B.Ch. Meshi, G.I. Kanygin. – Rostov n/D.: Feniks, 2009. – 380s.
4. Kompleksnoe razvitie sistem kommunal'noj infrastruktury municipal'nogo obrazovaniya: mono-grafija / V.N. Semenov [i dr.]. Izd-vo Voronezhskogo GASU, 2010. – 135s.
5. **Kitaev, D. N.** Razvitie sistemy teplosnabzheniya gorodskogo okruga gorod Voronezh v dolgosrochnoj perspektive / D.N. Kitaev // Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. – 2010. - №2(3). – S.72-77.
6. **Semenov, V. N.** Jenergoberezenie i povyshenie jenergojeffektivnosti dlja ob#ektov social'noj sfery / V.N. Semenov, D.N. Kitaev, T.V. Shhukina, D.Ju. Korolev // Jenergoberezenie. – 2010. - №6. – S. 38-43.
7. **Kitaev, D. N.** Sovremennye otopitel'nye pribory i sistema teplosnabzheniya /D.N. Kitaev, T.V. Shhukina. – 2012. - №6. – S.59-62.
8. **Mel'kumov, V. N.** Jekologicheskaja bezopasnost' i tehniko-jekonomicheskaja jeffektivnost' predpriyatij po szhiganiju tverdyh bytovyh othodov gorodov / V. N. Mel'kumov, O. A. Sotnikova // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2011. - № 4. - S. 167-181.
9. **Mel'kumov, V. N.** Territorial'noe planirovanie rekreacionnoj zony rajona zhiloz zastrojki / V. N. Mel'kumov, S. V. Chujkin, A. A. Mel'nikova // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2015. - № 3 (39). - S. 113-121.
10. **Bulygina, S. G.** Razrabotka kriteriev dlja obosnovaniya vybora shem i parametrov sistem centrali-zovannogo teplosnabzheniya / S. G. Bulygina // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2011. - № 1. - S. 9-16.
11. **Petrikeeva, N. A.** Zadacha tehniko-jekonomicheskoy optimizacii pri opredelenii tolshhiny teploizoljacionnogo sloja teplosetej / N. A. Petrikeeva, A. V. Cheremisin, A. V. Kopytin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2016. - № 1 (41). - S. 21-28.
12. **Kolosov, A. I.** Restrukturizacija gorodskih sistem gazosnabzheniya / A. I. Kolosov, M. Ja. Panov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2014. - T. 2. - № 4 (17). - S. 18-25.
13. **Panov, M. Ja.** Strukturnaja optimizacija gorodskih sistem gazosnabzheniya po kriteriju optimal'nyh polozhenij reguljatornyh punktov / M. Ja. Panov, Ju. V. Suvorova // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2012. - № 4 (9). - S. 10-22.
14. **Martynenko, G. N.** Operativnoe upravlenie gazoraspredelitel'noj sistemoj na osnove modeli vozmushhionogo sostojaniya / G. N. Martynenko, S. N. Gnatjuk // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2012. - № 1. - S. 36-42.

THE TASKS OF OPTIMIZING THE PROVISION CONSUMERS ENERGY

N. A. Kiprusheva

*Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, Voronezh, ph. 8(473)271-53-21, e-mail: kivr-na@rambler.ru
N. A. Kiprusheva, master of the department of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

Statement of the problem. Efficient energy supply of consumers at given the who-the ability of energy producers and transport links between them – is the foundations tion task of strategic planning of large systems is a major production-economic system (for example, holdings), city building and scientific research complexes and industrial enterprises.

The results and conclusions. Proposal solution the implementation of this mathematical model, koto-Paradise takes into account all the available constraints in production, consumption and delivery Energoresurs-owls. Developed a set of objectives provides the supply of energy resources, radiation optimal according to the criterion of minimum cost for delivery and distribution of energy under certain restrictions.

Keywords: energy, mathematical models, energy audit, linear programming.

УДК 620.9

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

С. Г. Тульская, К. Г. Мозговая

*Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-53-21, e-mail: TCdtnkfyf2014@yandex.ru
С. Г. Тульская, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела
К. Г. Мозговая, студентка кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

Постановка задачи: Развитие биогаза в России сталкивается с существенными трудностями, но потенциал ресурсо-энергосбережения значителен. Доказано, что энергетический ресурс животноводческих отходов при использовании биогазовых установок может удовлетворить потребность людей в газоснабжении на 80 %. Использование биогаза в виде альтернативного источника, позволит значительно улучшить экологическую и экономическую ситуацию в стране.

Результаты и выводы: Обосновывается целесообразность применения биогазовых установок. Положительный опыт других стран показывает, что необязательно строить крупные энергетические объекты на невозобновляемых ресурсах, достаточно более эффективно и правильно оценить потенциал и строить небольшие децентрализованные источники с использованием возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: биогаз, экология, органические соединения, отходы, энергосбережение, ресурсосбережение

Введение. В настоящее время уделяется огромное внимание развитию альтернативной энергетики, а так же экономии топливно-энергетических ресурсов. Производство биогаза, является одним из альтернативных источников энергии. Биогаз имеет высокий потенциал для будущего энергоснабжения всех видов потребителей энергии [2, 4, 5, 6].

Для получения биогаза используются биогазовые установки, которые позволяют одновременно решить вопросы по:

- утилизацию органических отходов;
- сокращение дефицита энергетических и агрохимических ресурсов.

Первое упоминание о биогазе в истории зафиксировано древнегреческими племенами, которые использовали выделяющийся болотный газ для своих нужд, подводя его к своим жилищам по кожаныым трубам. Периодически они сбрасывали в болото бытовые отходы и шкуры убитых животных, чтобы процесс выработки газа не прекращался. Историческое упоминание использования горючего газа разлагающейся органикой человеком отмечено в XVII веке, а появление первых биогазовых установок во второй половине XIX века.

Производство биогаза в наибольшем количестве производится в энергетически бедных странах, однако, исходя из очевидных выгод его получения и использования, популярность установок, перерабатывающих органику в горючий газ, растет и у нас. Биогазовые станции завоевывают популярность среди предпринимателей, несмотря на многочисленные препятствия, вызванные недостатком финансовых средств, неблагоприятное состояние экономики, отсутствие необходимого технического оснащения (рис.1).



Рис. 1. Общий вид биогазовой станции

1. Процесс возникновения биогаза. Биогаз образуется в результате разложения анаэробными бактериями органических соединений и является смесью метана и углекислого газа. В зависимости от используемого в процессе брожения сырья, процент метана в биогазе варьируется от 50 % (из навоза крупного рогатого скота) до 85 % (из жировых отходов). По своим свойствам биогаз наиболее близок к природному газу. Он не имеет цвета и запаха. Химический состав биогаза представлен на рис. 2.

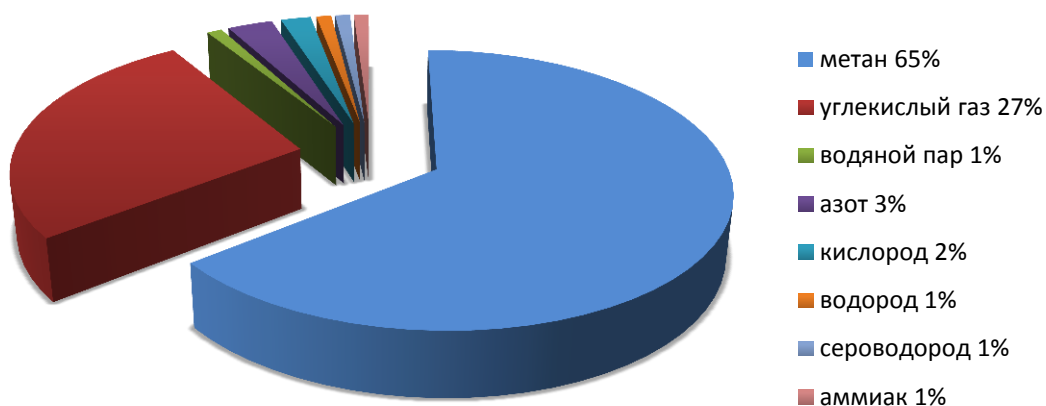


Рис. 2. Химический состав биогаза

2. Сырье для производства биогаза. В качестве сырья для производства биогаза можно использовать отходы растительного и животного происхождения. Исследовано, что использование биогазовых установок применительно к переработки отходов животноводческих ферм, содержание одной коровы обеспечит производство $2,5 \text{ м}^3$ биогаза в сутки, одного откормочного быка - $1,6 \text{ м}^3$, свиньи - $0,3 \text{ м}^3$, курицы или утки - $0,02 \text{ м}^3$.

Не все сырье сразу можно использовать для переработки, так как куриный помет и свиные стоки очень токсичны, поэтому требуется добавления буферных веществ, таких как силос, свежая трава или коровий навоз. Сырье не должно содержать существенных примесей тяжелых металлов, химических веществ, ПАВов. Моющие и дезинфицирующие вещества тоже способны нарушить процесс синтеза биогаза. К дополнительным трудностям можно отнести несовершенные системы навозоудаления. В отходах постоянно встречаются гайки,

гвозди, проволока, кирпичи. Все это способно повредить фекальные насосы, мешалки или забить трубопроводы. Сезонные колебания кормления животных, также сказываются на биогазовом процессе [1, 3].

3. Процесс получения биогаза. Для получения биогаза измельченные и увлажненные органические отходы закладывают в емкость, называемую реактором или анаэробной колонной, где они подвергаются процессу сбраживания метановыми анаэробными (живущими без доступа воздуха) бактериями. Жизнедеятельность метановых бактерий требует соблюдения определенных условий:

- в реакторе необходимо поддерживать температуру 40–70 °С;
- периодически перемешивать питательную смесь, способствуя распределению бактерий по всему пространству реактора.

Органическое сырье необходимо гомогенизировать, так как чем мельче частицы органики, тем легче идет процесс брожения. При использовании экзимонов увеличивается выход газа. Энзим выполняет роль катализатора в биохимических реакциях, вызывая брожения массы. Облегчает переработку постоянное перемешивание с помощью различных средств, в том числе жидкостных либо ультразвуковых кавитаторов. Из одного килограмма сухого сырья на современной биогазовой станции можно получить 350–500 литров биогаза.

4. Биогазовые установки. При конструировании оборудования используются ультра-современные технологии (рис. 3). При сбраживании загруженных в установку субстратов выделяется биогаз, основным компонентом является метан. Этот процесс управляется компьютеризованными системами, ручные операции осуществляются только при загрузке баков биоустановок отходами садового производства, жидким навозом. Остаются только остатки пригодные для удобрения почв в сельском хозяйстве.

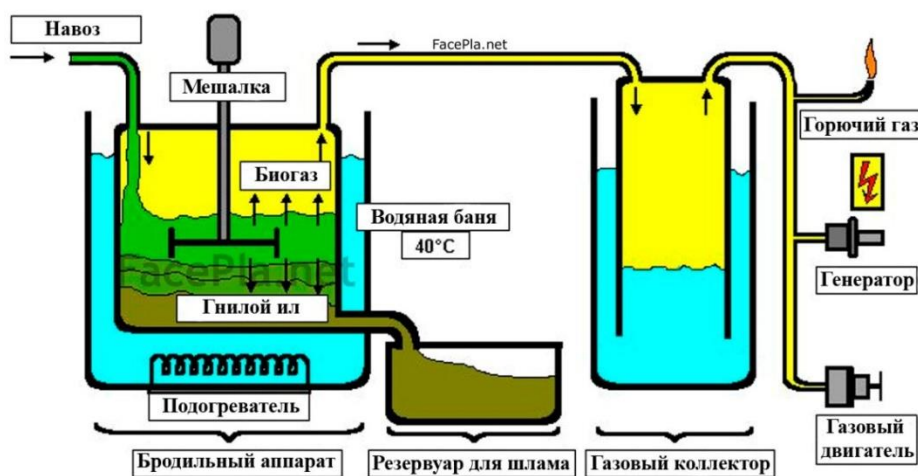


Рис. 3. Принцип работы биогазовой установки

Биоустановка состоит из нескольких компонентов. Процесс начинается с введения твердого материала в качестве сырья, после этого проходит ферментация и последующее брожение заключительным этапом есть сжигание полученного газа для получения теплоты и электричества. Остатки от брожения загружаются в отдельный резервуар. Система снабжения отправляет сырье на измельчение и перемешивание. Затем в биореактор, где происходит вышеупомянутая ферментация. Бродильный аппарат оборудован подогревателем и мешалкой. При температуре около 38 °С микроорганизмы разлагают биомассу производя при этом биогаз. При больших объемах биомассы дополнительно в технологическую цепочку может быть добавлено устройство для окончательного сбраживания.

5. Использование биогаза. На сегодняшний день биогаз используется для (рис.4):

1. Обогрева помещений. Отопительный котел на биогазе позволит отапливать производственные помещения предприятий, жилые дома. Около 15 % газа в зимний период расходуется на поддержание оптимальной температуры для брожения массы в реакторе.

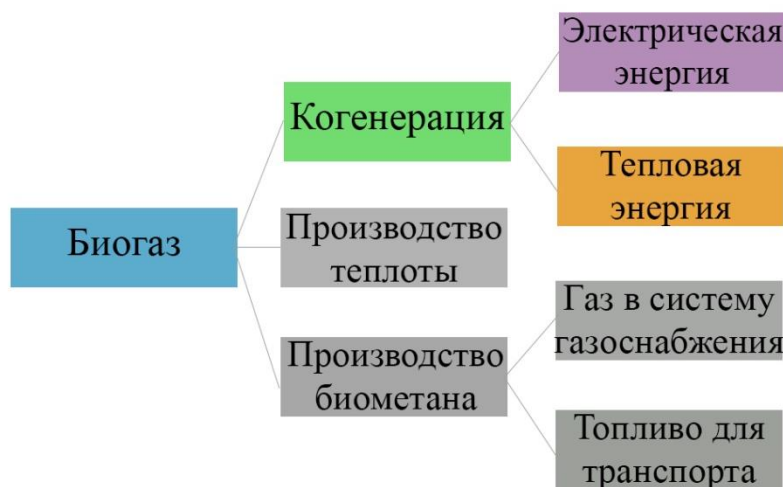


Рис. 4. Использование биогаза

2. Производства электроэнергии. Газогенератор, смонтированный в комплексе биогазовой установки, даст возможность получать около 2 кВт электроэнергии из 1 м³ биогаза.

3. Топлива для автомобилей.

4. Производства высококачественных органических удобрений. Твердый остаток, получаемый после окончания процесса брожения, является удобрением, эффективным и лишённым неприятного запаха. Его использование повышает урожай сельскохозяйственных культур в вдвое.

5. Экологически чистой утилизации отходов. Фекалии животных и птицы, отходы предприятий пищевой промышленности, загрязняют окружающую среду и издают неприятный запах. Процесс разложения, происходящий в биогазовых реакторах, нейтрализует токсины и делает оставшуюся массу безопасной для природной среды.

6. Преимущества биогазовых станций. Основное преимущество биогазовых станций делится на несколько этапов:

1. Энергетическое: станция дает возможность организовать собственное отопление и освещение промышленного или сельскохозяйственного предприятия. Особенно важно это в удаленных районах, где прокладка электрических сетей и централизованного отопления экономически невыгодна - в этом случае биогазовая установка обеспечит предприятие и прилегающий жилой район светом и теплом.

2. Экономическое: использование биогаза дает возможность существенно снизить затраты на энергообеспечение и на утилизацию отходов.

3. Экологическое: нейтрализуется вред, наносимый сельскохозяйственными или промышленными отходами окружающей среде, снижаются выбросы метана в атмосферу. Сохраняется чистота грунтовых вод, которые используются как источник питьевой воды в данной местности.

4. Географическое: станция может быть построена в любом, даже самом отдаленном и недоступном районе и в любой климатической зоне, основным условием ее строительства является доступность органического сырья для производства биогаза.

5. Инфраструктурное: строительство станции дает возможность для поддержания и развития энергетической и коммунальной инфраструктур.

6. Социальное: производственные здания, социально-бытовые и культурные объекты: жилых зданий, детских учреждений, больниц, магазинов, домов отдыха, клубов и т. д.

7. Биогазовая промышленность в России. По статистическим данным в России общее количество органических отходов сельского хозяйства ежегодно составляет 775 млн. т, из которых можно получить 65 млрд. куб.м биогаза.

В России существуют ряд исследовательских групп, работающих в направлении улучшения биогазовых технологий и адаптации их к российским условиям. Такую деятельность ведут, в частности, специалисты Белгородского института альтернативной энергетики [3].

В течение четырех последних лет в России ведутся исследования биогазовых технологий с целью получения скоростной технологии переработки биомассы в биогаз. При этом были получены результаты, которые были высоко оценены независимыми немецкими экспертами из научного сообщества Fraunhofer. Существует мнение, что холодный климат России неблагоприятный для биогазовой промышленности. Во-первых в России не везде холодно. В большинстве южных областей европейской части России биогазовая технология будет устойчива (рис. 5). Биогазовые станции необходимо строить в сибирских условиях, но с использованием активационных биогазовых подходов, современных утеплительных материалов, добавок в исходное сырье региональных энергетических культур. Также такие объекты могут быть в гибридном исполнении и иметь резервный источник теплоты на случай крайне сильных морозов. Большая проблема утилизировать биогаз летом, когда теплота не нужна, как зимой, а газа большое количество.

Главным недостатком биогазового процесса является низкая скорость переработки биомассы и качество получаемого биогаза. Из-за низкой скорости переработки требуются огромные ферментеры. Это приводит к существенным капитальным затратам на строительство станций по переработке отходов.



Рис. 5. Техническая схема биогазовой установки : 1- животноводческие корпуса с самосплавной системой навоза удаления; 2- приёмная ёмкость экскрементов, подготовка сырья к загрузке в реакторы для переработки; 3 - биогазовая установка; 4 - газгольдер для сбора биогаза; 5 - глекислотная разделительная колонка; 6 - газгольдер с метаном; 7 - газгольдер с углекислым газом; 8 - культивирование хлореллы и получение биологического витаминного концентрата; 9 - газогенератор; 10 - вывоз полученных минерализованных азотных удобрений на поля; 11 - электронасос; 12 - теплица выращивания гидропоники; 13 - самоходная круговая система орошения; 14 - внесение минерализованных азотных удобрений

8. Опыт развивающихся стран. В развивающихся странах широко распространено производство энергии и теплоты с помощью биогазовых установок. Китай является мировым лидером по внедрению технологий производства биогаза в сельских районах (рис. 6). Хозяйств в Китае, которые пользуются биогазовой энергией для освещения, отопления, приготовления пищи, насчитывается около 12 млн.

В Индии работает 3,7 млн установок, с развитием отрасли правительство предоставляло субсидии для их строительства и эксплуатации, обучения фермеров, открытия и работы сервисных центров.

В Германии на сегодняшний день насчитывалось около 4 тыс. биогазовых установок, к 2020 г. планируется достигнуть количества 20 тыс. штук (рис. 7). В Австрии количество биогазовых установок объемом более 2 тыс. куб. м составляет более 120, около 25 установок в стадии постройки.

В США имеет несколько сотен крупных биогазовых установок по переработке отходов животноводства и утилизации сточных вод. Биогаз с установок используется для отопления домов и теплиц и для получения электричества.



Рис.6. Биогазовые установки в Китае



Рис.7. Биогазовые установки в Германии

Вывод. Повышение энергоэффективности российской экономики одна из приоритетных и первоочередных задач. Для её решения разработаны и внедрены различные Государственные программы, Федеральные законы и постановления Правительства РФ.

Биогаз - это перспективное топливо, которое можно использовать как обычный природный газ, для выработки электроэнергии и теплоты. Использование технологии анаэробного сбраживания решает сразу две проблемы:

1. Утилизация органических отходов, которые оказывают вредное влияние на окружающую среду.
2. Экономическое использование невозобновляемых источников энергии.

Для получения максимального эффекта от внедрения биогазовой станции необходимо тщательно произвести расчеты еще на стадии проектирования. Необходимо создавать научные группы, научные сообщества, которые будут разрабатывать новые стандарты и предлагать передовые технологии с учетом мирового опыта и отечественных разработок. Соблюдение всех требований позволит избежать многих трудностей в эксплуатации и получить максимально положительный экономический эффект при получении биогаза.

Библиографический список

1. **Василов, Р. Г.** Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 1: биодизель // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. - 2007. - Т. 3. - № 1. - С. 47-54.
2. **Шомин, А. А.** Биогаз на сельском подворье / А. А. Шомин. - Балаклея: Информационно-издательская компания «Балаклеящина», 2002 - 68с.
3. **Сотникова, О. А.** Моделирование теплоступлений от оборудования тепловой обработки продуктов в производственных помещениях ресторанных комплексов / О. А. Сотникова, С. Г. Тульская, Л. А. Кушев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2013. - № 3 (31). - С. 32-40.

4. **Булыгина, С. Г.** Разработка критериев для обоснования выбора схем и параметров систем централизованного теплоснабжения / С. Г. Булыгина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2011. - № 1. - С. 9-16.

5. **Чудинов, Д. М.** Разработка алгоритма обоснования структуры энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии / Д. М. Чудинов, К. Н. Сотникова, М. Ю. Морозов, С. В. Чуйкин // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2009. - № 1. - С. 147-154.

6. **Новосельцев, Б. П.** Конструирование квартирной системы отопления с диаметральной расположением вертикальных подающих и обратных стояков / Б. П. Новосельцев, Е. В. Плаксина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2011. - № 1. - С. 24-28.

References

1. **Vasilov, R. G.** Perspektivy razvitiya proizvodstva biotopliva v Rossii. Soobshhenie 1: biodizel' // Vestnik biotekhnologii i fiziko-himicheskoy biologii im. Ju.A. Ovchinnikova. - 2007. - Т. 3. - № 1. - С. 47-54.

2. **Shomin, A. A.** Biogaz na sel'skom podvor'e / A. A. Shomin. - Balakleja: Informacionno-izdatel'skaja kompanija «Balaklijshhina», 2002 - 68s.

3. **Sotnikova, O. A.** Modelirovanie teplopоступлений ot oborudovaniya teplovoj obrabotki produktov v proizvodstvennyh pomeshhenijah restorannyh kompleksov / O. A. Sotnikova, S. G. Tul'skaja, L. A. Kushhev // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - № 3 (31). - С. 32-40.

4. **Bulygina, S. G.** Razrabotka kriteriev dlja obosnovaniya vybora shem i parametrov sistem centralizovannogo teplosnabzhenija / S. G. Bulygina // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2011. - № 1. - С. 9-16.

5. **Chudinov, D. M.** Razrabotka algoritma obosnovaniya struktury jenergokompleksa na baze vozobnovljajemyh istochnikov jenerгии / D. M. Chudinov, K. N. Sotnikova, M. Ju. Morozov, S. V. Chujkin // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2009. - № 1. - С. 147-154.

6. **Novosel'cev, B. P.** Konstruirovaniye kvartirnoj sistemy otoplenija s diametral'nym raspolozheniem vertikal'nyh podajushih i obratnyh stojakov / B. P. Novosel'cev, E. V. Plaksina // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2011. - № 1. - С. 24-28.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF BIOGAS PLANTS IN THE PROCESSING OF AGRICULTURAL WASTE

S. G. Tul'skaya, K. G. Mozgovaya

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, Voronezh, tel. 8 (473) 271-53-21, e-mail: TCdtnkfyf2014@yandex.ru

S. G. Tul'skaya, PhD in Engineering, Ph. D. as. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

K. G. Mozgovaya, a student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Statement of the problem. Efficient conversion of spatial systems and the preservation of valuable elements of the environment

Statement of the problem. Development of biogas Russia faces significant challenges, though resource-potential energy savings is significant. It is proved that the energy source of animal waste using biogas plants can meet the need of people in gas supply by 80%. The use of biogas as an alternative source, will significantly improve the environmental and economic situation in the country.

Results and conclusions: The feasibility of the use of biogas plants. The positive experience of other countries shows that not necessarily to build large energy facilities on non-renewable resources, rather more effectively and properly assess the potential and build a small decentralized sources of renewable energy.

Keywords: biogas, ecology, organic compounds, waste, energy saving

УДК 697

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ РАЗНОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

М. А. Кирнова

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-53-21, e-mail: kirnova.ma@gmail.com

М. А. Кирнова, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела

Постановка задачи. На воздушный режим зданий существенное влияние оказывает аэродинамика здания. Оценить степень влияния сблокированных разноэтажных секций жилых домов на работу естественной системы вентиляции затруднительно, что вызывает сложности при принятии проектных решений.

Результаты. По результатам анализа численного моделирования полей скоростей и давлений воздушных потоков вокруг двухсекционного здания с «теплым чердаком» даны рекомендации по организации системы вытяжной вентиляции разноэтажного жилого комплекса. Приведен анализ возможных технических решений.

Выводы. В многоэтажных жилых домах, состоящих из блок-секций разной этажности (при разнице отметок кровель примерно 20-25 м), для гарантированной стабильной работы естественной вентиляции необходимо ее дополнять механическим побуждением или предусматривать механическую систему вентиляции.

Ключевые слова: аэродинамика, обтекание здания, естественная вентиляция, гибридная вентиляция, «теплый чердак».

Введение. Внешний вид современных домов значительно отличается от типовых застроек прошлых лет. Значительных же изменений в организации вентиляции жилых зданий за последние 50 лет не произошло. Распространенная в настоящее время вытяжная вентиляция с естественным побуждением при отсутствии организованного притока создает ограниченный воздухообмен в квартире, работает неравномерно и зависит от погоды и архитектурно-планировочных решений.

Одна из тенденций современного строительства – повышение этажности, дает архитекторам больше возможностей по созданию разноэтажных жилых комплексов. Широкое распространение в нашем регионе получили жилые комплексы с доминирующей 25-ти этажной секцией, из окон которых открываются панорамные виды на город. Примерами могут служить проекты застроек на рис. 1.

Сложные архитектурные решения ставят дополнительные вопросы перед инженерами: в каких случаях можно обойтись естественной вентиляцией, когда обязательна механическая вытяжка, как повлияет пристроенное здание на работу естественной вентиляции, при каких условиях требуется и механический приток, можно ли многоэтажное здание обслуживать вытяжной системой с одним общим каналом по высоте или лучше его разбить на два?

Для возможности принятия проектного решения, способного обеспечить стабильную работу вытяжной вентиляции в жилом 17-ти этажном доме, примыкающем к 25-ти этажному зданию, фирмой ООО «Жилпроект», в которой работает автор настоящей статьи, совместно с компанией ООО «Арктос» было выполнено численное моделирование формирования воздушных струй при ветровом воздействии на жилой комплекс в г. Воронеже.



а)



б)

Рис. 1. Разноэтажные жилые комплексы: а) жилой комплекс «Острова» (ул. Хользунова, 38); б) жилая застройка в границах улиц Игнатьева, Липовская и Верхнелоговая, г. Липецк

1. Математическое моделирование аэродинамики обтекания ветром разноэтажного жилого комплекса. Численное моделирование выполнялось при помощи CFD программного комплекса Coolit (Daat Research Corp., США). Геометрия высотного жилого дома, заложенная в расчетную модель, указана на рис. 2.

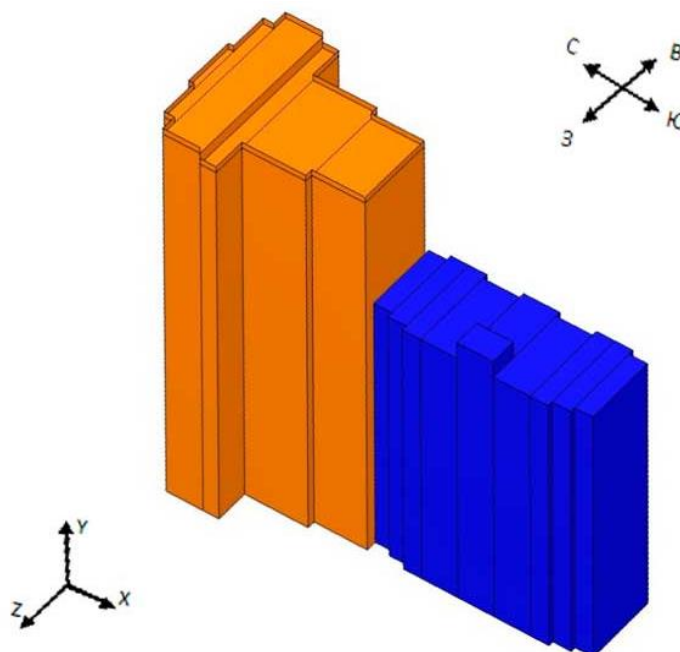


Рис. 2. Расчетная модель высотного жилого комплекса

Граничные условия задавались на основе климатических характеристик района строительства по данным метеостанции г. Воронежа, предоставленные ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС». На метеорологических станциях измерение скорости и направления ветра производят на высоте 10 м от поверхности земли.

За расчетные приняты:

- $V_0 = 2,9$ м/с – скорость ветра на высоте $h_0 = 10$ м;

- направление ветра – северное.

Зависимость скорости ветра V от высоты h рассчитывалась на основе формулы [1]:

$$V(h) = V_0(h/h_0)^{0.33}, \quad (1)$$

Направление ветра - Север-Юг выбрано на основании проектной ориентации зданий по сторонам света как наиболее неблагоприятное, при котором возможно образование аэродинамической тени на кровле двух примыкающих друг к другу зданий.

В результате численного моделирования стационарной задачи были получены поля скоростей и давлений воздушных потоков вокруг 17-ти этажного здания с «теплым чердаком», пристроенного к 25-ти этажному зданию при ориентации зданий Север-Юг при воздействии ветра направлением Север-Юг и Юг-Север. Также был рассчитан второй вариант, в котором отсутствует 25-ти этажное здание при тех же прочих условиях.

На рис. 3-4 представлены поля скоростей и давлений для обоих вариантов на вертикальной плоскости Север-Юг, проходящей через жилой комплекс. На рис.5 - 6 приведены поля скоростей вблизи кровель обоих зданий.

Подробное описание результатов математического моделирования разноэтажного жилого комплекса изложено в [2].

Из рис. 3-6 видно, что течение воздуха в окрестности зданий носит сложный характер. С наветренной стороны здания наблюдается повышенное, а с подветренной – пониженное давление. С подветренной стороны на уровне кровли 17-ти этажного здания наблюдается область аэродинамической тени. Область аэродинамической тени в варианте двух зданий значительно больше, чем в варианте с одиночно стоящим 17-ти этажным зданием.

В варианте двух зданий в аэродинамическую тень 25-ти этажного здания при северном направлении ветра попадает целиком 17-ти этажное здание. При этом над 17-ти этажным зданием наблюдается обратное движение воздуха (с юга на север), связанное с вихрем, образующемся с подветренной стороны.

Из рис. 3-6 и из [1] следует, что на высоте 4 м от кровли $V_k \leq 1,4$ м/с, причем над северной половиной 17-ти этажного здания скорость ветра на этих высотах 2-6 м не превышает 0,8 м/с, а давление минус 7 Па.

При ветровом воздействии (направление ветра Север-Юг) на отдельно стоящее 17-ти этажное здание (при ориентации здания Север-Юг) в аэродинамическую тень высотой до 8 м попадает вся кровля здания. Над кровлей здания (см. рисунки 3 и 4) образуется застойная зона с близкой к нулю (0-0,8 м/с) средней скоростью воздушных потоков и давлением 5 Па. При этом над зданием наблюдается обратное движение воздуха (с юга на север), связанное с вихревыми потоками, образующимися на подветренной стороне здания. Более полно картина течения воздуха вокруг отдельно стоящего здания представлена в статье [3].

При ветровом воздействии на 17-ти этажное здание, примыкающее к 25-ти этажному зданию, и направлении ветра Юг-Север (см. рисунки 6-7) в аэродинамическую тень высотой до 7 м попадает большая часть 17-ти этажного здания. На высоте 4 м от кровли скорости воздушных струй не превышают 2 м/с.

На рисунках наглядно видно, что на различной высоте изменяется не только скорость ветра, но и направление ветра.

Скорость ветра на высоте 4 м над кровлей 17-ти этажного здания в отсутствии строений составит:

$$V(h) = V_0(h/h_0)^{0.33} = 2,9 \cdot (54,5/10) = 5,1 \text{ м/с.}$$

Таким образом, под влиянием аэродинамической тени, создаваемой 25-этажным зданием, скорость северного ветра над кровлей 17-этажного здания уменьшается в 3÷7 раз.

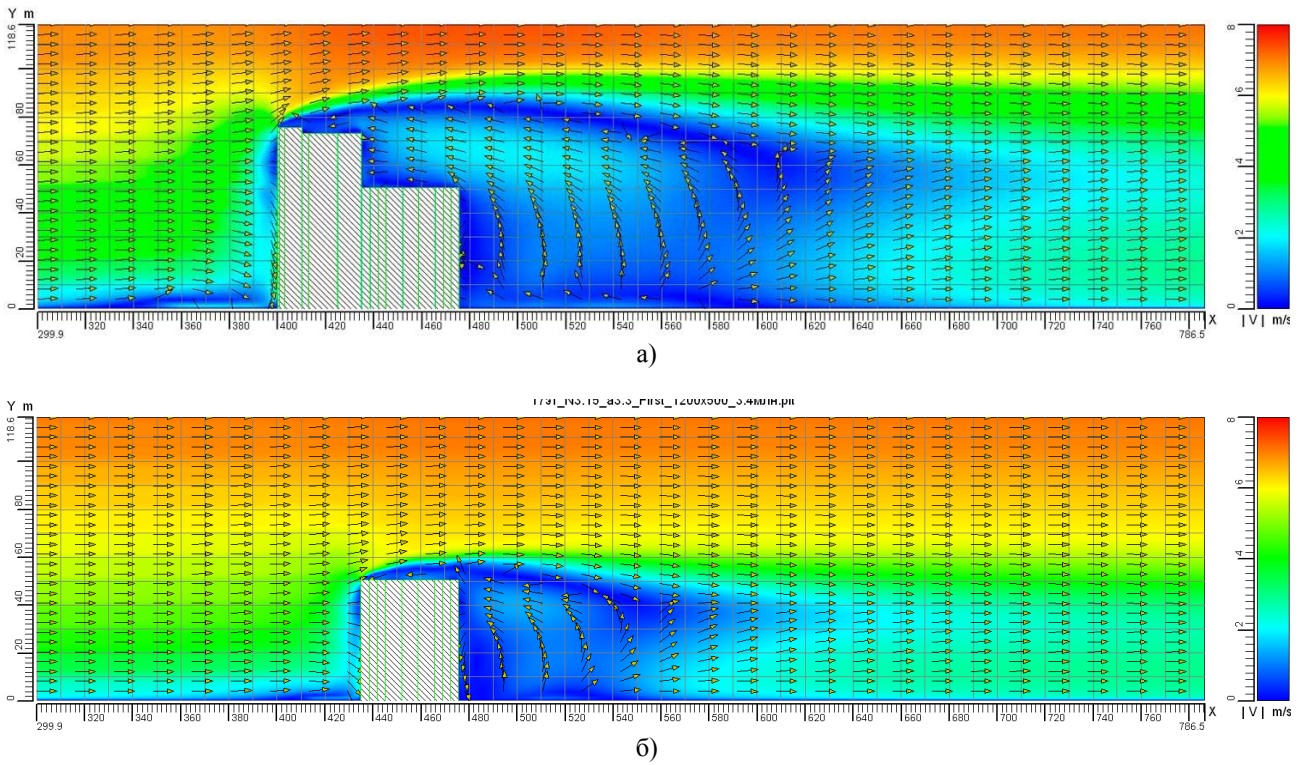


Рис. 3. Поля скоростей на вертикальной плоскости Север-Юг, проходящей через жилой комплекс:
 а) семнадцатизэтажный и двадцатипятиэтажный жилые дома;
 б) отдельно стоящий семнадцатизэтажный жилой дом

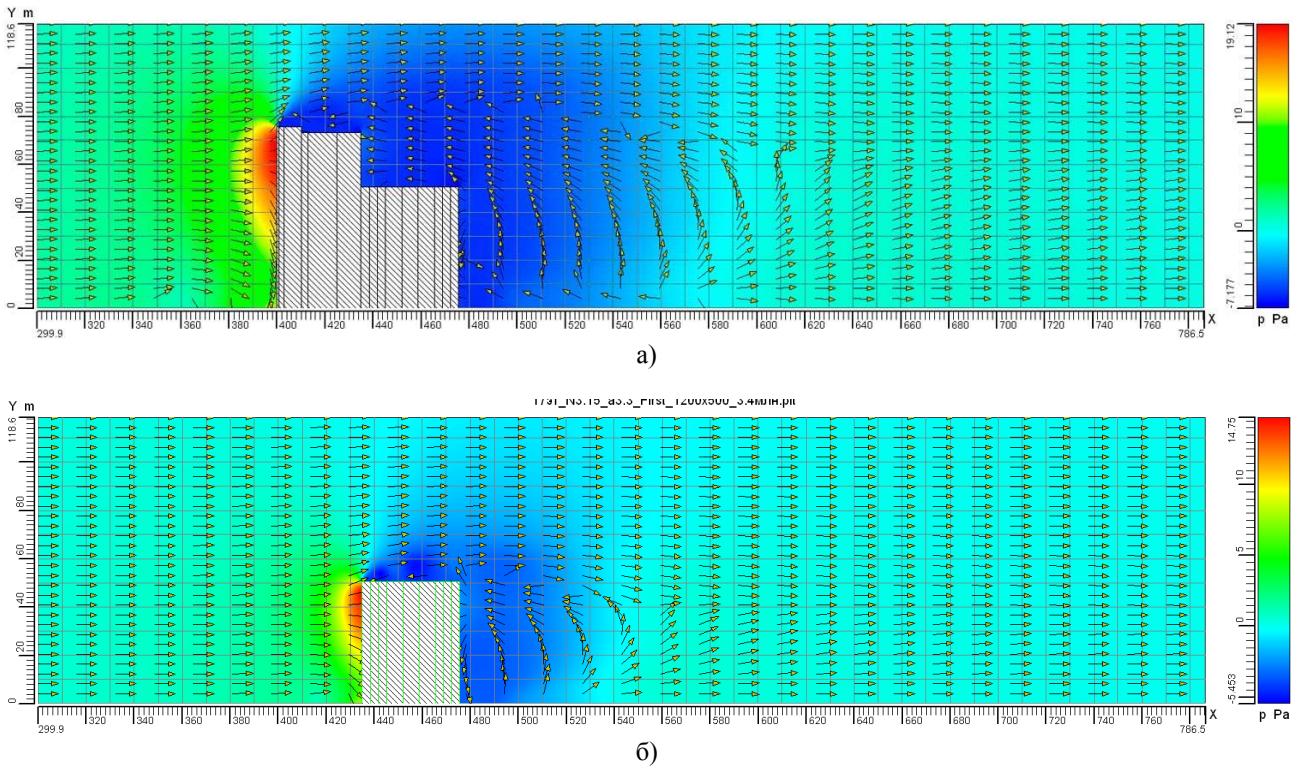


Рис. 4. Поля давлений на вертикальной плоскости Север-Юг, проходящей через жилой комплекс:
 а) семнадцатизэтажный и двадцатипятиэтажный жилые дома;
 б) отдельно стоящий семнадцатизэтажный жилой дом

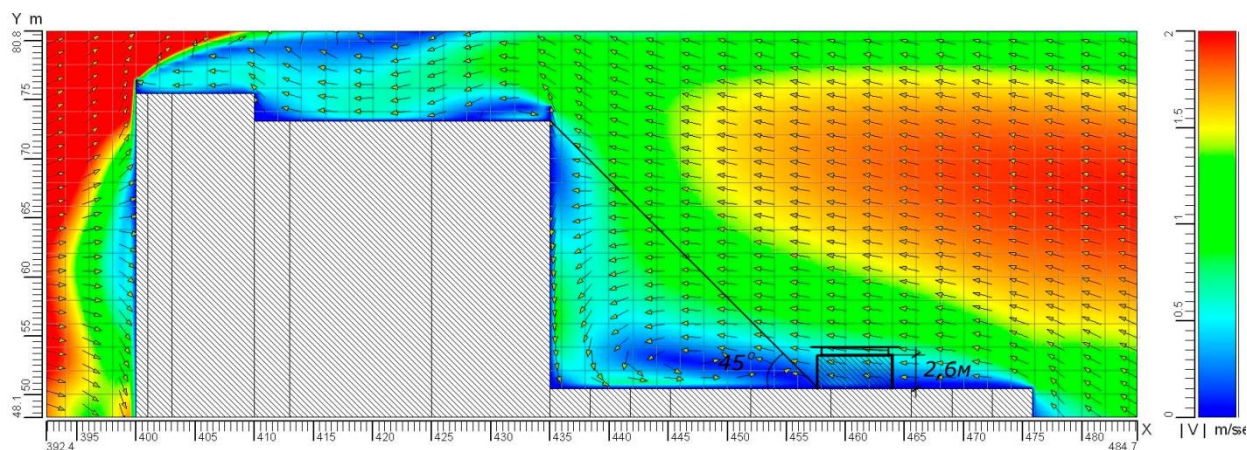


Рис. 5. Поля скоростей при ветре Север - Юг вблизи кровель обоих зданий на вертикальной плоскости, проходящей через жилой комплекс (ось Dc)

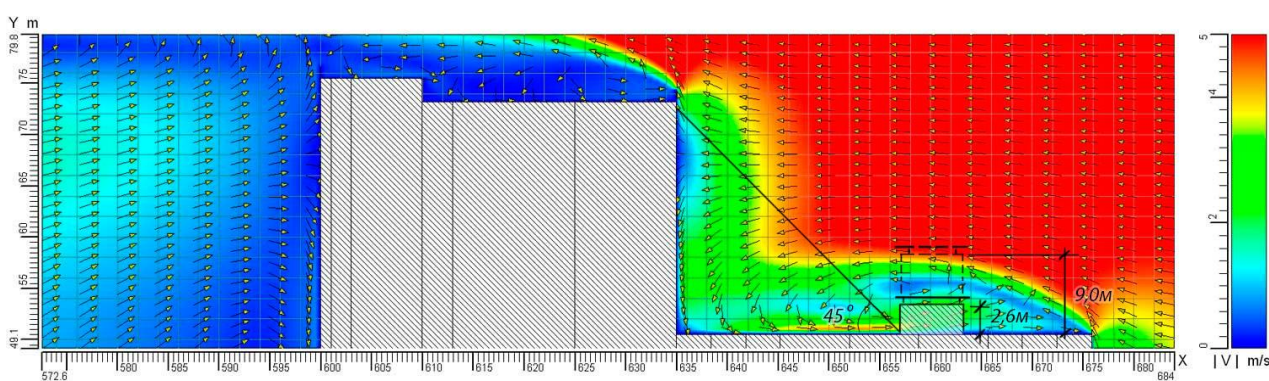


Рис. 6. Поля скоростей при ветре Юг - Север вблизи кровель обоих зданий на вертикальной плоскости, проходящей через жилой комплекс (ось Dc)

2. Способы организации системы вентиляции разноэтажного жилого комплекса.

Рассматриваемый жилой комплекс состоит из крупнопанельной 17-ти этажной секции с «теплым чердаком» и примыкающей к нему 25-ти этажной секции.

В типовой 17-ти этажной секции предусматривается приточно-вытяжная вентиляция с естественным побуждением. Приток предусматривается естественный через гигрорегулируемые клапаны фирмы АЭРЭКО установленные в окнах.

Для удаления воздуха из одноименных помещений, расположенных по одной вертикали, предусматриваются вертикальные унифицированные индустриальные вентиляционные блоки с каналами-спутниками на высоту этажа.

Анализ результатов численного моделирования течения воздушных потоков показал, что плоская кровля 17-ти этажного здания находится в зоне аэродинамической тени. В этих условиях для обеспечения гигиенических требований в жилых помещениях и устойчивой работы вентиляции в многоэтажных зданиях возможно как при применении гибридной (естественно-механической) вентиляции, так и механической постоянно действующей вентиляции.

На основании анализа действующих нормативных документов, имеющейся публикации научно-технических статей, существующего опыта проектирования, строительства и эксплуатации многоэтажных зданий с «теплым чердаком» рассмотрены пять вариантов систем вентиляции помещения жилых квартир для пристроенной жилой блок-секции в условии аэродинамической тени.

Вариант 1. Общепринятым способом определения высоты вытяжной шахты естественной вентиляции является расположение устья шахты вне зоны аэродинамической тени (зоны ветрового подпора). На рисунках 5 и 6 изображена шахта, высота которой согласно [4] принята унифицированной - 2,6 м от покрытия. Как видно из рисунков расположение шахты полностью за границей предполагаемой зоны ветрового подпора не дает ожидаемого результата. Скорость над устьем даже при относительно благоприятном направлении ветра Юг-Север от 0 до 1,6 м/с, разрежение от минус 5 до минус 7 Па не смогут обеспечить нормальную работу систем вытяжной вентиляции с естественным побуждением.

Вариант 2. В здании предусматривается естественная приточно-вытяжная вентиляция, аналогичная системе вентиляции первого варианта. Дополнительно на вытяжной шахте устанавливаются дефлекторы. Дефлекторы повышают располагаемое давление (разряжение) в сети естественной вентиляции, в том числе на последних трех этажах.

Известно, что дополнительное разрежение ΔP_V в системе естественной вентиляции, создаваемое статическим дефлектором, пропорционально квадрату скорости ветра V [5]:

$$\Delta P_V = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot V^2, \quad (2)$$

где C – коэффициент разрежения для дефлектора; ρ – плотность воздуха.

Однако, результаты анализа численного моделирования воздушных струй (при направлении ветра в городе Воронеж Север-Юг и Юг-Север) на здания показали, что скорости воздушных струй небольшие (от 0 до 2 м/с) и не могут обеспечить эффективную работу дефлекторов. Приемлемые скорости (4-5 м/с) при направлении ветра Юг-Север будут наблюдаться на высоте более 9 м от покрытия. Строительство шахты такой высоты нецелесообразно из технико-экономических соображений. Кроме того, для установки нескольких дефлекторов на шахте «теплого чердака» необходимо увеличение сечения шахты.

Из климатических характеристик, предоставленных ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» и приведенных в [2] и [3] следует, что до 34 % времени в году дует северный и южный ветра или наблюдается штиль. При данных метеоусловиях естественная вентиляция не может обеспечить параметры микроклимата и качество воздуха в течение года, следовательно, согласно п. 7.1.3 [6] ее необходимо дополнить механическим побуждением.

Вариант 3. Для увеличения располагаемого давления в системе вытяжной вентиляции, в том числе на верхних этажах, предусматриваются естественно-механические установки - статический дефлектор с осевым эжектирующим вентилятором. Схема приведена на рисунке 7.

Механическая система вентиляции эжекторного типа предложена Малаховым М. А. и подробно описанная в статьях [7-8]. Автором предлагается использовать упрощенную схему эжекторной установки низкого давления, в которой смесительной камерой является вытяжная цилиндрическая шахта (ствол дефлектора) постоянного сечения, без переходов от приемной камеры к смесительной и устройства диффузора на выходе, как при классической конфигурации струйных аппаратов – эжекторов, в которых используются центробежные вентиляторы давлением.

Достоинства данной схемы:

1. Невысокая стоимость вентиляционного оборудования.
2. Возможно применение оборудования отечественного производства, что существенно его сокращает сроки поставки.
3. Наличие эксплуатируемых, уже не первый год, объектов в Москве.
4. Наличие подробной методики подбора основного оборудования [7].

Недостатки:

1. Необходимость строительства дополнительного этажа для размещения вентиляционного оборудования.

2. Отсутствие описания и рекомендаций по применяемым в данных системах средствам автоматизации, а именно не определены условия, включающие установки с эжектирующим вентилятором в схемах. Нет описания способов управления вентиляторами.

3. Сложность монтажа эжекторной установки.

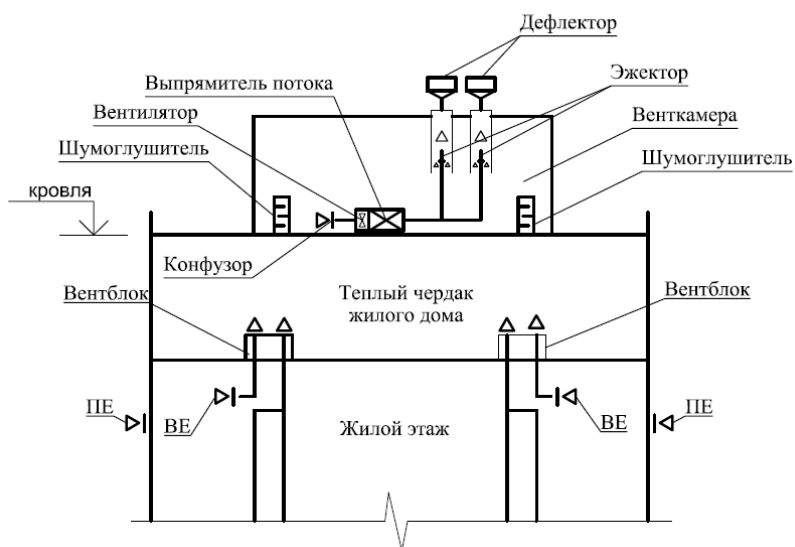


Рис. 7. Схема естественно-механической вытяжной установки (вариант 3)

Вариант 4. Схема приведена на рисунке 8. Шахта теплового чердака перекрывается плитой, на которой устанавливаются статодинамические дефлекторы. Включение дефлекторов осуществляется автоматически с помощью системы автоматического контроля вентиляционной тяги при снижении давления в шахте «теплого чердака» ниже допустимого (необходимого для работы естественной вентиляции, определенного аэродинамическим расчетом). Система автоматического контроля вентиляционной тяги отслеживает параметры вентиляционного воздуха в шахте и принимает решение о включении вентилятора для поддержания необходимого разрежения.

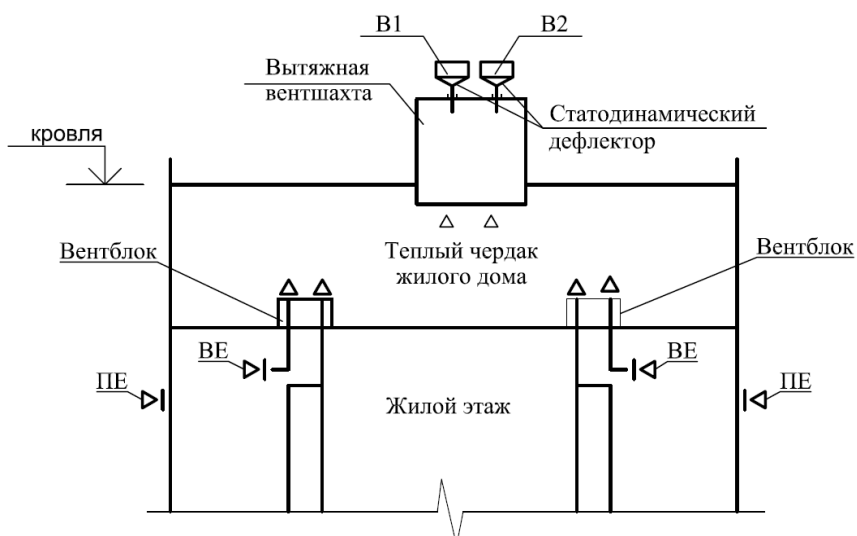


Рис. 8. Схема естественно-механической вытяжной установки (вариант 4)

Если размер шахты не позволяет установить расчетное количество дефлекторов, то с помощью адаптеров есть возможность установить аналогично рис. 9.

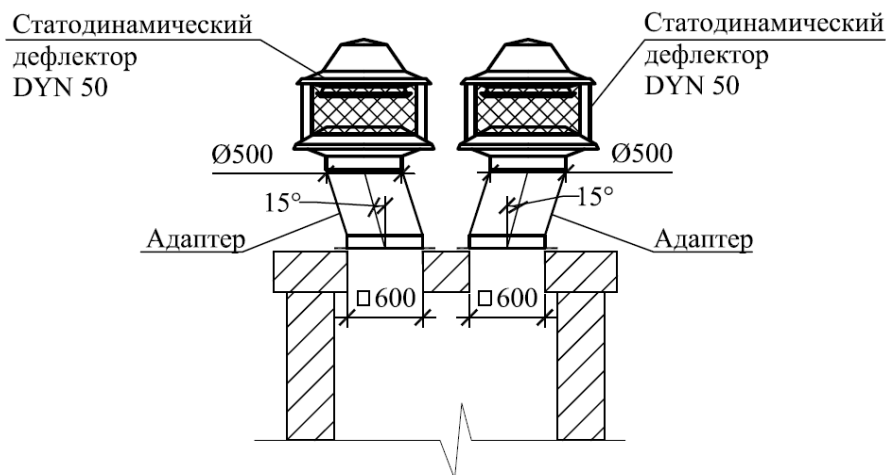


Рис. 9. Способ монтажа статодинамических дефлекторов

В литературе не встречается четких рекомендаций по подбору рассматриваемых и аналогичных устройств. Подбор рассматриваемого оборудования можно осуществлять с учетом ветрового воздействия. Статодинамический дефлектор фирмы Luftkon представляет собой дефлектор конструкции «ЦАГИ». Дефлекторы ASTATO, с достаточной точностью для инженерных расчетов, можно подбирать по имеющимся номограммам и формулам для дефлекторов ДС, имеющих аналогичную конструкцию.

Достоинства:

1. Простота монтажа основного оборудования, низкие затраты на эксплуатацию.
2. Малое энергопотребление во время работы вентиляторов.
3. Отсутствие дополнительных строительных конструкций.
4. Применение низконапорных малошумных вентиляторов позволяет отказаться не требует дополнительных мер по борьбе с шумом.

Недостатки:

1. Относительно высокая стоимость и длительные сроки поставки оборудования.
2. Эстетичность конструкции в связи с габаритами оборудования.

Вариант 5. Рассматриваемый вариант аналогичен схеме естественной вентиляции с интенсификацией воздухообмена в теплый период года [9, 10, 11, 12] и приведен на рис. 10. На крыше устанавливается вентилятор. Для защиты здания от шума и вибрации вентиляторов следует предусматривать установку вытяжных вентиляторов на виброосновании, а также шумоглушителей на воздуховодах вытяжных установок (со стороны всасывания и нагнетания). Удаляемый из помещений жилого дома воздух поступает в «теплый чердак». Выпуск воздуха в атмосферу производится через клапаны, установленные в стенках шахты.

Включение вентилятора и управление (открыто-закрыто) клапанами осуществляется автоматически при снижении давления в шахте "теплого чердака" ниже допустимого.

Достоинства:

1. Возможно применение оборудования отечественного производства.
2. Отсутствие дополнительных строительных конструкций.
3. Основное оборудование легко доступно для обслуживания.

Недостатки:

1. Установка большого количество клапанов для обеспечения необходимого сечения, приводит к увеличению высоты шахты.

2. Инертность систем автоматизации при смене режимов работы в холодное время года, связанная с необходимостью прогрева клапанов.

3. Требуется установка вентиляторов специального исполнения, устойчивых к цикличности включения/выключения в течение суток.

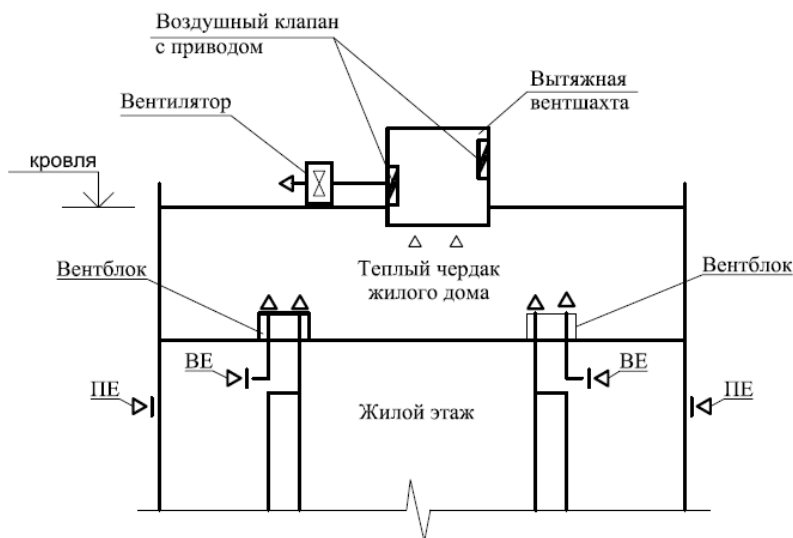


Рис. 10. Схема естественнo-механической вытяжной установки (вариант 5)

При реконструкции систем естественной вентиляции в зданиях с «теплым чердаком», и необходимости мероприятий по интенсификации воздухообмена в теплый период года, возможна реализация схем предложенных в вариантах 4 и 5.

Выводы.

1. Установлено, что определение графическим способом предполагаемой зоны аэродинамической тени (зоны ветрового подпора) не дает достоверных результатов при разнице отметок кровель примерно 20-25 м и неблагоприятном направлении ветра.

2. Анализ результатов численного моделирования показал, что вывести вытяжную шахту выше зоны аэродинамической тени нецелесообразно по технико-экономическим соображениям.

3. Проанализированы способы стабилизации работы естественной вентиляции в многоэтажных жилых домах с «теплым чердаком». Выявлены решения, которые могут применяться при типовом проектировании и капитальном ремонте.

Библиографический список

1. Табунщиков, Ю. А. Аэродинамика высотных зданий / Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. // АВОК. – 2004. – № 8.
2. Кирнова, М. А. Условия работы естественной вытяжной вентиляции в многоэтажных жилых домах / М. А. Кирнова, О. А. Сотникова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2013. - № 4 (32). - С. 34-40.
3. Кирнова, М. А. Имитационное моделирование работы систем вытяжной вентиляции разноэтажного жилого комплекса / М. А. Кирнова, О. А. Сотникова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения.- 2013. - № 1 (10). - С. 44-54.
4. Рекомендации по проектированию железобетонных крыш с теплым чердаком для многоэтажных жилых зданий /ЦНИИЭП жилища. – М.: Стройиздат, 1986.
5. Харитонов, В. П. Естественная вентиляция с побуждением / В. П. Харитонов // АВОК. – 2006. – № 3.
6. СП 60.13330.2012 «СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
7. Малахов, М. А. Опыт проектирования естественнo-механической вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками // М. А. Малахов, А. Е. Савенков / АВОК. – 2006. – № 8.
8. Малахов, М. А. Системы естественнo-механической вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками / М. А. Малахов // АВОК. – 2006. – № 7.
9. ТР АВОК-4-2004. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома.

10. **Чуйкин, С. В.** Применение конформных отображений при решении задач вытесняющей вентиляции / С. В. Чуйкин, Р. А. Люльков // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2013. - № 1 (10). - С. 29-36.
11. **Тулская, С. Г.** Вентиляция и экологическая безопасность вентилируемых помещений ресторанных комплексов / С. Г. Тульская, О. А. Сотникова // Экология и промышленность России. - 2013. - № 2. - С. 21-25.
12. **Кузнецов, С. Н.** Экологическая безопасность воздушной среды помещений с выделением вредных веществ различной плотности / С. Н. Кузнецов, Н. А. Петрикеева // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2013. - № 1 (29). - С. 82-90.

References

1. **Tabunshhikov, Ju. A.** Ajerodinamika vysotnyh zdaniy / Tabunshhikov Ju. A., Shilkin N. V. // AVOK. - 2004. - № 8.
2. **Kirnova, M. A.** Imitacionnoe modelirovanie raboty sistem vytjazhnoj ventiljicii raznojetazhnogo zhilogo kompleksa / M. A. Krnova, O. A. Sotnikova / Inzhenernye sistemy i sooruzhenija - 2013. - № 1(10).
3. **Kirnova, M. A.** Uslovija raboty estestvennoj vytjazhnoj ventiljacija v mnogojetazhnyh zhilyh domah / M. A. Krnova, O. A. Sotnikova // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo GASU. Stroitel'stvo i arhitektura - 2013. - № 4 (32).
4. Rekomendacii po proektirovaniju zhelezobetonnyh krysh s teplym cherdakom dlja mnogojetazhnyh zhilyh zdaniy / CNIIEP zhilishha. - M.: Strojizdat, 1986.
5. **Haritonov, V. P.** Estestvennaja ventiljacija s pobuzhdeniem / V. P. Haritonov // AVOK. - 2006. - № 3.
6. SP 60.13330.2012 «SNiP 41-01-2003. Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha».
7. **Malahov, M. A.** Opyt proektirovanija estestvenno-mehanicheskoj ventiljicii v zhilyh zdaniyah s teplymi cherdakami // M. A. Malahov, A. E. Savenkov / AVOK. - 2006. - № 8.
8. **Malahov, M. A.** Sistemy estestvenno-mehanicheskoj ventiljicii v zhilyh zdaniyah s teplymi cherdakami / M. A. Malahov // AVOK. - 2006. - № 7.
9. TR AVOK-4-2004. Tehniceskie rekomendacii po organizacii vozduhoobmena v kvartirah mnogojetazhnogo zhilogo doma.
10. **Chujkin, S. V.** Primenenie konformnyh otobrazhenij pri reshenii zadach vytesnjajushhej ventiljicii / S. V. Chujkin, R. A. Ljul'kov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2013. - № 1 (10). - S. 29-36.
11. **Tul'skaja, S. G.** Ventiljacija i jekologicheskaja bezopasnost' ventiliruemyh pomeshhenij restorannyh kompleksov / S. G. Tul'skaja, O. A. Sotnikova // Jekologija i promyshlennost' Rossii. - 2013. - № 2. - S. 21-25.
12. **Kuznecov, S. N.** Jekologicheskaja bezopasnost' vozduhnoj sredy pomeshhenij s vydeleniem vrednyh veshhestv razlichnoj plotnosti / S. N. Kuznecov, N. A. Petrikeeva // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - № 1 (29). - S. 82-90.

ORGANIZATION OF EXHAUST VENTILATION OF THE HOUSING ESTATE WITH VARIOUS AMOUNTS OF STOREYS

M. A. Kirnova

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

Russia, Voronezh, ph. 8 (473)271-53-21, e-mail: kirnova.ma@gmail.com

M. A. Kirnova, high teacher of the department of Heat and Gas Supply and oil and gas business

Statement of the problem. Aerodynamics of the building has significant effect on the air mode of buildings. It is difficult to evaluate a level of influence of the sections of houses disabled the raznoetazhnykh on operation of natural system of cooling that causes difficulties in case of acceptance of project decisions.

Results. On analysis results of numerical modeling of fields of speeds and pressure of air flows around the two-section building with "a warm attic" recommendations about the organization of system of exhaust ventilation of a raznoetazhny housing estate are made. The analysis of possible technical solutions is provided.

Conclusions. In multi-storey houses, the consisting their block sections of different number of storeys (in case of a difference of marks of roofs approximately 20-25m), for the guaranteed stable operation of natural cooling it is necessary to add it mechanical motivation or to provide mechanical system of cooling.

Keywords: aerodynamics, building flow, natural cooling, hybrid cooling, «a warm attic».

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 624.014

МИНИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА

Е. А. Короткова

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, г. Воронеж, тел. 8-915-545-20-73, e-mail: lisakrtkv@gmail.com

Е. А. Короткова, студентка кафедры теплогасоснабжения и нефтегазового дела

Постановка задачи: При проектировании стальных резервуаров наряду с обеспечением надлежащей надежности конструкций ставится задача получения экономичных решений. Одним из центральных вопросов экономичного проектирования является создание рациональных конструктивных решений с учетом различных критериев качества, таких как минимальный расход материалов, технологичность изготовления и монтажа, сокращение эксплуатационных расходов и др.

Результаты: Рассмотрен возможный вариант сокращения затрат на проектировании стальных резервуаров.

Выводы: В ходе исследования был выявлен наиболее экономичный способ проектирования стальных резервуаров, основанный на минимизации всевозможных затрат в процессе реализации плана построения данной конструкции.

Ключевые слова: резервуар, листовые конструкции, оптимизация затрат, критерий экономичности.

Введение. Накопленный к настоящему времени опыт эксплуатации стальных резервуаров, предназначенных для хранения значительных объемов нефти и нефтепродуктов, диктует необходимость более детального изучения условий работы наиболее широко применяемых в системе транспорта нефти и нефтепродуктов резервуаров низкого давления, получивших название РВС.

История возникновения нефтескладского хозяйства в нашей стране теснейшим образом связана с развитием бакинской нефтяной промышленности на Апшеронском полуострове. Единственным видом нефтетранспорта в те времена были перевозки на верблюдах. Любопытно отметить, что подобным способом Бакинская нефть перевозилась на расстояния свыше 1000 км и даже доходила до Багдада.

Добыча нефти в XVII в. достигала 3500 т/год. В этот период, собственно, и начинают возникать нефтесклады, представляющие собой земляные ямы - резервуары, устраиваемые в глинистых грунтах. Такой способ хранения нефти применялся долгое время, до второй половины XIX в. Первый стальной резервуар был выстроен в 1878 г. по проекту инженера (позднее академика) В. Г. Шухова, который впоследствии ввел классический метод расчета резервуаров при наименьшей затрате металла, и инженера А. В. Бари [1].

1. Разновидности резервуаров. Резервуары низкого давления служат для хранения воды, нефти и нефтепродуктов. В зависимости от положения в пространстве цилиндрические резервуары делят на:

- резервуары вертикальные;
- резервуары горизонтальные.

Вертикальные цилиндрические резервуары имеют днище, стенку, крышу, эксплуатационное оборудование. В них хранятся нефтепродукты при малой их оборачиваемости (10-12 раз в год). При большей оборачиваемости нефтепродуктов применяются резервуары с плавающей крышей и понтоном. Вертикальные резервуары применяют для хранения легковоспламеняющихся жидкостей (например, бензина) при объемах до 20000 м³; для хранения горючих жидкостей - до 50000 м³. Объем вертикальных цилиндрических резервуаров колеблется от 100 до 50000 м³ и более и регламентируется нормальным рядом: 100, 200, 300, 400, 500, 700, 1000, 2000, 3000, 5000, 10000, 20000, 30000 и 50000 м³. Все резервуары нормального ряда (исключая в некоторых случаях резервуары объемом 50000 м³) строят промышленным методом из рулонных заготовок. Резервуары объемом 50000 м³ сооружают как из рулонных заготовок, так и листовым способом. Проектирование резервуаров объемом более 50000 м³ выполняют по индивидуальным техническим условиям.

В зависимости от объема и места расположения вертикальные резервуары подразделяются на три класса:

- класс I - особо опасные резервуары: объемами 10000 м³ и более, а также резервуары объемами 5000 м³ и более, расположенные непосредственно по берегам рек, крупных водоемов и в черте городской застройки;
- класс II - резервуары повышенной опасности: объемами от 5000 до 10000 м³;
- класс III - опасные резервуары: объемами от 100 до 5000 м³.

Крупные резервуары для хранения нефтепродуктов в районах с нормативным весом снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли до 1,5 кПа включительно могут иметь плавающие крыши без стационарной крыши.

Плавающие крыши могут быть следующих типов:

- однодечной конструкции (однодисковые) с герметичными коробами, расположенными по периметру;
- двудечной конструкции (двухдисковые), состоящей из герметичных коробов, образующих всю поверхность крыши;
- поплавкового типа.

Плавающие крыши двудечной конструкции характеризуются непотопляемостью и высокой жесткостью. Однако из-за большой металлоемкости и трудоемкости изготовления они применяются в единичных случаях. Предлагается плавающая крыша поплавкового типа из рулонных заготовок, в которой повышена плавучесть и жесткость центральной части настила по сравнению с однодечной крышей. Резервуары с плавающей крышей должны иметь верхнее кольцо жесткости, шириной не менее 800 мм, устанавливаемое на верхнем поясе стенки и используемое в качестве обслуживающей площадки. Доступ на плавающую крышу должен обеспечиваться катучей лестницей. Плавающие крыши должны иметь опорные стойки высотой около 1800 мм для осмотра и ремонта крыши и днища, минимум один люк-лаз диаметром не менее 600 мм. В северных снежных районах, а также в районах, где возможны пыльные бури, применяют резервуары со стационарной крышей и понтоном. Понтон состоит из понтонного кольца, обеспечивающего его плавучесть, и центральной части из плоских стальных листов толщиной 4 мм. Понтонное кольцо выполняется из замкнутых коробов или открытых отсеков, разделенных радиальными стенками. Между стенкой резервуара и наружной стенкой понтонного кольца имеется зазор шириной 200÷275 мм, который заполняется уплотняющим затвором. Возможны варианты понтонов по типу плавающих крыш.

Горизонтальные цилиндрические резервуары предназначены для хранения нефтепродуктов под избыточным давлением до 70 кПа (7000 мм вод. столба). Резервуары имеют простую форму, транспортабельны по железной дороге, что ограничивает диаметр до 3,25 м. В отдельных случаях диаметр резервуара может достигать до 4,0 м. Наибольшее распространение

ние получили резервуары для нефтепродуктов объемом 5, 10, 25, 50, 75 и 100 м³. Горизонтальные резервуары могут быть надземного и подземного расположения. Стенка резервуара выполняется из нескольких листовых обечайек. Каждая обечайка изготавливается из листовой или рулонной стали. Ширину листов принимают в пределах 1500÷2000 мм. Листы и обечайки соединяются между собой сварными стыковыми швами, за исключением монтажных стыков, которые могут свариваться внахлестку. Для повышения жесткости стенки ее укрепляют опорными и промежуточными кольцами жесткости. Опорные кольца жесткости имеют дополнительную, чаще всего треугольную диафрагму [2].

2. Основы экономики листовых конструкций. При создании сооружений обеспечение их экономичности является важнейшим вопросом проектирования. Экономичным решением будет то, в котором наиболее полно удовлетворены все требования, предъявляемые к сооружению: минимальный расход металла и других материалов, технологичность конструкций, удобство их транспортирования, максимальная скорость монтажа, снижение капитальных затрат и эксплуатационных расходов, долговечность и наибольшее удобство эксплуатации. В каждом конкретном случае конъюнктурные вопросы, например отсутствие определенных марок сталей, высокая стоимость более широких листов, возможности заводского оборудования, изготавливающего данные листовые конструкции, могут оказаться существенными и заметно отразиться на экономичности сооружения.

Во многих листовых конструкциях физический износ наступает ранее морального старения сооружения. Однако в ряде случаев следует учитывать при проектировании возможность использования сооружения для нового технологического процесса или изменения старого. Требования экономии заложены в основных документах, определяющих тип и размеры сооружения: общероссийских стандартах, нормах проектирования и инструкциях по расчету и проектированию конкретных сооружений.

Требования прочности, являющиеся также требованиями экономичности, определяются в строительных нормах и правилах четырьмя коэффициентами: коэффициентом условий работы конструкции m ; коэффициентом перегрузки n , представляющим отношение наибольшей возможной нагрузки (воздействия) к ее нормативному значению; коэффициентом однородности материала k , являющимся отношением наименьшего возможного значения данной прочностной характеристики (предела текучести, временного сопротивления, предела длительной прочности, предела ползучести) к ее нормативному значению; коэффициентом сочетания нагрузок c .

Коэффициент запаса в расчете по допускаемым напряжениям, принятом в нормах и методах расчета на прочность сосудов и аппаратов, равен:

$$\xi = \frac{c \cdot n}{m \cdot k}, \quad (1)$$

где n – средневзвешенное значение коэффициента перегрузки действующих в данном сочетании (основное, дополнительное, особое) нагрузок и воздействий.

Переход к расчету сосудов нефтяной аппаратуры по предельным состояниям приводит к большей экономичности этих конструкций.

Листовые конструкции представляют собой чрезвычайно ответственные сооружения, и потому к выбору значений коэффициентов m , n и c необходимо подходить с особой осторожностью. Достаточно сказать, что обычно стоимость жидкости, хранимой в резервуаре, превышает стоимость резервуара в несколько раз. Еще большими могут быть потери в результате разрушений смежных сооружений, вызванных нарушением сплошности данной листовой конструкции. Вследствие этого выбору значений коэффициентов перегрузки n , условий работы m и сочетаний нагрузок c предшествуют тщательное изучение работы аналогич-

ных сооружений и математическая обработка статистических данных, связанных с вопросами прочности, долговечности и экономичности соответствующих листовых конструкций.

Критерием экономичности сооружений является так называемая удельная стоимость, определяемая величиной суммы капитальных затрат, эксплуатационных расходов, потерь продукции при эксплуатации и прочих расходов, отнесенных к единице продукции в единицу времени или к единице емкости листовой конструкции. Чем меньше удельная стоимость, тем выше экономичность сооружения.

Значение удельной стоимости можно определить по формуле

$$Y = \frac{1}{g} \left(\frac{C_k \cdot a}{b} + C_э + C_{п} + C_{п.р.} \right), \quad (2)$$

где g – количество вырабатываемой в год продукции; количество хранимой продукции для сооружений, предназначенных для хранения жидкостей, газов, сыпучих веществ; количество транспортируемой продукции для трубопроводов, предназначенных для транспортирования газов, жидкостей, размельченных или разжиженных твердых веществ; b – принятое число лет эксплуатации конструкции (номинальный срок службы сооружения); C_k – величина капитальных затрат на сооружение; a – коэффициент амортизации:

$$a = 1 + \frac{C_a}{C_k}, \quad (3)$$

где C_a – величина амортизационных затрат за номинальный срок службы сооружения; $C_э$ – величина эксплуатационных расходов в год (расходы по содержанию обслуживающего персонала, аренда территории, стоимость перерабатываемой, хранимой или транспортирующей продукции, стоимость ремонтов); $C_{п}$ – величина потерь продукции в течение года (в денежном выражении); $C_{п.р.}$ – величина прочих расходов в год.

Величину потерь продукции можно рассматривать как составляющую величины эксплуатационных расходов. Однако в связи с возможностью потерь особенно ценных продуктов для некоторых видов сооружений необходимо отдельно анализировать значение этой составляющей.

Величина капитальных затрат C_k в основном зависит от правильного выбора конструктивной формы сооружения, так как она в первую очередь влияет на экономичность сооружения и предопределяет напряженное состояние конструкции, а следовательно, и вес сооружения, количество отходов, технологичность в изготовлении и монтаже, транспортабельность, удобство эксплуатации [3].

Вертикальные цилиндрические резервуары, чаще всего наземные, просты в изготовлении и монтаже, достаточно экономичны по расходу металла (объем их достигает 20000 м³ для светлых нефтепродуктов и 50000 м³ – для темных). При стенке постоянной толщины по высоте расход металла на резервуар будет наименьшим, если суммарная масса днища и покрытия будет вдвое больше массы стенки. При этом оптимальная высота определится по формуле В. Г. Шухова:

$$H_{opt} = \sqrt[3]{\left(\frac{V}{\pi}\right) \cdot \left(\frac{\Delta}{t}\right)^2}, \quad (4)$$

где V – объем резервуара; Δ – приведенная толщина (днища и покрытия); t – толщина стенки резервуара.

Выяснить зависимость высоты от диаметра можно по графику, изображенному на рисунке, где показан график изменения значений диаметра и высоты резервуаров, определенных при различных условиях. Анализ графика показывает, что при оптимизации параметров резервуаров по приведенным затратам высота резервуаров несколько снижается, а диаметр увеличивается по сравнению с оптимизацией по расходу металла [4].

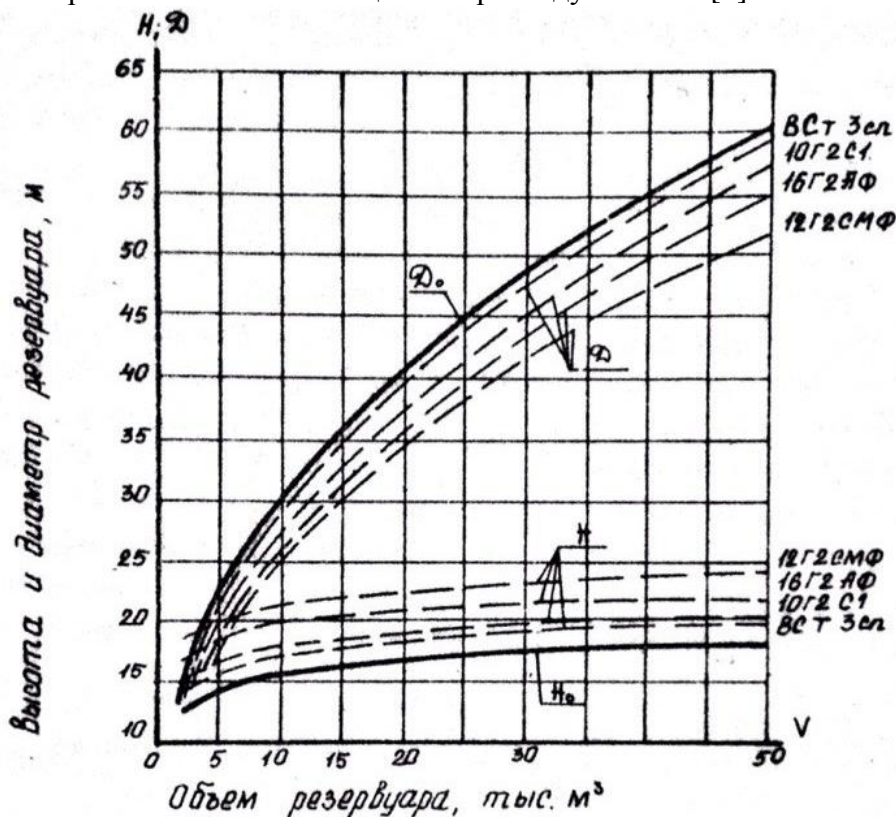


Рис. Основные параметры вертикальных цилиндрических резервуаров:
 D_0 , H_0 — оптимальные диаметр и высота резервуаров, определенных из условия минимальных приведенных затрат; D , H — диаметр и высота резервуаров, определенных из условия минимального расхода металла при условии выполнения вертикальной стенки из различных классов стали

Оптимизация параметрического ряда в рассматриваемом случае заключается в нахождении совокупности резервуаров с такими значениями параметров (геометрических объемов), при которых заданные потребности в изделиях удовлетворяются с наименьшими суммарными приведенными затратами [5, 6].

Выводы. Связь между параметрами изделий и затратами на разработку, изготовление, монтаж и эксплуатацию определяется «функцией затрат», которая задается как суммарные приведенные затраты резервуара определенной вместимости. Определение «функции спроса» следует выполнять с помощью статистических методов прогнозирования, предусматривающих обобщение известных данных за определенный промежуток времени и экстраполяцию найденной закономерности на расчетный год. Множество возможных вместимостей необходимо определить таким образом, чтобы конструкция каждого резервуара была технологична в изготовлении, транспортировке и монтаже, а также рациональна по расходу материала. Рациональность конструкции по расходу материала должна обеспечиваться оптимальным отношением высоты и диаметра резервуара. Кроме того, при определении указанного отношения необходимо учитывать затраты на устройство фундаментов, сокращение площадей застройки, а также эксплуатационные затраты.

Библиографический список

1. **Николаев, Н. В.** Стальные вертикальные резервуары низкого давления для нефти и нефтепродуктов / Николаев Н.В., Иванов В.А., Новоселов В.В. и др. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2007 – 492 с.
2. **Нехаев, Г. А.** Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления – М.: АСВ, 2005 – 216 с.
3. **Лессиг, Е. Н.** Листовые металлические конструкции / Лессиг Е.Н., Лилеев А.Ф., Соколов А.Г. – М.: Стройиздат, 1970 – 488 с.
4. **Черников, В. И.** Сооружение и эксплуатация нефтебаз, 2 изд., М., 1955; Титков В. И. Резервуары с плавающей крышей, М., 1957.
5. **Майлер, А. З.** Оптимизация параметров конструкций изотермических резервуаров. Сб. научных трудов ВНИИмонтажспецстрой. Технология монтажа резервуаров и трубопроводов – М., 1985.
6. **Мартыненко, Г. Н.** Возможности использования экологически опасных отходов жизнедеятельности в биогазовых установках / Г. Н. Мартыненко // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2014. - Т. 2. - № 4 (17). - С. 119-122.

References

1. **Nikolaev, N. V.** Steel vertical low-pressure tanks for oil and petroleum products / Nikolaev N.V., Ivanov V.A., Novoselov V.V. and ect. – M.; TsentrLitNefteGas, 2007-492 p.
2. **Nekhaev, G. A.** Design and calculation of steel cylindrical tanks and low-pressure gas tanks – M.: ACB, 2005 – 216 p.
3. **Lessig, E. N.** Sheet-metal constructions / Lessig E.N., Lileev A.F., Sokolov A.G. – M.: Stroyizdat, 1970 – 488 p.
4. **Chernikin, V. I.** Construction and operation of oil depots, 2nd ed., M., 1955; Titkov V.I. Floating roof tanks, M., 1957.
5. **Mailer, A. Z.** Optimization of design parameters insulated tanks. Collection of scientific works of VNIImontazhspestsstroy. Technology installation of tanks and pipelines – M., 1985.
6. **Martynenko, G. N.** Vozmozhnosti ispol'zovaniya jekologicheski opasnyh othodov zhiznedejatel'nosti v bio-gazovyh ustanovkakh / G. N. Martynenko // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2014. - T. 2. - № 4 (17). - S. 119-122.

MINIMIZATION OF EXPENDITURES DURING THE PROCESS OF ENGINEERING OF STEEL TANKS

E. A. Korotkova

*Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, Voronezh, ph. 89155452073, e-mail: lisakrtkv@gmail.com
E. A. Korotkova, student of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

Formulation of the problem: during the engineering of the steel tanks in accordance with provision of adequate reliability of constructions the primary purpose comprises the necessity of obtaining cost-effective solutions. One of the central issues of economical engineering is to create an efficient engineering solutions based on various quality criteria, such as minimum consumption of materials, manufacturability and assembly, reduction of operating costs and ect.

Results: consideration of one of the possible options of reduction of expenditures directed on engineering of steel tanks

Conclusions: during the research one of the most economical way of designing steel tanks was identified, which is based on the minimization of various costs during the realization of the plan comprising the building process.

Keywords: tank, leaf constructions, optimization of expenditures, the criterion of economic efficiency.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

УДК 624.014

ГОЛОЛЁДНЫЕ И ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Е. О. Кшевинская, Е. А. Лавлинская, Е. В. Плаксина

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, г. Воронеж, тел. 8(473)271-53-21, e-mail: katek123@inbox.ru

Е.О. Кшевинская, студентка кафедры теплогасоснабжения и нефтегазового дела

Е.А. Лавлинская, студентка кафедры теплогасоснабжения и нефтегазового дела

Е.В. Плаксина, аспирант кафедры теплогасоснабжения и нефтегазового дела

Постановка задачи. Воздушные линии электропередачи – это устройства, предназначенные для передачи и распределения электрической энергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикрепленным с помощью траверс, изоляторов и арматуры к опорам или другим сооружениям. В связи с воздействием на опоры воздушных линий электропередачи ветровой и гололёдной нагрузок, требуется рассчитать их величину.

Результаты и выводы. При проектировании опор воздушных линий электропередачи необходимо учесть множество факторов, так как они сооружаются в открытой местности и поэтому подвергаются различным атмосферным воздействиям, рассматриваемая методика позволяет рассчитать нагрузки при воздействии ветра и гололёда на воздушные линии электропередачи, а также, к каким повреждениям может привести обледенение проводов.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, гололёдные нагрузки, ветровые нагрузки.

Введение. Провода воздушных линий электропередачи постоянно подвергаются различным нагрузкам, возникающим при воздействии порывов ветра, появлении гололеда, при изменении температуры окружающей среды. Важно насколько качественно изготовлена опора линии электропередачи. Но характер подобных нагрузок во многом определяется климатическими условиями в районе строительства линии электропередачи. Характер ветровой нагрузки на провода воздушной линии электропередачи определяется скоростью порывов ветра и их направлением по отношению к трассе воздушной линии. Максимальной ветровой нагрузке провода подвергаются на открытых территориях при направлении ветра перпендикулярно оси линии. К числу гололедных образований относятся иней, кристаллическая и зернистая изморозь, гололед и смешанные образования из гололеда и изморози. Для проводов воздушных линий электропередачи иней и кристаллическая изморозь не представляют существенной дополнительной нагрузки и не влияют на их механическую прочность. К значительно более тяжелым условиям работы проводов может привести образование зернистой изморози, гололеда или их смеси.

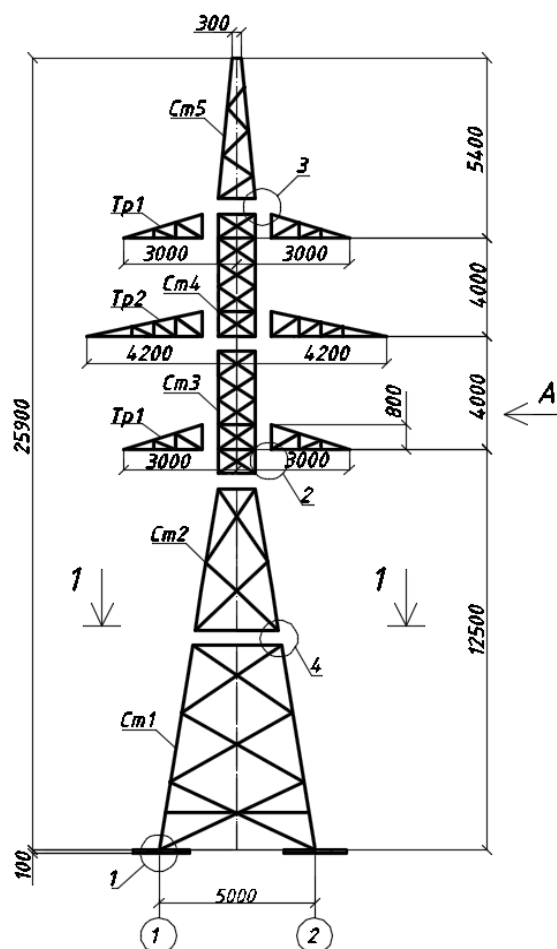


Рис. 1. Схема расположения элементов опоры воздушной линии электропередачи

1. Ветровые нагрузки. Анализ статистических данных об отказах ВЛ показал, что 46,7 % повреждений и разрушений опор происходит из-за недостаточности знаний о действии ветра. Основными причинами аварий были ошибки в назначении величины расчетной ветровой нагрузки, неправильное представление о характере ее распределения по сооружению, вибрация конструкций.

Ветровую нагрузку на стойку можно рассчитать по алгоритму, кПа:

Статическая

$$W_m = W_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_n, \quad (1)$$

где γ_n - коэффициент надежности по нагрузке; c - аэродинамический коэффициент; k - коэффициент, зависящий от высоты и типа местности, берется из таблицы 6.2 СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»; W_0 - расчетное значение ветрового давления, равное 0,45 для второго ветрового района; $\gamma_n = 1,1$

$$W_{m1} = 0,45 \cdot 0,388 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,230;$$

$$W_{m3} = 0,45 \cdot 0,889 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,528;$$

$$W_{m5} = 0,45 \cdot 1,046 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,621;$$

$$W_{m7} = 0,45 \cdot 1,139 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,677;$$

$$W_{m9} = 0,45 \cdot 1,259 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,748;$$

$$W_{m2} = 0,45 \cdot 0,759 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,451;$$

$$W_{m4} = 0,45 \cdot 1,009 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,599;$$

$$W_{m6} = 0,45 \cdot 1,074 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,638;$$

$$W_{m8} = 0,45 \cdot 1,203 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,715;$$

$$W_{m10} = 0,45 \cdot 1,266 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,752;$$

$$W_{m11} = 0,45 \cdot 1,291 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,767;$$

$$W_{m12} = 0,45 \cdot 1,324 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,786.$$

В качестве динамической составляющей рассматриваются пульсационные ветровые нагрузки

$$q = \frac{\rho \cdot V^2}{2}, \quad (2)$$

где ρ – плотность воздуха, равная $1,225 \text{ м}^3$; V – расчетная скорость воздуха

$$q = \frac{1,225 \cdot 27^2}{2} = 0,45.$$

Расчетная ветровая нагрузка на траверсу вычисляется по алгоритму, кПа:

$$W_m = W_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_n + W_{cm.max}, \quad (3)$$

$$W_m^{12,5} = 1,789 \cdot 0,45 \cdot 1,2 \cdot 1,1 + 0,786 = 1,849,$$

$$W_m^{16,5} = 1,958 \cdot 0,45 \cdot 1,2 \cdot 1,1 + 0,786 = 1,949,$$

$$W_m^{20,5} = 2,11 \cdot 0,45 \cdot 1,2 \cdot 1,1 + 0,786 = 2,042.$$

При скоростях ветра 3-5 м/с и равномерном потоке воздуха возможно возникновение весьма опасной вибрации проводов в вертикальной плоскости. Наблюдается вибрация в виде волны длиной до 20 метров и амплитудой 2-3 диаметра провода. Частота возникающих вибрации зависит от длины пролета, скорости ветра и натяжения проводов. Чем выше натяжение провода, длина пролета и высота подвеса провода, тем больше частота возникающих колебаний. Вибрация опасна тем, что возможен излом проводов в точках крепления из-за постоянных перегибов при колебаниях. Кроме того, возможно ослабление болтовых соединений на опоре. При резких и сильных порывах ветра при гололеде может возникнуть так называемая «пляска проводов»: порывом ветра провод резко подкидывается вверх и наблюдается бегущая волна. При ударе возникают сильные нагрузки, способные привести к повреждению изоляторов и траверс и даже к излому самих опор.



Рис. 2. Деформация опоры линии электропередачи при воздействии на нее ветровой нагрузки

2. Гололёдные нагрузки. Гололед образуется на проводах при температурах от минус 5 до 0 °С. Отложения гололеда увеличивают механическую нагрузку на провода из-за увеличения массы. Кроме того, увеличивается ветровая нагрузка на провода, в связи с увеличением их поперечного сечения. Гололед - слой плотного льда (мостового или прозрачного), нарастающий на проводах преимущественно с наветренной стороны от намерзания капель переохлажденного дождя или мороси. Обычно наблюдается при температуре от 0 до -3 °С, реже при более низких, вплоть до -16 °С. Корка намерзшего льда может достичь толщины нескольких сантиметров.



Рис. 3. Обледенение проводов

Гололедная нагрузка, действующая на нить провода рассчитывается по следующей формуле, Н:

$$i = b \cdot k_1 \cdot (d + b \cdot k_1) \cdot g_0 \cdot g \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где b – слой гололеда для 4 – го района равный 15 мм; k – коэффициент, зависящий от диаметра нити, равный 0,948; g – ускорение свободного падения ($g=9,8$ м/с²); g_0 – плотность льда, принимаемая 0,9 г/см³; d – диаметр провода

$$i = 15 \cdot 0,948 \cdot (15,2 + 15 \cdot 0,948) \cdot 0,9 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} = 3,69.$$

Выводы. Провода и тросы воздушных линий электропередачи работают в тяжелых условиях, так как они подвергаются действию ветра, гололеда, химических реагентов, находящихся в воздухе, вибрациям и т.д. В материалах проводов и тросов воздушных линий возникают большие механические напряжения. Условия работы воздушной линии во многом зависят от климатических особенностей района, в котором она эксплуатируется, поэтому климатические условия должны быть положены в основу методики оценки технического состояния воздушной линии, так как на ее работу оказывают большое влияние режим температуры, ветра, влажность воздуха, условия, способствующие обледенению, и виды атмосферных отложений (гололед, изморозь), а также грозовые явления. Рассматриваемая методика позволяет рассчитать нагрузки при воздействии ветра и гололёда на воздушные линии электропередачи, а также, к каким повреждениям может привести обледенение проводов.

Библиографический список

1. **Крюков, К. П.** Конструкции и механический расчет линий электропередачи / К.П. Крюков, Б.П. Новгородцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1979. – 312 с.
2. **Шевченко, Н. Ю.** Повышение эффективности реконструируемых воздушных линий электропередач, подверженных экстремальным метеовоздействиям / диссертация кандидата технических наук: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03 / Шевченко Наталья Юрьевна. – Саратов, 2011. – 163 с.
3. **Кесельман, Л. М.** Основы механики воздушных линий электропередачи / Л. М. Кесельман. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 352 с.
4. **Александров, Г. Н.** Проектирование линий электропередачи сверхвысокого напряжения / Г.Н. Александров, В.В. Ершевич, С.В. Крылов и др.: под ред. Г. Н. Александрова и Л. Л. Петерсона.- Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 368 с.
5. **Мелькумов, В. Н.** Промышленная безопасность помещений с электрооборудованием / В.Н. Мелькумов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2008. - №3. - С. 176-182.
6. **Чуйкин, С. В.** Разработка программы расчета ожидаемых нагрузок ветра на провода воздушных линий электропередачи / С. В. Чуйкин, Т. В. Дорофеева, Е. О. Кшевинская // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – №1(18). – С. 23-28.
7. **Дорофеева, Т. В.** Опоры воздушных линий электропередачи / Т. В. Дорофеева, Е. О. Кшевинская, Ю. С. Старокожев, В. А. Склизкоухих // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2015. – №2(19). – С. 64-70.

References

1. **Kryukov, K. P.** Konstrukcii i mexanicheskij raschet linij e'lektroperedachi / K.P. Kryukov, B.P. Novgorodcev. – 2-e izd., pererab. i dop. – L.: E'nergiya, 1979. – 312 s.
2. **Shevchenko, N. Yu.** Povyshenie e'ffektivnosti rekonstruiuemyx vozdushnyx linij e'lektroperedach, podverzhennyx e'kstremal'nym meteovozdeystviyam / dissertaciya kandidata texnicheskix nauk: dis. ... kand. texn. nauk: 05.09.03 / Shevchenko Natal'ya Yur'evna. – Saratov, 2011. – 163 s.
3. **Kesel'man, L. M.** Osnovy mexaniki vozdushnyx linij e'lektroperedachi / L.M. Kesel'man. – M.: E'nergoatomizdat, 1992.- 352 s.
4. **Aleksandrov, G. N.** Proektirovanie linij e'lektroperedachi sverxvysokogo napryazheniya / G.N. Aleksandrov, V.V. Ershevich, S.V. Krylov i dr.: pod red. G.N. Aleksandrova i L.L. Petersona.- L.: E'nergoatomizdat, 1983. – 368 s.
5. **Mel'kumov, V. N.** Promyshlennaya bezopasnost' pomeshhenij s e'lektroobudovaniem / V.N. Mel'kumov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arxitektura. - 2008. - №3. - S. 176-182.
6. **Chuykin, S. V.** Development of the Original Program calculating the expected wind loads on the wires overhead power lines / S.V. Chuykin, T.V. Dorofeeva, E.O. Kshevinskaya // The scientific journal. Engineering systems and facilities. – 2015. – №2(19). – P. 64-70.
7. **Dorofeeva, T. V.** The supports of overhead power lines / T.V. Dorofeeva, E.O. Kshevinskaya, Y.S. Starokozhev, V.A. Sklizkouhikh // The scientific journal. Engineering systems and facilities. – 2015. – №2(19). – C. 64-70.

ICE AND WIND LOADS ON OVERHEAD TRANSMISSION LINES

E. O. Kshevinskaya, E. A. Lavlinskaya, E. V. Plaksina

*Voronezh state University of architecture and construction
Russia, Voronezh, phone: 8(473)271-53-21, e-mail: katek123@inbox.ru
E. O. Kshesinskaya, a student of the Department of heat and gas engineering
E. A. Lublinskaya, a student of the Department of heat and gas engineering
E. V. Plaksina, post-graduate student of the Department of heat and gas engineering*

Problem statement: In connection with the impact on the supports of overhead power lines wind and ice loads, it is required to calculate their value.

Results and conclusions: The method allows to calculate stresses when exposed to wind and ice on overhead transmission lines, as well as any damage may result in the icing.

Keywords: overhead power lines, ice loads, wind loads.

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)

УДК 699.81

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ ПРИ НАЛИЧИИ ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ

В. Л. Мурзинов, А. П. Паршина, М. В. Паршин

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

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

В. Л. Мурзинов, докт. техн. наук, проф. кафедры пожарной и промышленной безопасности

А. П. Паршина, аспирант кафедры пожарной и промышленной безопасности

М. В. Паршин, аспирант кафедры пожарной и промышленной безопасности

Постановка задачи. Рассматриваются проблемы получения математической модели, описывающей динамику температурного режима пожара и позволяющей определить время наступления критического значения температуры в условиях пожара в помещении, оборудованном аэрационными фонарями.

Результаты и выводы. Проведено моделирование тепловых процессов в негерметичных помещениях при наличии аэрационных фонарей на основе теории конвективного теплообмена и газовой динамики.

Ключевые слова: моделирование, конвективный теплообмен, открытое пламя, аэрационные фонари, температурный режим пожара, прогнозирование пожаров, негерметичное помещение.

Введение. Обеспечение безопасности людей всегда было приоритетной задачей любых противопожарных мероприятий. С этой целью разрабатываются и внедряются методы прогнозирования пожаров, что невозможно без научно обоснованного расчета критической продолжительности пожара. Критическая продолжительность пожара – это время, в течение которого достигается предельно допустимое значение ОФП в установленном режиме его изменения. Критическая продолжительность пожара используется в общей процедуре определения необходимого времени эвакуации людей при пожаре [1].

Целью исследования является получение математической модели, описывающей динамику температурного режима пожара и позволяющей определить время наступления критического значения температуры в условиях пожара в помещении, оборудованном аэрационными фонарями, то есть критическую продолжительность пожара. Решение поставленной задачи позволит уточнять и корректировать противопожарные мероприятия по защите людей от такого опасного фактора пожара как высокая температура, а также определять время безопасной эвакуации.

Моделирование тепловых процессов в негерметичных помещениях при наличии аэрационных фонарей. Моделирование может основываться на теории конвективного теплообмена и газовой динамики. Учет влияния открытого пламени при моделировании температурного режима пожара позволяет использовать некоторые обобщения и допущения, опирающиеся на картину физического процесса.

Принятые допущения:

- Объем поступающего воздуха в помещение в единицу времени равен объему уходящего воздуха через аэрационные фонари.
 - Тепловой поток от источника нагревает воздух за счет теплообмена и лучистого теплообмена, который нагревает ограждения (стены, потолок, пол) и передает тепловую энергию воздуху за счет процесса теплоотдачи.
 - Тепловая энергия от источника равномерно распределяется по всему объему помещения.
 - Движущей силой для перемещения воздушных масс является сила Архимеда, образованная изменяющейся плотностью газовой среды под действием теплового напора.
- Запишем систему уравнений, описывающих движение воздуха при наличии теплового источника и свободной конвекции

$$\frac{Dt}{d\tau} = a\nabla^2 t + \frac{Q}{\rho C_p}, \quad (1)$$

$$\frac{d\bar{V}}{d\tau} = \bar{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 \bar{V}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0, \quad (3)$$

где (1) – уравнение переноса энергии, уравнение Фурье-Кирхгофа [3]; (2) – уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости, уравнение Навье-Стокса [4]; (3) – уравнение неразрывности; $\frac{Dt}{d\tau} = \frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial x} + v \frac{\partial t}{\partial y} + w \frac{\partial t}{\partial z}$ – субстанциальная производная; u, v, w – скорости

вдоль соответствующих осей x, y, z , м/с; t – температура, °С; τ – время, с; $a = \frac{\lambda}{\rho C_p}$ –

коэффициент температуропроводности, м²/с; λ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м·°С; ρ – плотность воздуха, кг/м³; C_p – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С);

$\nabla^2 \dots = \frac{\partial^2 \dots}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \dots}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \dots}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа, 1/м²; Q – источник тепла, Вт/м³; \bar{V} – вектор

скорости воздушной среды, м/с; $\frac{d\bar{V}}{d\tau} = \frac{\partial \bar{V}}{\partial \tau} + u \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} + w \frac{\partial \bar{V}}{\partial z}$; \bar{F} – вектор массовых сил,

м/с²; $\text{grad } p = \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial p}{\partial z}$ – градиент давления, Па/м; μ – динамическая вязкость воздуха, Н·с/м².

Система уравнений (1), (2), (3) в развернутом виде будет

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial x} + v \frac{\partial t}{\partial y} + w \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{\lambda}{\rho C_p} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{Q}{\rho C_p}, \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial \tau} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial \tau} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial w}{\partial \tau} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= F_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0. \quad (6)$$

С учетом допущений, будет рассматриваться свободная конвекция вдоль одной оси, поэтому можно положить $v = 0$, $w = 0$, $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$, $\text{grad } p = 0$. Объемная сила $F_y = F_z = 0$, а сила вдоль оси x будет определяться подъемной силой или силой Архимеда

$$F_x = g\beta(t - t_o), \quad (7)$$

где g - ускорение свободного падения, м/с^2 ; β - коэффициент теплового расширения, $1/^\circ\text{C}$; t_o - начальная температура, $^\circ\text{C}$. Тогда уравнение (4) примет вид

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{\lambda}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{Q}{\rho C_p}. \quad (8)$$

Система уравнений (5) с учетом (7) и допущений преобразуется в уравнение

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = g\beta(t - t_o). \quad (9)$$

Уравнение неразрывности (6) запишем в виде

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) = 0, \quad (10)$$

где текущее значение плотности будет определяться соотношением

$$\rho = \rho_o(1 - \beta(t - t_o)), \quad (11)$$

где ρ_o - начальное значение плотности, кг/м^3 . Уравнение (10) с учетом (11) примет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \tau} [\rho_o(1 - \beta(t - t_o))] + \frac{\partial}{\partial x} [\rho_o(1 - \beta(t - t_o))u] &= 0, \\ \frac{\partial}{\partial \tau} [-\beta \cdot t] + u \frac{\partial}{\partial x} [(-\beta \cdot t)] + [(1 - \beta(t - t_o))] \frac{\partial u}{\partial x} &= 0, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial x} = \left[\frac{(1 - \beta(t - t_o))}{\beta} \right] \frac{\partial u}{\partial x}.$$

Из уравнения (9) определим скорость $u = g\beta(t - t_o)\tau$, и дифференцируя его по x получим

$$\frac{\partial u}{\partial x} = g\beta \frac{\partial t}{\partial x} \tau. \quad (13)$$

Подставляя (12) и (13) в (8) уравнение теплопроводности примет вид

$$\begin{aligned} \left[\frac{(1 - \beta(t - t_o))}{\beta} \right] \frac{\partial u}{\partial x} &= \frac{\lambda}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{Q}{\rho C_p}, \\ \left[\frac{(1 - \beta(t - t_o))}{\beta} \right] g\beta \frac{\partial t}{\partial x} \tau &= \frac{\lambda}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{Q}{\rho C_p}, \\ \frac{\lambda}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} - g\tau \left[(1 - \beta(t - t_o)) \right] \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{Q}{\rho C_p} &= 0, \\ \frac{\lambda}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} - g\tau \left[(1 - \beta(t - t_o)) \right] \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{Q}{\rho C_p} &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

В уравнение (14) введем замену, безразмерную температуру

$$z = 1 - \beta(t - t_o) \quad (15)$$

$$\frac{\partial z}{\partial x} = -\beta \frac{\partial t}{\partial x} \quad \text{или} \quad \frac{\partial t}{\partial x} = -\frac{1}{\beta} \frac{\partial z}{\partial x}, \quad \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = -\frac{1}{\beta} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}. \quad (16)$$

Учитывая (15), (16) уравнение (14) будет

$$\begin{aligned} -\frac{\lambda}{\beta \rho C_p} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{g\tau}{\beta} \cdot z \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{Q}{\rho C_p} &= 0, \\ \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\rho C_p g}{\lambda} \tau \cdot z \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{Q\beta}{\lambda} &= 0. \end{aligned} \quad (17)$$

В уравнение (17) введем безразмерную высоту

$$\xi = \frac{x}{h}. \quad (18)$$

В уравнении (17) левую и правую части доумножим на h^2 , тогда

$$\frac{\partial^2 z}{\partial \xi^2} - \frac{\rho C_p g h}{\lambda} \tau \cdot z \frac{\partial z}{\partial \xi} - \frac{Q\beta h^2}{\lambda} = 0. \quad (19)$$

Источник тепла, входящий в уравнение (19) определится видом горючего материала, т.е.

$$Q = \frac{\psi_{yd} Q_H^p F}{V_{\Pi}}, \quad (20)$$

где $\psi_{y\partial}$ – удельная скорость выгорания вещества, кг/(м²·с); Q_H^p – теплотворная способность вещества, Дж/кг; F – площадь поверхности горения, м²; V_{Π} – объем помещения, м³. Уравнение (19) примет окончательный вид

$$\frac{\partial^2 z}{\partial \xi^2} - \frac{\rho C_p g h}{\lambda} \tau \cdot z \frac{\partial z}{\partial \xi} - \frac{\psi_{y\partial} Q_H^p F \beta h^2}{V_{\Pi} \lambda} = 0, \quad (21)$$

В уравнении (21) введем замены

$$\alpha_1 = \frac{\rho C_p g h}{\lambda} \tau \quad \text{и} \quad \alpha_2 = \frac{\psi_{y\partial} Q_H^p F \beta h^2}{V_{\Pi} \lambda}, \quad (22)$$

тогда получим

$$\frac{\partial^2 z}{\partial \xi^2} - \alpha_1 \cdot z \frac{\partial z}{\partial \xi} - \alpha_2 = 0. \quad (23)$$

Константы α_1 и α_2 , входящие в уравнение (23) представляют собой безразмерные комплексы и можно перейти от частных производных к полным

$$\begin{aligned} \frac{d^2 z}{d\xi^2} - \alpha_1 \cdot z \frac{dz}{d\xi} - \alpha_2 &= 0, \\ z'' - \alpha_1 \cdot z \cdot z' - \alpha_2 &= 0. \end{aligned} \quad (24)$$

Уравнение (2.2-24) может быть получено дифференцированием уравнения вида

$$z' - \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot z^2 - \alpha_2 \xi = 0. \quad (25)$$

В уравнении (25) присутствует искомая функция $z(\xi)$, которая будет

$$z(\xi) = \frac{\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \left[C_1 \text{AiryAi} \left(1, -\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) + \text{AiryBi} \left(1, -\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) \right]}{\alpha_1 \left[C_1 \text{AiryAi} \left(-\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) + \text{AiryBi} \left(-\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) \right]} + C_2, \quad (26)$$

где AiryAi , AiryBi волновые функции, относящиеся к специальным функциям. Для удобства дальнейших преобразований заменим волновые функции их представлениями в рядах, тогда получим

$$\text{AiryAi} \left(1, -\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) = -\frac{\sqrt[6]{3} \cdot \Gamma \left(\frac{2}{3} \right)}{2\pi} + \frac{\sqrt[3]{6} \sqrt[3]{(\alpha_1\alpha_2)^2}}{12 \cdot \Gamma \left(\frac{2}{3} \right)} \cdot \xi^2 + \frac{\sqrt[6]{3} \cdot \Gamma \left(\frac{2}{3} \right)}{12\pi} \alpha_1 \alpha_2 \xi^3, \quad (27)$$

$$\text{AiryBi}\left(1, -\frac{1}{2}\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi\right) = \frac{\sqrt[3]{9} \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)}{2\pi} + \frac{\sqrt[6]{972}\sqrt[3]{(\alpha_1\alpha_2)^2}}{12 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)} \cdot \xi^2 - \frac{\sqrt[3]{9} \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)}{12\pi} \alpha_1\alpha_2\xi^3, \quad (28)$$

$$\text{AiryAi}\left(-\frac{1}{2}\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi\right) = \frac{\sqrt[3]{3}}{3 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)} + \frac{\sqrt[6]{3} \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2}}{4\pi} \cdot \xi - \frac{\sqrt[3]{3} \cdot \alpha_1\alpha_2}{36 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)} \xi^3, \quad (29)$$

$$\text{AiryBi}\left(-\frac{1}{2}\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi\right) = \frac{\sqrt[6]{243}}{3 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)} - \frac{\sqrt[3]{9} \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2}}{4\pi} \cdot \xi - \frac{\sqrt[6]{243} \cdot \alpha_1\alpha_2}{36 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{3}\right)} \xi^3, \quad (30)$$

где $\Gamma\left(\frac{2}{3}\right) = 1.3541$ – гамма функция из области специальных функций.

Из граничных условий:

При $\xi = 0$ и $\alpha_1 = 0$ значение функции будет

$$z(\xi) = 1, \quad (31)$$

и тогда определяются константы, входящие в уравнение (26), значение которых следующее:

$$C_1 = \frac{2\alpha_1 \cdot \pi\sqrt[6]{243} - 3\sqrt[3]{9}\Gamma\left(\frac{2}{3}\right)^2 \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2}}{3\sqrt[3]{9}\Gamma\left(\frac{2}{3}\right)^2 \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} + 2\alpha_1 \cdot \pi\sqrt[6]{243}}, \quad C_2 = 1. \quad (32)$$

Уравнение (26) с учетом (27), (28), (29), (30) и (32) преобразуем к виду:

$$z(\xi) = \frac{\sqrt[3]{\alpha_1\alpha_2}}{k} (\varphi_1\xi^3 + \varphi_2\xi^2 + \varphi_3) + 1, \quad (33)$$

где k – экспериментальный коэффициент, улучшающий сходимость теоретических и экспериментальных данных

$$\varphi_1 = -\frac{0.0431(-18.1636 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1\alpha_2} + 15.6957\alpha_1)\alpha_1\alpha_2}{10.4867 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1\alpha_2} + 9.0619\alpha_1} - 0.0747\alpha_1\alpha_2, \quad (34)$$

$$\varphi_2 = -\frac{0.1118(-18.1636 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1\alpha_2} + 15.6957\alpha_1)\sqrt[3]{(\alpha_1\alpha_2)^2}}{10.4867 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1\alpha_2} + 9.0619\alpha_1} + 0.1937\sqrt[3]{(\alpha_1\alpha_2)^2}, \quad (35)$$

$$\varphi_3 = \frac{0.2588(-18.1636 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1\alpha_2} + 15.6957\alpha_1)}{10.4867 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1\alpha_2} + 9.0619\alpha_1} + 0.4483. \quad (36)$$

Уравнение (33) определяет распределение температуры в помещении при условии свободной конвекции, в рамках одномерной модели. Особенностью данного уравнения является безразмерность величин его составляющих и коэффициенты α_1 и α_2 представляют собой безразмерные комплексы. Поэтому можно рассматривать это уравнение как критериальное и использовать его при описании тепловых процессов в реальных объектах, методом моделирования на экспериментальных установках.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.1.004-91*. Пожарная безопасность. Общие требования
2. **Кошмаров, Ю. А.** Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении [Текст]: Учебное пособие / Ю. А. Кошмаров - М.: Академия ГПС МВД России. - 2000. - 118с.
3. **Лариков, Н. Н.** Теплотехника / Н. Н. Лариков. - М.: Стройиздат, - 1985. - 432с.
4. **Лойцянский, Л. Г.** Механика жидкости и газа /Л. Г. Лойцянский - М.: Наука, - 2003. - 840 с.
5. **Камке, Э.** Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – СПб.: Издательство «Лань» 2003. 576 с.
6. **Зайцев, В. Ф.** Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям / В. Ф. Зайцев, А. Д. Полянин. – М.: Физматлит, - 2001. - 576 с.

References

1. GOST 12.1.004-91*. Pozharnaja bezopasnost'. Obshhie trebovanija
2. **Koshmarov, Ju. A.** Prognozirovanie opasnyh faktorov pozhara v pomeshhenii [Tekst]: Uchebnoe posobie / Ju. A. Koshmarov - M.: Akademija GPS MVD Rossii. - 2000. - 118s.
3. **Larikov, N. N.** Teplo tehnika / N. N. Larikov. - M.: Strojizdat, - 1985. - 432s.
4. **Lojcyjanskij, L. G.** Mehanika zhidkosti i gaza /L. G. Lojcyjanskij - M.: Nauka, - 2003. - 840 s.
5. **Kamke, Je.** Spravochnik po obyknovennym differencial'nym uravnenijam. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'» 2003. 576 s.
6. **Zajcev, V. F.** Spravochnik po obyknovennym differencial'nym uravnenijam / V. F. Zajcev, A. D. Poljanin. – M.: Fizmatlit, - 2001. - 576 s.

MODELING OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER IN THE ROOM IN THE PRESENCE OF AN OPEN FLAME

V. L. Murzinov, A. P. Parshina, M. V. Parshin

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

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

V. L. Murzinov, D. Sc. in Engineering, Prof. of the Department of fire and industrial safety

A. P. Parshina, Ph. D. student of the Department of fire and industrial safety

M. V. Parshin, Ph. D. student of the Department of fire and industrial safety

Statement of the problem. Discusses the problem of obtaining mathematical models that describe the General dynamics of the temperature regime of a fire and allows you to determine the time of occurrence of the critical temperature in fire conditions in a room equipped with aeration-governmental lights.

The results and conclusions. The modeling of thermal processes in unpressurized space, the use of aeration in the presence of lights on the basis of the theory of convective heat transfer and gas dynamics howling.

Keywords: modeling, convective heat transfer, open flame, aeration lanterns, tempera tural mode of fire, prediction of fire, leaky room.

ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

RULES OF PREPARATION OF ARTICLES **ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ**

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

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

1.1. *Введение* предполагает:

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

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

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

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 ри-

сунки и фотографии желательно представлять в цветном варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение не менее 300 dpi. Избегайте тонких линий в графиках (толщина линий должна быть не менее 0,2 мм). Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются.

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.

**СВЕДЕНИЯ
ДЛЯ ДОКТОРАНТОВ, АСПИРАНТОВ И СОИСКАТЕЛЕЙ**

**INFORMATION
FOR D.SC. AND PH.D. CANDIDATES**

При Воронежском государственном архитектурно-строительном университете утверждены Высшей аттестационной комиссией (ВАК) и работают следующие диссертационные советы по присуждению ученой степени доктора и кандидата технических наук:

1. Совет Д.212.033.01

Председатель — доктор технических наук, профессор
Болдырев Александр Михайлович;
тел.: (473)2-71-50-24, факс: (473)2-71-59-05.

Специальности:

- 05.23.01 Строительные конструкции, здания и сооружения;
- 05.23.05 Строительные материалы и изделия;
- 05.23.17 Строительная механика.

2. Совет Д.212.033.02

Председатель — доктор технических наук, профессор
Мелькумов Виктор Нарбенович;
тел.: (473)2-77-37-34, факс: (473)2-71-53-21.

Специальности:

- 05.23.03 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение;
- 05.23.11 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей;
- 05.26.03 Пожарная и промышленная безопасность (в строительстве).