

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО  
ИНФРАСТРУКТУРА  
КОММУНИКАЦИИ**

**Выпуск № 1 (6) 2017**

**ПО ВОПРОСАМ РАЗМЕЩЕНИЯ СТАТЬИ  
ОБРАЩАТЬСЯ**

**В РЕДАКЦИЮ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА**

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

тел.: +7(473)2-71-53-21;

e-mail: [gik\\_vgasu@mail.ru](mailto: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 (6)

Февраль, 2017

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

Воронеж

ISSN 2413-6751

# GRADOSTROITELSTVO INFRASTRUKTURA KOMMUNIKATSII

№ 1 (6)

February, 2017

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

Voronezh



# ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ИНФРАСТРУКТУРА КОММУНИКАЦИИ

Научный журнал

Издается с 2015 года

Выходит 4 раза в год

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

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

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

**Ответственный  
секретарь:** **Тулеская С. Г.**, канд. техн. наук, доц.,  
Воронежский государственный технический университет

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

**Енин А. Е.**, канд. архит, доц., Воронежский государственный технический университет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подписано в печать 20.02.2017. Усл. печ. л. 10.35. Формат 60×84/8. Тираж 500 экз. Заказ № 407  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664.

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

ОТПЕЧАТАНО: Бизнес-Полиграфия, г. Воронеж



**GRADOSTROITELSTVO  
INFRASTRUKTURA  
KOMMUNIKATSII**

Periodical scientific edition

Published since 2015

Comes out 4 times per annum

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

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

**EDITORIAL COUNCIL**

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

**EDITORIAL BOARD**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Signed to print 20.02.2017. Conventional printed sheets 10.35. Format 60×84/8. Circulation 500 copies. Order 407  
Registration certificate III № ФС77-68664.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ</b> .....	9
<i>Китаев Д. Н., Хузин В. Ю.</i> Охлаждение воды в трубопроводах системы горячего водоснабжения при отсутствии циркуляции.....	9
<i>Гладышева Т. Ю., Петрикеева Н. А., Заид Тарек Мохаммедамин</i> Децентрализация как способ реконструкции инженерных систем зданий и сооружений.....	14
<i>Дементьев С. А., Жерлыкина М. Н.</i> Исследование технико-экономического эффекта от автоматизации индивидуального теплового пункт.....	19
<i>Чумаченко Д. А., Колесников И. Н.</i> Анализ эффективности пылеуловителей для природного газа.....	25
<i>Сергеева Е. Е., Забудько А. Н., Апойкова Е. А., Иванов А. А.</i> Целесообразность использования тепловых насосов и других нетрадиционных источников энергии.....	31
<i>Бобрешов Е. М.</i> Особенности системы естественной вентиляции многоквартирного жилого дома.....	39
<i>Забудько А. Н., Сергеева Е. Е., Иванов А. А., Шамарин Д. С.</i> Обоснование использования биогаза для сельхозпредприятий.....	44
<i>Кульпин С. И.</i> Преимущества применения «зеленых» крыш с точки зрения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций.....	54
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ</b> .....	60
<i>Гришанович А. И.</i> Особенности проектирования и возведения уникальных конструкций покрытия для большепролетных спортивных сооружений.....	60
<b>СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ</b> .....	69
<i>Тульская С. Г., Чуйкина А. А., Аралов Е. С.</i> Приём и отпуск нефтепродуктов на нефтебазах при различных видах транспорта.....	69
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ</b> .....	78
<i>Чуйкин С. В., Арбузова И. Р., Ключников И. В.</i> Применение программных комплексов для проектирования конструкций энергетических сетей.....	78
<b>ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ</b> .....	86

## CONTENTS

<b>HEAT AND GAS SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION .....</b>	<b>9</b>
<i>Kitaev D. N., Huzin V. Y.</i> Chilled water piping system hot water circulation in the absence.....	9
<i>Gladysheva T. Y., Petrikeeva N. A., Mokhammedamin Z. T.</i> Decentralization as way of reconstruction of engineering systems of buildings and constructions.....	14
<i>Dementyev S. A., Zherlykina M. N.</i> The study of technical and economic effect from automation of individual calorific point.....	19
<i>Chumachenko D. A., Kolesnikov I. N.</i> Analysis of the efficiency of dust collectors for natural gas.....	25
<i>Sergeev E. E., Zabudko A. N., Apalkov E. A., Ivanov A. A.</i> The feasibility of using heat pumps and other unconventional energy sources.....	31
<i>Bobreshov E. M.</i> System features natural ventilation of an apartment building.....	39
<i>Zabudko A. N., Sergeev E. E., Ivanov A. A., Shamarin D. S.</i> Justification of ispolzovanija biogas for farms.....	44
<i>Kulpin S. I.</i> The advantages of "green" roof with a view thermal characteristics of building envelopes.....	54
<b>TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION.....</b>	<b>60</b>
<i>Grishanovich I. A.</i> Features of designing and erecting unique the roof structures for large-span sports facilities.....	60
<b>CONSTRUCTION AND OPERATION OF OIL AND GAS PIPELINES, DATABASES AND REPOSITORIES.....</b>	<b>69</b>
<i>Tulskaya S. G., Chujkina A. A., Aralov E. S.</i> Reception and holiday of oil products on oil depots at different types of transport.....	69
<b>DESIGNING AND CONSTRUCTION OF ENERGY NETWORKS.....</b>	<b>78</b>
<i>Chujkin S. V., Arbuzova I. R., Klyuchnikov I. V.</i> The use of software complexes for design of structures energy networks.....	78
<b>RULES OF PREPARATION OF ARTICLES.....</b>	<b>86</b>



# ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 696.4

## ОХЛАЖДЕНИЕ ВОДЫ В ТРУБОПРОВОДАХ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ЦИРКУЛЯЦИИ

Д. Н. Китаев, В. Ю. Хузин

*Воронежский государственный технический университет*

*Д. Н. Китаев, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru*

*В. Ю. Хузин, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru*

**Постановка задачи.** При отсутствии циркуляции воды в системе горячего водоснабжения происходит ее остывание и температура в местах водоразбора становится ниже нормативной. В условиях предоставления некачественных услуг населению, предусмотрена корректировка платежей. Отсутствие данных по изменению температур воды с течением времени, требует проведения затратных экспериментов и не позволяет определить предварительный ущерб от остывания воды в системе.

**Результаты.** По предложенному уравнению рассчитаны температуры воды при охлаждении с течением времени в стальных неизолированных горизонтальных трубопроводах различных диаметров, используемых в системах горячего водоснабжения зданий.

**Выводы.** Установлено, что наиболее интенсивно охлаждение воды в трубопроводах происходит в течение первых 2-3-х часов после прекращения циркуляции. За 8 часов температура воды может стать равной температуре окружающей среды.

**Ключевые слова:** горячее водоснабжение, теплопередача, трубопроводы.

**Введение.** В настоящее время в нашей стране уделяется большое внимание вопросам жилищно-коммунального хозяйства, повышению энергоэффективности его функционирования, следствием чего становится повышение качества предоставления коммунальных услуг населению [1]. Тем не менее, потребителям приходится сталкиваться с некачественными услугами по горячему водоснабжению [2]. Согласно действующим нормативам эксплуатации и санитарно-эпидемиологическим нормам, температура горячей воды в местах водоразбора должна быть не менее 60 °С. К сожалению такие температуры не всегда выдерживаются. Одной из причин ненормативных температур в местах водоразбора, является нарушение, а в ряде случаев отсутствие циркуляции воды в системе [3, 7, 8].

Согласно действующим правилам предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах, допустимое отклонение температуры воды составляет в ночное время (с 0.00 до 5.00 часов) не более чем на 5 °С, а в дневное

время (с 5.00 до 0.00) не более 3 °С. В случае нарушения за каждые 3 °С отступления от допустимых отклонений температуры горячей воды размер платы за коммунальную услугу за расчетный период, в котором произошло указанное отступление, снижается на 0,1 процента размера платы, определенного за такой расчетный период, за каждый час отступления от допустимых отклонений суммарно в течение расчетного периода. За каждый час подачи горячей воды, температура которой в точке разбора ниже 40 °С, суммарно в течение расчетного периода оплата потребленной воды производится по тарифу за холодную воду.

Проживающие в многоквартирных домах при отсутствии циркуляции в системе горячего водоснабжения, вынуждены сливать охлажденную воду и платить за нее. При определении потерь теплоты трубопроводами необходимо знать температуру воды в системе в зависимости от времени отсутствия циркуляции. Изменение температуры теплоносителя при отсутствии движения необходимо знать при регулировании системы отопления пропусками, а также для оценки потенциала энергосбережения в системах горячего водоснабжения. В настоящее время отсутствует инженерная методика расчета потерь тепла и воды от остановки циркуляции воды в системах горячего водоснабжения, что делает затруднительным обоснование убытков, от некачественного предоставления коммунальной услуги, при обращении граждан в суды.

На основе вышесказанного можно заключить, что решение задачи по расчету значений температур воды в трубопроводах системы горячего водоснабжения при отсутствии циркуляции, является актуальной. Решение данной задачи позволит создать методику оценки ущерба от некачественных услуг по горячему водоснабжению без проведения дорогостоящих камеральных исследований.

**1. Модель охлаждения воды в трубопроводе.** Рассмотрим нестационарную задачу охлаждения воды в стальном неизолированном трубопроводе системы горячего водоснабжения [4]. В системе горячего водоснабжения многоквартирных домов диаметры магистралей, проложенных в подвалах, обычно не превышают 150 мм, обычно меньше 125 мм. Количество теплоты  $dQ$ , которое отдаст трубопровод за время  $d\tau$  в окружающий воздух, определяется выражением [5]

$$dQ = -c\rho V \left( \frac{dt}{d\tau} \right) d\tau, \quad (1)$$

где  $c$  – теплоемкость жидкости;  $\rho$  – плотность жидкости;  $V$  – объем трубопровода;  $t$  – температура воды в трубопроводе.

Согласно закону сохранения энергии, теплота, определяемая уравнением (1), передается окружающему воздуху с температурой  $t_0$  поверхностью трубопровода, имеющей площадь  $F$ . Она может быть найдена по формуле

$$dQ = \alpha F (t - t_0) d\tau, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи.

Закон сохранения энергии примет вид

$$-c\rho V \left( \frac{dt}{d\tau} \right) d\tau = \alpha F (t - t_0) d\tau. \quad (3)$$

Разделив переменные и проинтегрировав, получим выражение

$$\ln(t - t_0) = -\frac{\alpha F \tau}{c \rho V} + C. \quad (4)$$

Задавая начальные условия  $\tau = 0$ ,  $t = t_2$ ,  $t_0 = t_6$ , находим постоянную интегрирования. В результате получим выражение

$$t = t_6 + (t_2 - t_6) \exp\left(-\frac{\alpha F \tau}{c \rho V}\right). \quad (5)$$

Уравнение (5) позволяет определить температуру воды в трубопроводе с течением времени при отсутствии циркуляции воды.

**2. Расчет температур воды в трубопроводе при остывании.** При расчете по формуле (5) примем следующие допущения. Диапазон изменения температуры горячей воды в рассматриваемой задаче от 75 °С, до температуры окружающей среды в подвале жилого многоквартирного дома. Температурный режим подвалов не нормируется. Исходя из экспериментальных данных по температурам в подвалах зданий, построенных по типовым проектам, диапазон изменения температуры воздуха в подвалах при расчетах  $0 \leq t_6 \leq 25$  °С.

Теплоемкость воды принимаем постоянной и равной  $c=4187$  Дж/(кг°С). Плотность воды будем определять по среднеарифметической температуре  $t_{cp}$  между  $t_2$  и  $t_6$ . Плотность воды  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup> для температур в условиях расчета, может быть определена по формуле

$$\rho = -0,004t_{cp}^2 - 0,058t_{cp} + 1000,98. \quad (6)$$

Определяющее значение при расчетах по формуле (5) имеет коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ , в общем случае определяемый как сумма коэффициента теплоотдачи конвекцией  $\alpha_k$  и излучением  $\alpha_l$ , Вт/(м<sup>2</sup>ч°С) [6]. В рассматриваемых условиях подвальных помещений с проложенными магистральными сетями горячего водоснабжения, теплоотдача от поверхности трубопроводов в окружающую среду происходит за счет естественной конвекции в неограниченное пространство. Коэффициент теплоотдачи от поверхности трубопровода, проложенного горизонтально, определялся по формуле Нуссельта [6]

$$\alpha_k = 1,16^4 \sqrt{\frac{t_2 - t_6}{d}}. \quad (7)$$

Коэффициент теплоотдачи излучением определялся по формуле Стефана-Больцмана

$$\alpha_l = \frac{C \left[ \left( \frac{273 + t_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_6}{100} \right)^4 \right]}{t_n - t_6}, \quad (8)$$

где  $C$  – коэффициент излучения, принятый для стальных поверхностей равным 4,536 Вт/(м<sup>2</sup>К<sup>4</sup>).

По формулам (5) – (8) были проведены расчеты для одного метра стандартных диаметров стальных труб от 32 до 150 мм. Температура воды  $t_2$  принималась равной 60 и 65 °С. Температура воздуха  $t_в$  принималась в интервале от 0 до 25 °С с шагом в 2,5 °С. В результате были получены температуры горячей воды в зависимости от времени отсутствия циркуляции воды. На рисунке представлены результаты расчета для стального трубопровода наружным диаметром 57 мм.

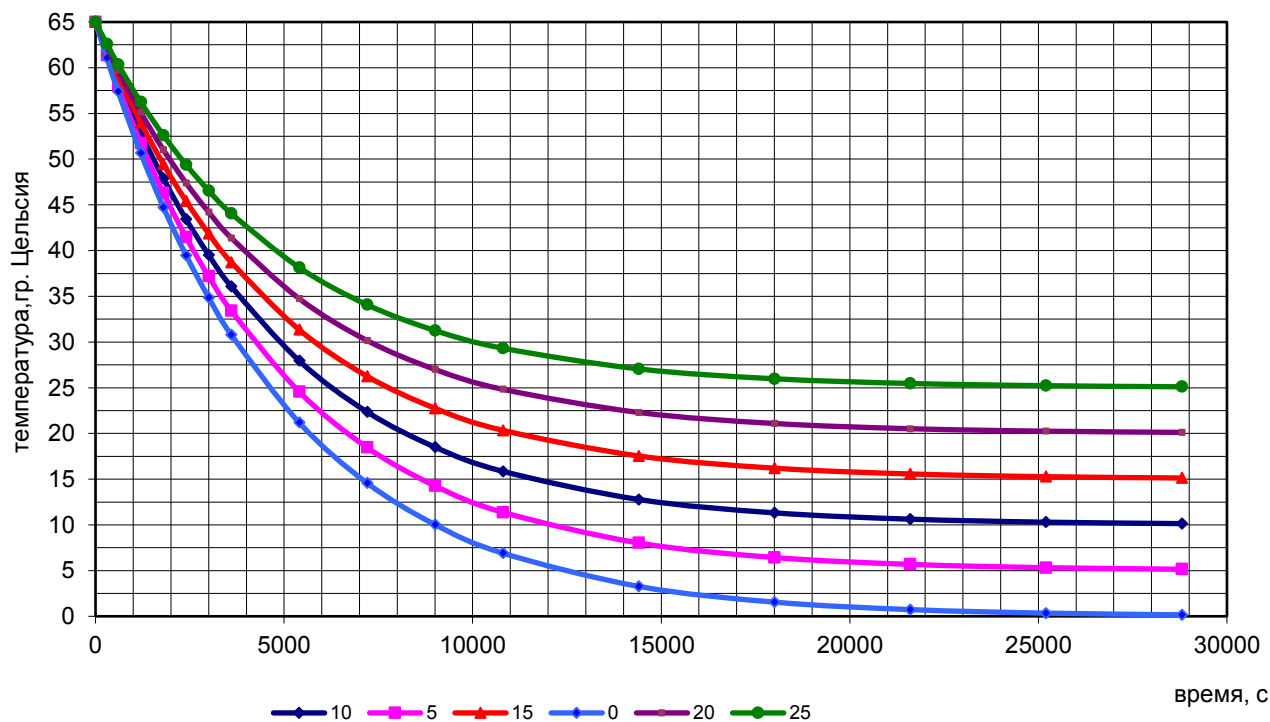


Рис. Изменение температуры воды

Из рисунка следует, в принятых условиях расчета, температура горячей воды станет практически равной окружающей среде, в среднем за 6-8 часов простоя. Наиболее интенсивное падение температуры наблюдается в первые 2-3 часа отсутствия циркуляции и возможного водоразбора. При температуре окружающей среды 0 °С, за первые 2 часа падение температуры составит 38,1 °С. При температуре окружающей среды 25 °С, за первые 3 часа падение температуры составит 35,7 °С. Подобная ситуация возможна в системах горячего водоснабжения.

#### Выводы

1. На основе закона сохранения энергии, получено уравнение, позволяющее определить температуру воды в трубопроводе с течением времени при отсутствии движения.
2. По предложенному уравнению рассчитаны температуры воды в стальных неизолированных горизонтальных трубопроводах различных диаметров, используемых в системах горячего водоснабжения зданий.
3. Проведенные расчеты позволили установить, что наиболее интенсивно охлаждение воды в трубопроводах происходит в течение первых 2-3-х часов после прекращения циркуляции. За 8 часов температура воды может стать равной температуре окружающей среды.

#### Библиографический список

1. Семенов, В. Н. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры муниципального образования: монография / В.Н. Семенов [и др.]. Изд-во Воронежского ГАСУ, 2010. – 135 с.

2. 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.
3. Семенов, В. Н. Влияние энергосберегающих технологий на развитие тепловых сетей / В.Н. Семенов, Д. Н. Китаев, Э. В. Сазонов, Т. В. Щукина // Известия Вузов Строительство. – 2013. - №8(656). – С.78-83.
4. Черных, Е. М. Математическая модель конвективного теплопереноса при зарядке теплового аккумулятора / Е. М. Черных, Д. Н. Китаев // Вестник Воронежского государственного технического университета. Серия «Энергетика». 2007. - Том 3. - №6. – С.124-128.
5. Баскаков, А. П. Теплотехника. Под ред. А. П. Баскакова. – М.: Энергоатомиздат. – 1991. – 224 с.
6. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 472 с.
7. Мелькумов, В. Н. Задача поиска оптимальной структуры тепловых сетей / В.Н. Мелькумов, И. С. Кузнецов, В.Н. Кобелев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2011. – №2. – С. 37-42.
8. Китаев, Д. Н. Развитие системы теплоснабжения городского округа город Воронеж в долгосрочной перспективе / Д. Н. Китаев // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2010. - №2(3). – С.72-77.

## References

1. Semenov, V. N. Kompleksnoe razvitie sistem kommunal'noj infrastruktury municipal'nogo obra-zovaniya: monografija / V.N. Semenov [i dr.]. Izd-vo Voronezhskogo GASU, 2010. – 135 s.
2. Semenov, V. N. Jenergoberezhenie i povyshenie jenergojeffektivnosti dlja ob#ektov social'noj sfery / V. N. Semenov, D. N. Kitaev, T. V. Shhukina, D. Ju. Korolev // Jenergoberezhenie. – 2010. - №6. – S. 38-43.
3. Semenov, V. N. Vlijanie jenergoberegajushhih tehnologij na razvitie teplovyh setej /V.N. Semenov, D. N. Kitaev, Je. V. Sazonov, T. V. Shhukina // Izvestija Vuzov Stroitel'stvo. – 2013. - №8(656). – S.78-83.
4. Chernyh, E. M. Matematicheskaja model' konvektivnogo teploperenosa pri zarjadke teploвого аккумулятора / E. M. Chernyh, D. N. Kitaev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija «Jenergetika». 2007. - Tom 3. - №6. – S.124-128.
5. Baskakov, A. P. Teplotehnika. Pod red. A. P. Baskakova. – М.: Jenergoatomizdat. – 1991. – 224 s.
6. Sokolov, E. Ja. Teplofikacija i teplovyje seti. – М.: Izdatel'stvo MJeI, 1999. – 472 s.
7. Mel'kumov, V. N. Zadacha poiska optimal'noj struktury teplovyh setej / V.N. Mel'kumov, I. S. Kuznecov, V.N. Kobelev // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2011. – №2. – S. 37-42.
8. Kitaev, D. N. Razvitie sistemy teplosnabzhenija gorodskogo okruga gorod Voronezh v dolgosrochnoj perspektive / D. N. Kitaev // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2010. - №2(3). – S.72-77.

## CHILLED WATER PIPING SYSTEM HOT WATER CIRCULATION IN THE ABSENCE

D. N. Kitaev, V. Y. Huzin

---

*Voronezh State Technical University*

*D. N. Kitaev, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru*

*V. Y. Huzin, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. Water Supply and Sanitation  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: dim.kit@rambler.ru*

---

**Statement of the problem.** In the absence of circulation of water in the hot water supply system proceeds its cooling and the temperature at the taps becomes lower than the standard. The conditions of sub-standard public services, provided the adjustment payments. On-absence data on water temperature change over time, requires the cost of desk-governmental experiments and to determine preliminary damage from the cooling water in the system.

**Results and conclusions.** Under the proposed equation calculated water temperature at cooling with those-in steel over time the bare horizontal pipes of different diameters, the ditch used in hot water supply systems of buildings. It was determined that the cooling water pipes in most intensively occurs within the first 2-3 hours after the cessation of circulation. During 8 hours of water temperature may be equal to ambient temperature.

**Keywords:** hot water, heat transfer pipes.

УДК 696.5

## ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ КАК СПОСОБ РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Т. Ю. Гладышева, Н. А. Петрикеева, Заид Тарек Мохаммедамин

*Воронежский государственный технический университет*

*Т. Ю. Гладышева, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

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

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

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

*Мохаммедамин Заид Тарек Мохаммедамин, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

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

**Постановка задачи.** В работе анализируется принцип децентрализации инженерных систем зданий как один из эффективных способов реконструкции инженерных сетей. Анализ проведен на примере системы теплоснабжения.

**Результаты.** Выявлены основные проблемы существующих систем теплоснабжения и возможные варианты их решения.

**Выводы.** Сделан вывод о целесообразности использования различных вариантов реконструкции в комплексе с целью повышения ее эффективности.

**Ключевые слова:** реконструкция, инженерные системы зданий, теплоснабжение, тепловые пункты, децентрализация, трубопроводы, режимы регулирования, автоматизация.

**Введение.** Одним из наиболее актуальных направлений развития городов и поселений городского типа является задача обеспечения эффективного капитального ремонта и реконструкции зданий и инженерных систем зданий и сооружений, как неотъемлемой их части. Неотложность повышения эффективности воспроизводства объектов жилищной сферы и зданий общественного назначения определяется стратегической направленностью экономического развития Российской Федерации на формирование энергоэффективной экономики, как в масштабах страны, так и в масштабах отдельных регионов и муниципальных образований [1].

К инженерным системам зданий относят:

– внутренние инженерные системы (отопление, горячее и холодное водоснабжение, канализация, вентиляция, электроснабжение и т.д.);

– внешние инженерные сети – инфраструктура объекта, расположенная за пределами непосредственно здания или сооружения: наружная канализация, наружный водопровод, наружное электроосвещение, наружная теплосеть, включая: линии электропередач, трансформаторные подстанции, мини-электростанции и генераторы, источники водоснабжения (скважины), разного рода гидротехнические сооружения, очистные станции, насосные станции, коллекторы, теплопроводы, газораспределительные пункты, газопроводы, источники освещения, системы заземления, молниезащиты, дренажные и поливные сети, спутниковые антенны, системы безопасности, полуинтеллектуальные системы и др.[2].

Инженерные системы зданий наиболее подвержены физическому и функциональному износу (устареванию), требующему проведения модернизации и реконструкции. Выделим, в частности, инженерные системы теплоснабжения.

На развитие систем теплоснабжения оказывают существенное влияние реформы электроэнергетики, ЖКХ и местного самоуправления. Потери в тепловых сетях выросли, поэтому полезное потребление тепловой энергии снизилось.

С 2000 по 2007 год жилищный фонд вырос на 8 %, доля жилого фонда, оборудованного системами централизованного теплоснабжения, выросла с 73 до 81 %, доля населения, обеспеченного ГВС, – с 59 до 64 %, однако потребление тепловой энергии в жилом секторе не выросло и определялось в большей степени характеристиками отопительного сезона, чем этими факторами. На нужды отопления приходится около 70 % всего потребления тепловой энергии населением, остальные 30 % – на нужды ГВС [3]. Практически во всех локальных системах теплоснабжения (за редким исключением) отмечается значительный (более 20 %) избыток располагаемых мощностей, определенный с учетом нормативных требований по их резервированию. Оценки тепловых нагрузок потребителей, как правило, существенно завышены.

В 2000–2008 годах происходили масштабные процессы децентрализации теплоснабжения. В результате снизилась протяженность тепловых сетей на 4 % и доля сетей малых диаметров (менее 200 мм) на 3 %. Кроме этого, на 3 % вырос удельный вес количества котельных мощностью менее 3 Гкал/ч за счет уменьшения числа котельных средней мощности, а также на 2% увеличилась доля тепловой энергии, производимой на индивидуальных установках.

По данным статистики, средний КПД котельных вырос с 81 до 83 %. А вот доля потерь в тепловых сетях (по данным той же статистики) выросла с 7 до 9 %, а с включением неучтенных потерь – до 14–17 %. Однако эти данные все еще далеки от адекватных оценок потерь. В среднем по России потери в муниципальных тепловых сетях (за исключением промышленных потребителей) составляют 15–25 %. В итоге теплоснабжающие компании вынужденно стремятся завязать и подсоединенные нагрузки, и объемы отпуска тепла потребителям.

**1. Анализ некоторых направлений реконструкции систем.** Важнейшим направлением реализации программы оптимальной централизации систем теплоснабжения должны стать:

- инвентаризация и уточнение баланса нагрузок потребителей и мощностей источников;
- консервация или демонтаж избыточных мощностей;
- модернизация централизованных систем теплоснабжения с высокой плотностью тепловой нагрузки;
- частичная децентрализация систем, находящихся в зоне предельной эффективности централизованного теплоснабжения;
- полная децентрализация многих локальных систем теплоснабжения с очень низкой плотностью тепловой нагрузки [4].

Поквартирные системы отопления и горячего водоснабжения, как и домовые, включая многоэтажные здания с крышной или пристроенной автономной котельной, следует отнести к децентрализованному теплоснабжению. Использование децентрализации позволяет лучше адаптировать систему теплоснабжения к условиям потребления теплоты конкретного, обслуживаемого ею объекта, а отсутствие внешних распределительных сетей практически исключает непроизводительные потери теплоты при транспорте теплоносителя. Организация автономного теплоснабжения позволяет осуществить реконструкцию объектов в городских районах старой и плотной застройки при отсутствии свободных мощностей в централизованных системах.

Так, например, теплоснабжение высотного здания или комплекса представляет собой сложную задачу из-за большого количества разнохарактерного оборудования и множества требований, предъявляемых к нему. В настоящее время имеет место дефицит нормативных и методических документов, относящихся к проектированию теплоснабжения высотных зданий.

**2. Использование автономных источников теплоты.** Выбор источника теплоснабжения для multifunctional высотного комплекса производится на основании технико-экономических расчетов. Учитывая, что такие комплексы главным образом строятся в мега-

полисе, где действуют правила «схемы теплоснабжения» и условия подключения к системам теплоснабжения единой теплоснабжающей организации, предпочтение отдается централизованным системам теплоснабжения и их источникам. Одним из основных условий присоединения высотного комплекса к централизованному источнику является наличие сетей такого источника в районе строительства или возможность их прокладки. Эти обстоятельства определяются техническими условиями на присоединение [5].

Использование интегрированного в здания автономного источника теплоты широко используется в зарубежной практике. Значительная часть высотных зданий Монреаля, Торонто, Нью-Йорка, Бостона, Милана, Дюссельдорфа оснащена автономными источниками теплоты, размещенными на крыше (рис.).



**Рис.** Размещение автономного источника теплоснабжения на крыше многофункционального комплекса

Следует отметить, что потребители теплоты могут отличаться широким диапазоном требований к параметрам теплоносителя и режимам потребления, и обеспечению безопасности содержания и эксплуатации.

Опыт проектирования и строительства АИТ на основе специальных технических послужил основой разработки свода правил «Источники тепла автономные. Правила проектирования».

К оборудованию и размещению крышного автономного источника должны быть предъявлены дополнительные требования экологической и конструктивной безопасности [6].

Эмиссия вредных выбросов в атмосферу не должна превышать:

- CO – следы;
- NOX – не более 30 ppm.

Технология должна обеспечивать надежную их эксплуатацию при безреагентной обработке добавочной воды и применении безотходной технологии водоподготовки.

Оборудование, горелки, насосы должны быть малошумными. В проекте должны быть приняты меры по предотвращению передачи вибрации, аэродинамического и конструктивного шума строительным конструкциям здания [7].

Весовые нагрузки котлов на перекрытия здания не должны превышать допустимые нагрузки используемых для этих целей стандартных конструкций. Это достигается при весе котла с водой не более 1–1,5 кг на кВт мощности котла.

Важным преимуществом децентрализованных систем теплоснабжения является возможность местного регулирования в системах квартирного отопления и горячего водоснаб-



жения. Однако эксплуатация источника теплоты и всего комплекса вспомогательного оборудования квартирной системы теплоснабжения непрофессиональным персоналом (жильцами) не всегда дает возможность в полной мере использовать это преимущество. Также необходимо учитывать, что в любом случае требуется создание или привлечение ремонтно-эксплуатационной организации для обслуживания источников теплоснабжения [8, 9, 11]. Рациональной можно признать децентрализацию только на основе газообразного (природный газ) или легкого дистиллятного жидкого топлива (дизтоплива, топлива печного бытового).

Автономное теплоснабжение не должно рассматриваться как безусловная альтернатива централизованному теплоснабжению. Технический уровень современного энергосберегающего оборудования по выработке, технологии транспорта и распределения теплоты позволяют создавать эффективные и рациональные инженерные системы, уровень централизации которых должен иметь соответствующее обоснование [10, 12].

**Выводы.** Выявив основные проблемы инженерных систем зданий и сооружений на примере системы теплоснабжения, и определив основные направления реконструкции, можно сделать вывод, что различные варианты направлений реконструкции желательны использовать в комплексе друг с другом для обеспечения наиболее высокой эффективности реконструкции инженерных систем зданий.

#### Библиографический список

1. **Башмаков, И. А.** Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения // Энергосбережение. 2010.- №2.- С. 46-52.
2. **Шарипов, А. Я.** Автономное теплоснабжение высотных зданий и комплексов // АВОК. 2016.- №3.- С. 18-26.
3. **Петрикеева, Н. А.** Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках// Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2014. - Т. 2. № 4 (17). - С. 76-80.
4. **Волкова, Ю. В.** Технологические схемы очистки дымовых газов от оксидов серы / Ю. В. Волкова, Н. А. Петрикеева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – № 2. - С. 10-13.
5. **Петрикеева, Н. А.** Пути снижения энергопотребления зданиями / Н. А. Петрикеева, А. Н. Садовников, А. В. Никулин// Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2012. - № 1.- С. 13-17.
6. **Петрикеева, Н. А.** Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий при работе систем теплогасоснабжения и вентиляции / Н. А. Петрикеева, О. В. Тюленева, Н. Н. Кучеров // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2012. – № 1 (6). - С. 9-12.
7. **Цуканова, О. С.** Проблема борьбы с шумом. История и основные направления развития методов снижения уровня шума/ О. С. Цуканова, Н. А. Петрикеева // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – Воронеж: ВГАСУ, 2009. - № 1. - С. 67-74.
8. **Петрикеева, Н. А.** Оптимизация систем теплоснабжения зданий с использованием возобновляемых источников энергии/ Н. А. Петрикеева, Л. В. Березкина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2010. - № 2. - С. 128-132.
9. **Петрикеева, Н. А.** Экологический эффект при полном сгорании топлива в котельных установках / Н. А. Петрикеева, С. Н. Кузнецов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура». 2013.- № 1 (29). - С. 108-113.
10. **Сотникова, О. А.** Расчет экономической эффективности применения конденсационных теплообменных устройств теплогенерирующих установок / О. А. Сотникова, Н. А. Петрикеева // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2008. - № 1. - С. 113.
11. **Сотникова, О. А.** Математическая модель процессов конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях / О. А. Сотникова, Н. А. Петрикеева, В. С. Турбин // Известия Тульского государственного университета. Серия «Строительство, архитектура и реставрация». - Воронеж, 2006. – № 10.- С. 159.
12. **Булыгина, С. Г.** Разработка критериев для обоснования выбора схем и параметров систем централизованного теплоснабжения / С. Г. Булыгина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2011. - № 1. - С. 9-16.

#### References

1. **Bashmakov, I. A.** Povyshenie jenergojefektivnosti v sistemah teplosnabzhenija // Jenergosberezhenie. 2010.- №2.- С. 46-52.

2. **Sharipov, A. Ja.** Avtonomnoe teplosnabzhenie vysotnyh zdaniy i kompleksov // AVOK . 2016.- №3.- S. 18-26.
3. **Petrikeeva, N. A.** Ispol'zovanie polnoj teploty sgoraniya topliva v kotel'nyh ustanovkakh// Nauchnyy zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. – Voronezh: VGASU, 2014. - T. 2. № 4 (17). - S. 76-80.
4. **Volkova, Ju. V.** Tehnologicheskie shemy ochistki dymovyh gazov ot oksidov sery / Ju. V. Volkova, N. A. Petrikeeva // Nauchnyy zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. – Voronezh: VGASU, 2012. – № 2. - S. 10-13.
5. **Petrikeeva, N. A.** Puti snizheniya jenerGOPotrebleniya zdaniyami / N. A. Petrikeeva, A. N. Sadovnikov, A. V. Nikulin// Nauchnyy zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2012. - № 1.- S. 13-17.
6. **Petrikeeva, N. A.** Jekonomicheski celesoobraznyy uroven' teplozashhity zdaniy pri rabote sistem teplogaz-osnabzheniya i ventiljacii / N. A. Petrikeeva, O. V. Tjuleneva, N. N. Kucherov // Nauchnyy zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. – Voronezh: VGASU, 2012. – № 1 (6). - S. 9-12.
7. **Cukanova, O. S.** Problema bor'by s shumom. Istorija i osnovnye napravleniya razvitija metodov sni-zheniya urovnja shuma/ O. S. Cukanova, N. A. Petrikeeva // Nauchnyy zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. – Voronezh: VGASU, 2009. - № 1. - S. 67-74.
8. **Petrikeeva, N. A.** Optimizacija sistem teplosnabzheniya zdaniy s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh istochnikov jenerGii/ N. A. Petrikeeva, L. V. Berezkina // Nauchnyy zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2010. - № 2. - S. 128-132.
9. **Petrikeeva, N. A.** Jekologicheskij jeffekt pri polnom sgoranii topliva v kotel'nyh ustanovkakh / N. A. Petrikeeva, S. N. Kuznecov // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija «Stroitel'stvo i arhitektura». 2013.- № 1 (29). - S. 108-113.
10. **Sotnikova, O. A.** Raschet jekonomicheskoj jeffektivnosti primeneniya kondensacionnyh teploobmen-nyh ustrojstv teplogenerirujushhih ustanovok / O. A. Sotnikova, N. A. Petrikeeva // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. - 2008. - № 1. - S. 113.
11. **Sotnikova, O. A.** Matematicheskaja model' processov kondensacii vodjanyh parov na teploobmen-nyh poverhnostjah / O. A. Sotnikova, N. A. Petrikeeva, V. S. Turbin // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija «Stroitel'stvo, arhitektura i restavracija». - Voronezh, 2006. – № 10.- S. 159.
12. **Bulygina, S. G.** Razrabotka kriteriev dlja obosnovaniya vybora shem i parametrov sistem centrali-zovannogo teplosnabzheniya / S. G. Bulygina // Nauchnyy zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. - 2011. - № 1. - S. 9-16.

## DECENTRALIZATION AS WAY OF RECONSTRUCTION OF ENGINEERING SYSTEMS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

T. Y. Gladysheva, N. A. Petrikeeva, Z. T. Mokhammedamin

*Voronezh State Technical University*

*T. Y. Gladysheva, master of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

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

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

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

*Z. T. Mokhammedamin, master of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

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

**Statement of the problem.** In operation the principle of decentralization of engineering systems of buildings as one of effective methods of reconstruction of engineering networks is analyzed. The analysis is carried out on the example of system of heat supply.

**Results.** The main problems of the existing systems of heat supply and possible versions of their decision are revealed.

**Conclusions.** The conclusion is drawn on feasibility of use of different options of reconstruction in a complex for the purpose of increase in its efficiency

**Keywords:** reconstruction, HVAC, heating, heating units, decentralization, pipelines, regulatory regimes, automation

УДК 697

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

С. А. Дементьев, М. Н. Жерлыкина

*Воронежский государственный технический университет**С. А. Дементьев, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: dem-seryoga@yandex.ru**М. Н. Жерлыкина, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: dem-seryoga@yandex.ru*

**Постановка задачи.** Технико-экономическое обоснование применения автоматизированных тепловых пунктов в различных типах зданий.

**Результаты.** Определен экономический эффект от автоматизации ИТП на примере зданий детского сада, многоквартирного жилого дома и торгового центра, расположенных в г. Воронеж. Показано преимущество рекомендуемых тепловых пунктов и представлены результаты реальной экономии денежных средств при их эксплуатации.

**Выводы.** Автоматизация теплового пункта позволяет избежать перерасхода тепловой энергии, тем самым снизить затраты на отопление конечного потребителя.

**Ключевые слова:** индивидуальный тепловой пункт, автоматизация, экономический эффект.

**Введение.** В нашей стране теплоснабжение общественных и многоквартирных жилых зданий осуществляется, в основном, следующим образом: от источника теплоснабжения (котельная, ТЭЦ) по распределительным тепловым сетям теплоноситель поступает в здание. Для того чтобы потребителю поставлялось именно то количество теплоты, сколько ему необходимо, существуют 3 способа регулирования: качественное, количественное и качественно-количественное.

Для начала рассмотрим температурный график теплоснабжения (рис.1).

В месте горизонтальной линии, «полочки» температурного графика, до точки излома должна происходить смена регулирования с качественного регулирования на количественное (автоматическими регуляторами, клапанами).

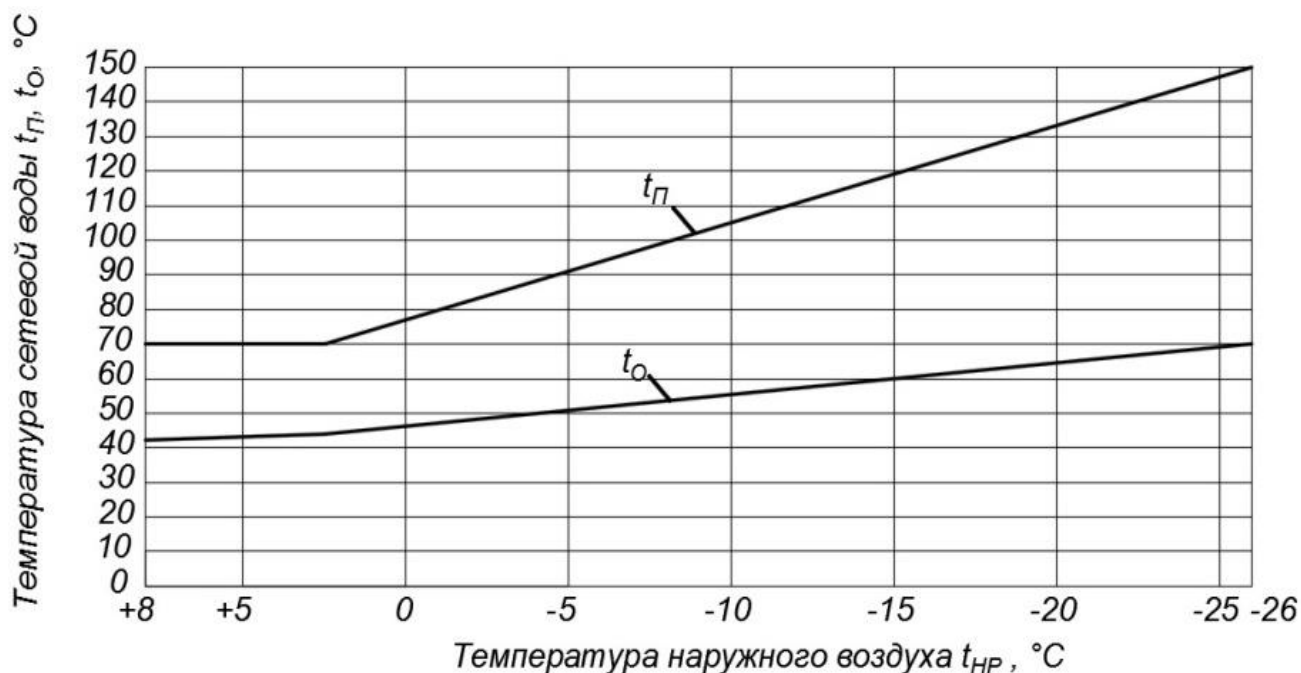
Когда в ИТП не предусмотрены подобные мероприятия происходит перерасход тепловой энергии, и мы наблюдаем так называемое «регулирование форточками», которое большинство потребителей подобных зданий устраивают в начале и в конце отопительного сезона.

Именно это и является одной из весомых причин автоматизации теплового пункта.

В данной статье проведено исследование экономического эффекта от автоматизации теплового пункта на примере трех типов зданий: детского сада, многоквартирного жилого дома и торгового центра, расположенных в городе Воронеж.

**1. Порядок проведения исследования.** Согласно методике расчёта [1], необходимо построить температурный график теплоснабжения. Для его построения необходимы исходные данные, такие как:

- температура в подающем и обратном трубопроводах теплосети ( $t_1$  и  $t_2$ );
- температура после элеватора (температура в подающем трубопроводе отопления,  $t_3$ );
- температура внутри помещения ( $t_B$ ) [2];



**Рис. 1.** Температурный график теплоснабжения:  $t_{п}$  – температура в подающем трубопроводе теплосети;  $t_{о}$  – температура в обратном трубопроводе

- температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ( $t_{н}$ ) [3];
- температура окончания отопительного сезона ( $t_{ок}$ ) [4];
- температура воды на ГВС ( $t_{г}$ , для закрытых систем принимаем 70 °С, для открытых систем – 60 °С, согласно [1]).

Данные определяемые из температурного графика:

- температура точки излома температурного графика теплоснабжения ( $t_{из}$ );
- средняя температура за период излома температурного графика ( $t_{ср.из}$ );
- температура  $t_1^{из}$ , в подающем трубопроводе (при  $t_{ср.из}$ );
- температура  $t_2^{из}$ , в обратном трубопроводе (при  $t_{ср.из}$ ).

1. Определяем разность этих температур, °С [1]:

$$\Delta t = t_1^{из} - t_2^{из}, \tag{1}$$

2. Находим температуры в подающем и обратном трубопроводах в  $t_{ср.из}$  при наличии средств автоматической регулировки в ИТП [1]:

- для подающего трубопровода

$$t_1' = t_B + \Delta t \cdot Q_{отн}^{0,8} + (\delta t_p - 0,5up) \cdot Q_{отн}, \tag{2}$$

- для обратного трубопровода

$$t_1' = t_B + \Delta t \cdot Q_{отн}^{0,8} - 0,5up \cdot Q_{отн}, \tag{3}$$

где  $Q_{омн}$  – относительная отопительная нагрузка;  $\delta t_p$  – разность температур прямой и обратной сетей воды, в расчётно-зимнем режиме, °С;  $up$  – разность температур воды в отопительном приборе на входе и выходе в расчётно-зимнем режиме, °С:

$$Q_{омн} = \frac{t_B - t_{н.возд}}{t_B - t_H}, \quad (4)$$

$$\delta t_p = t_1 - t_2, \quad (5)$$

$$up = t_3 - t_2, \quad (6)$$

где  $t_{н.возд}$  – температура наружного воздуха, °С.

3. Определяем разность этих температур, °С [1]:

$$\Delta t' = t'_1 - t'_2. \quad (7)$$

Определяем коэффициент относительной отопительной нагрузки ( $f$ ) [1]:

• в период излома температурного графика:

$$f_{уз} = \frac{t_B - t_{ср.уз}}{t_B - t_H}, \quad (8)$$

• в среднем за отопительный период:

$$f_{уз.ом} = \frac{t_B - t_{OK}}{t_B - t_H}. \quad (9)$$

Для дальнейшего расчёта необходимо знать:

- фактическое количество тепловой энергии на отопление, потреблённое за период работы теплового пункта в диапазоне «полочки» температурного графика ( $Q_o$ );
- длительность отопительного периода ( $n$ ) [3];
- длительность периода излома («полочки») температурного графика ( $n'$ ) [3];
- стоимость тепловой энергии в рублях за 1 Гкал ( $R$ ).

1. Находим расходуемое количества теплоты в период излома температурного графика:

$$S = \frac{f_{уз} \cdot n'}{f_{уз.ом} \cdot n} \cdot 100\%. \quad (10)$$

2. Перерасходуемое количество тепла в период излома температурного графика [1]:

$$D = \left(1 - \frac{\Delta t'}{\Delta t}\right) \cdot 100\%. \quad (11)$$

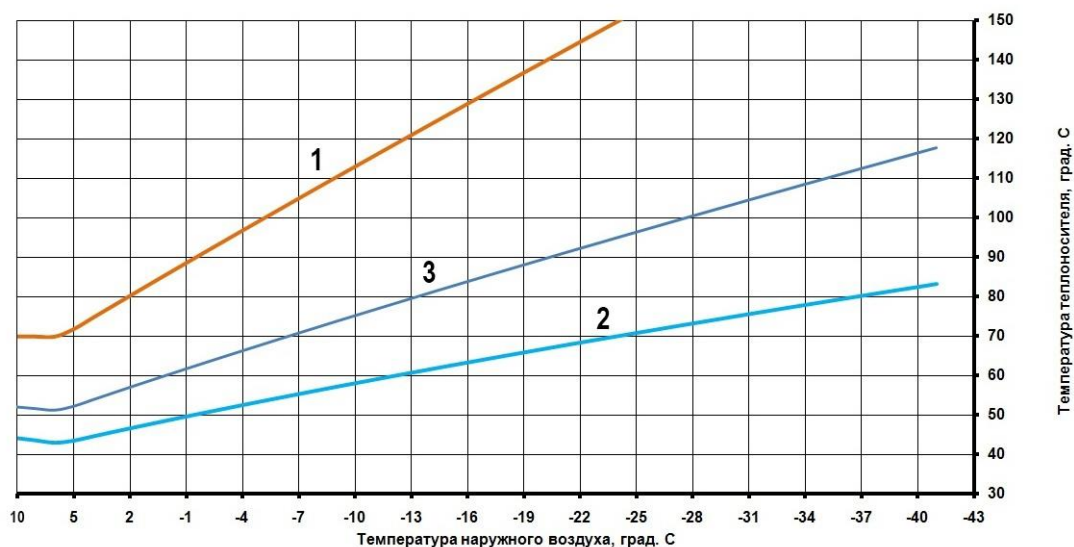
3. Количество теплоты, которое перерасходуется в период излома температурного графика будет равно, Гкал [1]:

$$Q_{\text{перерасход}} = \left( Q_o \cdot \frac{S}{100} \right) \cdot \frac{D}{100}. \quad (12)$$

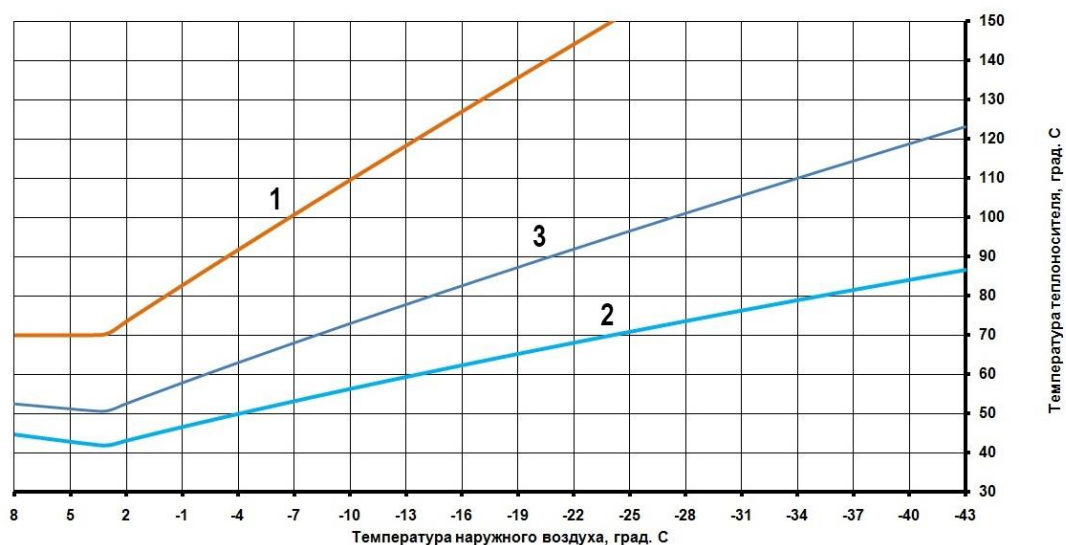
4. Экономический эффект от внедрения средств автоматизации ИТП будет равен, руб [1]:

$$\mathcal{E} = Q_{\text{перерасход}} \cdot R. \quad (13)$$

**2. Расчёт технико-экономического эффекта от автоматизации ИТП.** Температурные графики теплоснабжения рассматриваемых зданий см. рис.2-3.



**Рис. 2.** Температурный график теплоснабжения для детского сада: 1 - температура теплоносителя в подающем трубопроводе теплосети; 2 - температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления; 3 - температура теплоносителя после элеватора



**Рис. 3** Температурный график теплоснабжения для многоквартирного жилого дома и торгового центра: 1 - температура теплоносителя в подающем трубопроводе теплосети; 2 - температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления; 3 - температура теплоносителя после элеватора

Исходные данные для исследуемых зданий см. табл. 1

Таблица 1

## Исходные данные исследуемых зданий

Показатель	Значение		
	Детский сад	Многоквартирный жилой дом	Торговый центр
$t_1, t_2, ^\circ\text{C}$	150; 70	150; 70	150; 70
$t_3, ^\circ\text{C}$	95	95	95
$t_6, ^\circ\text{C}$	21	18	18
$t_n, ^\circ\text{C}$	-24	-24	-24
$t_{ок}, ^\circ\text{C}$	10	8	8
$t_2, ^\circ\text{C}$	70	70	70
$t_{из}, ^\circ\text{C}$	6	4	4
$t_{ср.из}, ^\circ\text{C}$	8	6	6
$t_1^{из}, ^\circ\text{C}$	70	70	70
$t_2^{из}, ^\circ\text{C}$	44,08	43,38	43,38
$Q_0, \text{Гкал}$	213,31	204,48	313,92
$n, \text{сут}$	206	190	190
$n', \text{сут}$	44	60	60
$R, \text{руб}$	1759,78	1759,78	1759,78

Результаты технико-экономических расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2

## Результаты технико-экономических расчетов

Показатель	Значение		
	Детский сад	Многоквартирный жилой дом	Торговый центр
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	25,92	26,62	26,62
$Q_{отн}$	0,29	0,29	0,29
$\delta t_p, ^\circ\text{C}$	80	80	80
$u_p, ^\circ\text{C}$	25	25	25
$t_1', ^\circ\text{C}$	50,21	47,47	47,47
$t_2', ^\circ\text{C}$	27,01	24,27	24,27
$\Delta t', ^\circ\text{C}$	23,2	23,2	23,2
$f_{из}$	0,29	0,29	0,29
$f_{из.от}$	0,24	0,24	0,24
$S \%$	25,89	38,16	38,16
$D, \%$	10,49	12,85	12,85
$Q_{перерасход}, \text{Гкал}$	5,79	10,03	15,39
$\mathcal{E}, \text{руб}$	10189,13	17650,59	27083,01

**Выводы.** В ходе исследования на основании фактических данных определили реальную сумму сэкономленных денежных средств при автоматизации теплового пункта для различных типов зданий.

В первую очередь наглядно прослеживается прямо пропорциональная зависимость между количеством потребляемой теплоты и денежной экономией для схожих по нормируемым параметрам типам зданий (в данном примере это жилой дом и торговый центр), т.е. чем больше требуется энергии для обогрева здания, тем больше удастся сэкономить.

Из таблицы 1 видно, что при  $t_H = 4-10$  °С (режим «полочки») температурного графика для г. Воронеж) будет перерасходоваться от 10 до 13 % тепловой энергии, при отсутствии перехода с качественного на количественное регулирование. В современных экономических условиях эти цифры должны подтолкнуть потребителя, будь то муниципалитет либо же владелец торгового центра, к принятию мер по автоматизации.

Так же необходимо отметить, что при наличии автоматизированного ИТП будет более точно поддерживаться нормируемая температура внутри помещений здания, что, в свою очередь, положительно отразится на самочувствии потребителей.

#### Библиографический список

1. **Чупраков, Д. А.** Устройство ИТП (тепловых пунктов) зданий / Д. А. Чупраков – Братск: 2011. - 198 с.
2. **ГОСТ 30494-2011** Здания жилые и общественные.- Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2013. – 15 с.
3. **СП 131.13330.2012** Строительная климатология. Актуализированное издание СНиП 23-09-99\*. – М.: Минрегион России, 2012. – 113 с.
4. **СП 50.13330.2012** Тепловая защита зданий. Актуализированное издание СНиП 23-02-2003. - М.: Минрегион России, 2012.-139 с.

#### References

1. **Chuprakov, D. A.** Ustrojstvo ITP (teplovykh punktov) zdaniy / D. A. Chuprakov – Bratsk: 2011.- 198 s.
2. **GOST 30494-2011** Zdaniya zhilye i obshhestvennyye.- Moskva: FGUP «STANDARTINFORM», 2013. – 15 s.
3. **SP 131.13330.2012** Stroitel'naja klimatologija. Aktualizirovannoe izdanie SNIp 23-09-99\*. – M.: Minregion Rossii, 2012. – 113 s
4. **SP 50.13330.2012** Teplovaja zashhita zdaniy. Aktualizirovannoe izdanie SNIp 23-02-2003. - M.: Minregion Rossii, 2012.-139 s.

## THE STUDY OF TECHNICAL AND ECONOMIC EFFECT FROM AUTOMATION OF INDIVIDUAL CALORIFIC POINT

S. A. Dementyev, M. N. Zherlykina

---

*Voronezh State Technical University*

*S. A. Dementyev, master of Housing and communal services*

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

*M. N. Zherlykina PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Housing and communal services*

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

---

**Statement of the problem.** A feasibility study of the application of automated substations in different types of buildings.

**Results.** The economic effect from automation and so FORTH, by the example of the kindergarten building, apartment building and shopping center located in Voronezh. The advantage of the recommended calorific points and presents the results of real savings of cash in their operation.

**Conclusions.** Automation of the substation allows to avoid wasting heat energy, thereby reducing heating costs to the end consumer.

**Keywords:** individual calorific point, automation, the economic effect



УДК 620.9

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Д. А. Чумаченко, И. Н. Колесников

*Воронежский государственный технический университет**Д. А. Чумаченко, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)101-27-77, e-mail: dmitry.chum@yandex.ru**И. Н. Колесников, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(952)104-11-47, e-mail: kolesnikov.igor1993@yandex.ru*

**Постановка задачи.** Исследование применения разновидностей существующих пылеуловителей для природного газа, устанавливаемых на компрессорных станциях, а также их конструкций. Проведение анализа и применения различных конструкций пылеуловителей. Изучение вопросов, связанных с актуальностью применения установок для очистки газа от механических примесей и влаги, преимущества их использования.

**Результаты.** Проведены исследования, связанные с производительностью компрессорных станций, зависящей от типа применяемых пылеуловителей. Сформирована общая картина значимости пылеуловителей в качестве системы очистки природного газа от посторонних примесей.

**Выводы.** Установлено, что циклонные пылеуловители и фильтры-сепараторы, используемые на компрессорных станциях, являются наиболее эффективными для очистки природного газа.

**Ключевые слова:** газ, пылеуловитель, компрессорная станция.

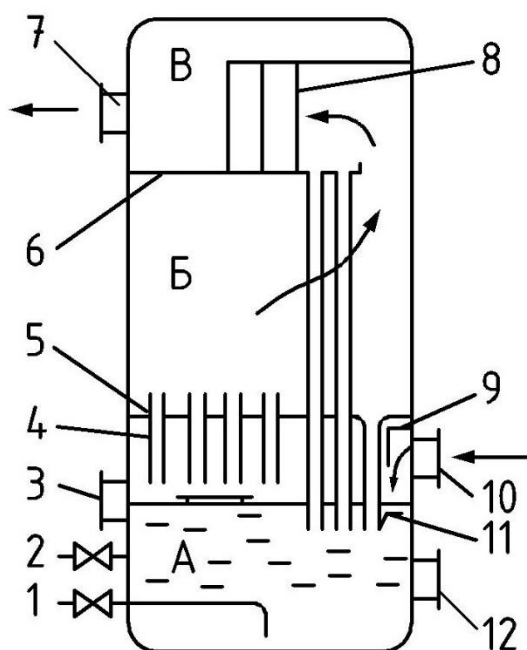
**Введение.** Наличие в газе влаги, жидких углеводородов, агрессивных и механических примесей снижает пропускную способность газопроводов, увеличивает расход ингибиторов, усиливает коррозию, увеличивает необходимую мощность компрессорных агрегатов, способствует забиванию линий контрольно-измерительных и регулирующих приборов. Все это снижает надежность работы технологических систем, увеличивает вероятность аварийных ситуаций на компрессорных станциях и газопроводах.

Кроме того, пыль и механические примеси способствуют истиранию металла и, оседая на поверхностях теплообменных аппаратов, ухудшают их тепловые характеристики, поэтому природный газ нуждается в обязательной очистке от посторонних примесей, с этой целью на компрессорных станциях устанавливаются различные виды пылеуловителей. Рассмотрим некоторые виды пылеуловителей [1, 2, 7].

**1. Масляный пылеуловитель.** Это вертикальный цилиндрический сосуд со сферическими днищами. Пылеуловитель состоит из трех секций:

- промывочной А (от нижнего днища до перегородки 5), в которой все время поддерживается постоянный уровень масла;
- осадительной Б (от перегородки 5 до перегородки 6), где газ освобождается от крупных частиц масла;
- отбойной (скрубберной) секции В (от перегородки 6 до верхнего днища), где происходит окончательная очистка газа от захваченных частиц масла.

В осадительной секции скорость газа резко снижается. Выпадающие при этом крупные частицы пыли и жидкости по дренажным трубкам 11 стекают вниз. Наиболее легкие частицы



**Рис.1.** Вертикальный масляный пылеуловитель:  
 1 – трубка для слива загрязненного масла;  
 2 – трубка для долива свежего масла; 3 – указатель уровня; 4 – контактные трубки; 5, 6 – перегородки;  
 7 – патрубок для вывода газа; 8 – скруббер; 9 – козырек; 10 – патрубок для ввода газа; 11 – дренажные трубки; 12 – люк для удаления шлама

из осадительной секции увлекаются газовым потоком в верхнюю скрубберную секцию В. Ее основной элемент – скруббер, состоящий из нескольких рядов перегородок 8, расположенных в шахматном порядке. Проходя через лабиринт перегородок, газ многократно меняет направление движения, а частицы масла по инерции ударяются о перегородки, и стекают сначала на дно скрубберной секции, а затем по дренажным трубкам 11 в нижнюю часть пылеуловителя. Очищенный газ выходит из аппарата через газоотводящий патрубок 7.

Осевший на дно пылеуловителя шлам периодически (раз в 2–3 месяца) удаляют через люк 12. Загрязненное масло через трубку 1 сливают в отстойник. Взамен загрязненного в пылеуловитель по трубе 2 доливают очищенное масло. Контроль за его уровнем ведется по шкале указателя уровня 3 [4].

Достоинством является высокая степень очистки.

Недостатками масляных пылеуловителей являются: большое гидравлическое сопротивление, наличие постоянного безвозвратного расхода масла, необходимость очистки масла, а также подогрева масла при зимних условиях эксплуатации.

**2. Циклонные пылеуловители.** Циклонные пылеуловители, работающие на принципе использования инерционных сил для улавливания взвешенных частиц.

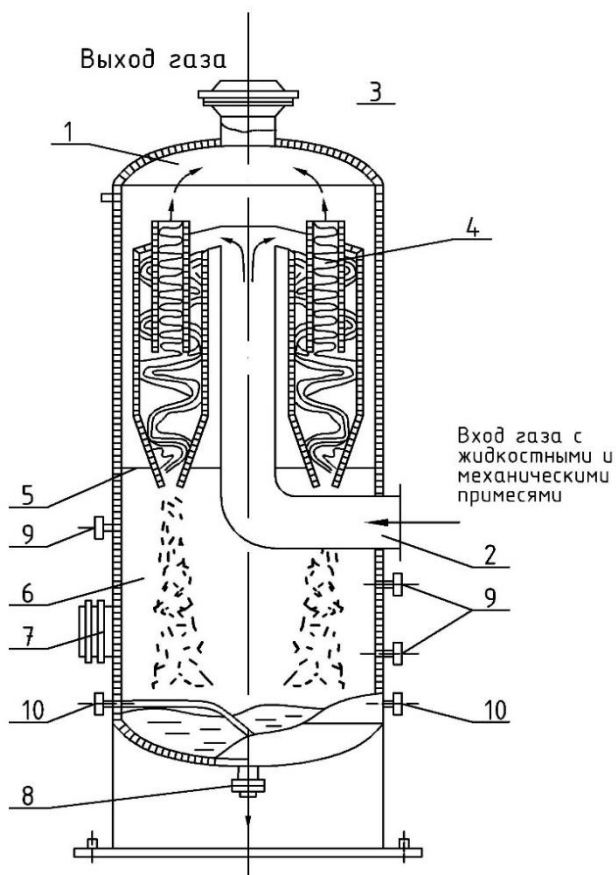
Циклонные пылеуловители более просты в обслуживании нежели масляные. Однако эффективность очистки в них зависит от количества циклонов, а также от обеспечения эксплуатационным персоналом работы этих пылеуловителей в соответствии с режимом, на который они запроектированы.

Циклонный пылеуловитель представляет собой сосуд цилиндрической формы, рассчитанный на рабочее давление в газопроводе, со встроенными в него циклонами 4.

Циклонный пылеуловитель состоит из двух секций: нижней отбойной 6 и верхней осадительной 1, где происходит окончательная очистка газа от примесей. В нижней секции находятся циклонные трубы 4.

Газ через входной патрубок 2 поступает в аппарат к распределителю и приваренным к нему звездообразно расположенным циклонам 4, которые неподвижно закреплены в нижней решетке 5. В цилиндрической части циклонных труб газ, подводимый по касательной к поверхности, совершает вращательное движение вокруг внутренней оси труб циклона. Под действием центробежной силы твердые частицы и капли жидкости отбрасываются от центра к периферии и по стенке стекают в коническую часть циклонов и далее в нижнюю секцию 6

пылеуловителя. Газ после циклонных трубок поступает в верхнюю осадительную секцию 1 пылеуловителя, и затем, уже очищенный, через патрубок 3 выходит из аппарата [3].

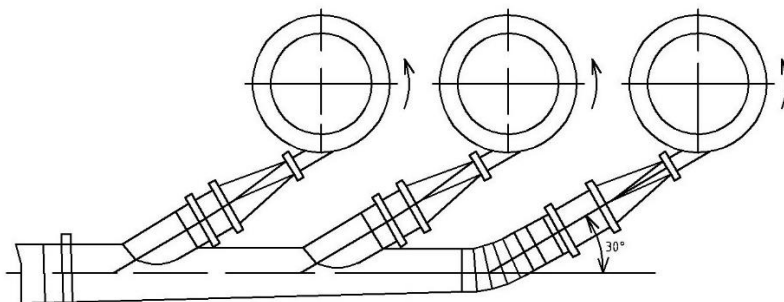


**Рис. 2.** Циклонный пылеуловитель: 1 - верхняя секция; 2 - входной патрубок; 3 - выходной патрубок; 4 - циклоны; 5 - нижняя решетка; 6 - нижняя секция; 7 - люк-лаз; 8 - дренажный штуцер; 9 - штуцеры контролирующих приборов; 10 - штуцеры слива конденсата

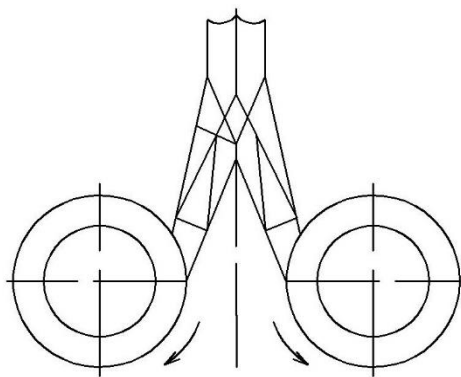
Для более качественной очистки циклонные пылеуловители можно устанавливать группами.

При групповой установке (более двух циклонов) необходимо, чтобы направление вращения воздуха во всех циклонах было одинаковым. Схема установки циклонов с одинаковым направлением вращения воздуха показана на рис. 3, а с разным - на рис. 4.

Следует учитывать, когда несколько циклонов подключают к одному источнику запыленного газа, необходимо предусмотреть регулировку количества газа, поступающего в каждый циклон. Для этого устанавливают заслонки во входном патрубке циклона [5].



**Рис.3.** Схема установки циклонов с одинаковым направлением вращения воздуха

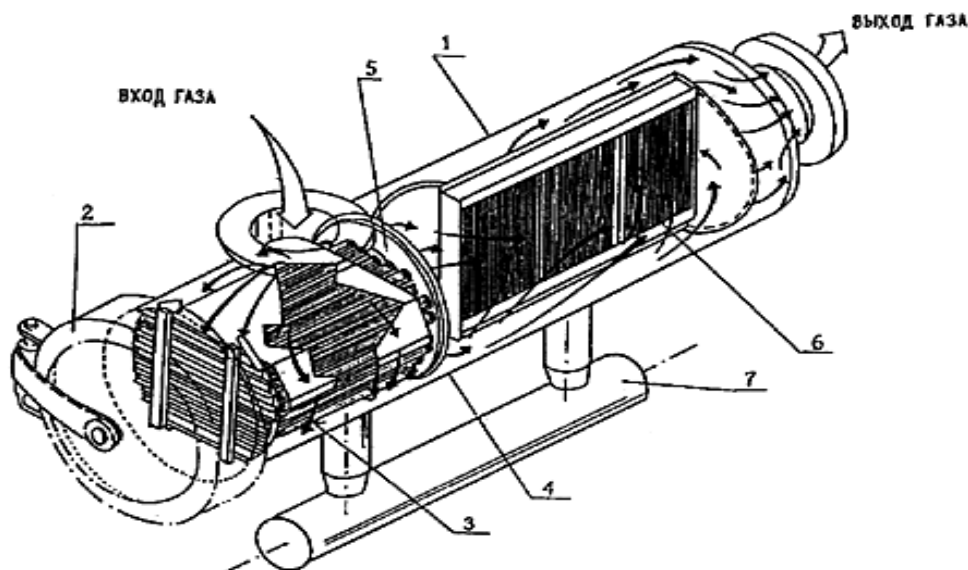


**Рис.4.** Схема установки циклонов с разным направлением вращения воздуха

Также в процессе эксплуатации необходимо контролировать уровень отсепарированной жидкости и механических примесей с целью их своевременного удаления продувкой через дренажные штуцеры. Контроль за уровнем осуществляется с помощью смотровых стекол и датчиков, закрепленных к штуцерам 9. Люк 7 используется для ремонта и осмотра пылеуловителя при плановых остановках КС. Эффективность очистки газа циклонными пылеуловителями составляет не менее 100 % для частиц размером 40 мкм и более, и 95 % для частиц капельной жидкости.

В сравнении с масляными циклонные пылеуловители имеют ряд преимуществ: относительно маленькое гидравлическое сопротивление, удаление отсепарированной пыли и влаги является более простым технологическим процессом, чем в масляных пылеуловителях, также нет необходимости обеспечения подогрева корпуса в зимних условиях. Исходя из этого можно сделать вывод, что установка циклонных пылеуловителей является более предпочтительнее, так как они просты в обслуживании, и не требуют больших затрат в процессе эксплуатации.

К недостаткам можно лишь отнести невозможность достижения высокой степени очистки природного газа от мелких механических примесей. Эта проблема решается установкой на компрессорных станциях второй ступени очистки в качестве фильтров сепараторов (рис.5).



**Рис. 5.** Фильтр-сепаратор: 1 - корпус фильтр-сепаратора; 2 - быстрооткрывающийся затвор; 3 - фильтрующие элементы; 4 - направляющая фильтрующего элемента; 5 - трубная доска камеры фильтров; 6 - каплеотбойник; 7 - конденсатосборник

Работа фильтр-сепаратора осуществляется следующим образом: газ после входного патрубка с помощью специального отбойного козырька направляется на вход фильтрующей секции 3, где происходит коагуляция жидкости и очистка от механических примесей. Через перфорированные отверстия в корпусе фильтрующих элементов газ поступает во вторую фильтрующую секцию - секцию сепарации. В секции сепарации происходит окончательная очистка газа от влаги, которая улавливается с помощью сетчатых пакетов. Через дренажные патрубки мехпримеси и жидкость удаляются в нижний дренажный сборник и далее в подземные емкости.

Следует учесть, что для работы в зимних условиях фильтр-сепаратор нужно обеспечить электрообогревом его нижнюю часть, конденсатосборник и контрольно-измерительную аппаратуру. В процессе эксплуатации происходит улавливание мехпримесей на поверхности фильтр-элемента, что приводит к увеличению перепада давлений на фильтр-сепараторе. При достижении перепада, равного 0,04 МПа, фильтр-сепаратор необходимо отключить и произвести в нем замену фильтр-элементов на новые.

Достоинствами данного пылеуловителя являются высокая степень очистки как от механических примесей, так и от влаги. Так как эти фильтры являются секционными, то в них появляется возможность при необходимости устанавливать дополнительные секции, например, для очистки сероводорода или адсорбер для дополнительного удаления влаги из природного газа.

К недостаткам можно отнести большое гидравлическое сопротивление и периодическую необходимость замены фильтрующих элементов.

**Вывод.** Наличие механических примесей и конденсата в газе приводит к преждевременному износу трубопровода, запорной арматуры, рабочих колес нагнетателей и, как следствие, снижению показателей надежности и экономичности работы компрессорных станций и в целом газопровода. Все это приводит к необходимости устанавливать на КС различные системы очистки технологического газа [6, 8, 9].

Рассмотрев основные виды пылеуловителей, используемых на компрессорных станциях, можно сделать вывод, что наиболее уместно применять циклонные пылеуловители и фильтры сепараторы, в сравнении с масляными пылеуловителями, которые имеют большое гидравлическое сопротивление и сложны в обслуживании.

Целесообразно применять двухступенчатую систему очистки природного газа. В качестве первой ступени можно использовать циклонные пылеуловители, в качестве второй – фильтры сепараторы. Это позволит производить высокую степень очистки газа от механических примесей и влаги, что обеспечит надежную и бесперебойную работу компрессорных станций и всей трубопроводной системы в целом.

#### Библиографический список

1. **Бекиров, Т. М.** Технология обработки газа и конденсата / Т. М. Бекиров.- М.: ООО «Недра Бизнес-центр», 1999. – 596 с.
2. **Бекиров, Т. М.** Промысловая и заводская обработка природных и нефтяных газов / Т. М. Бекиров.- М., «Недра», 2003. – 293 с.
3. **Чуракаев, А. М.** Переработка нефтяных газов. Учебник для рабочих / А. М. Чуракаев.- М., «Недра» 2000.- 279 с.
4. **Кэмпбел, Д. М.** Очистка и переработка природного газа / Д. М. Кэмпбел. - М.: Недра, 2007. – 349 с.
5. **Саркисьянц, Г. А.** Переработка и использование газов / Г. А. Саркисьянц. - М.: Гостоптехиздат, 1997. – 156 с.
6. **Панов, М. Я.** Анализ существующей схемы управления газопотоками в городских системах газоснабжения и перспективы ее развития в рамках оперативного управления / М. Я. Панов, Г. Н. Мартыненко. Научный вестник ВГАСУ. Серия «Инженерные системы зданий и сооружений».- Вып. №2. - 2005.- С. 23-26.
7. **Кузнецов, С. Н.** Математическая модель распространения дымовых газов на путях эвакуации / С. Н. Кузнецов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2013. – №3(31). – С. 114-120.

8. **Колосова, Н. В.** Теплообмен между газожидкостной смесью и охлаждающим элементом в теплообменных аппаратах / Н. В. Колосова, К. Н. Лапшина // Современные проблемы науки и образования.- 2014. - № 2. - С. 82.

9. **Мартыненко, Г. Н.** Оперативное управление газораспределительной системой на основе модели возмущённого состояния / Г. Н. Мартыненко, С. Н. Гнатюк / Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2012. - № 1. - С. 36-42.

#### References

1. **Bekirov, T. M.** Tehnologija obrabotki gaza i kondensata / T. M. Bekirov.- M.: ООО «Nedra Biznes-centr», 1999. – 596 s.

2. **Bekirov, T. M.** Promyslovaja i zavodskaja obrabotka prirodnyh i neftjanyh gazov / T. M. Bekirov.- M., «Nedra», 2003. - 293 s.

3. **Churakaev, A. M.** Pererabotka neftjanyh gazov. Uchebnik dlja rabochih / A. M. Churakaev.- M., «Nedra» 2000.- 279 s.

4. **Kjempbel, D. M.** Ochistka i pererabotka prirodnogo gaza / D. M. Kjempbel. - M.: Nedra, 2007. - 349s.

5. **Sarkis'janc, G. A.** Pererabotka i ispol'zovanie gazov / G. A. Sarkis'janc. - M.: Gostoptehizdat, 1997. – 156 s.

6. **Panov, M. Ja.** Analiz sushhestvujushhej shemy upravlenija gazopotokami v gorodskih sistemah gazosnabzhenija i perspektivy ee razvitija v ramkah operativnogo upravlenija. / M. Ja. Panov, G. N. Martynenko. Nauchnyj vestnik VGASU. Serija «Inzhenernye sistemy zdaniij i sooruzhenij». - Vyp. №2. - 2005.- S. 23-26.

7. **Kuznecov, S. N.** Matematicheskaja model' rasprostranenija dymovyh gazov na putjah jevakuacii / S. N. Kuznecov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2013. – №3(31). – S. 114-120.

8. **Kolosova, N. V.** Teploobmen mezhdz gazozhidkostnoj smes'ju i ohlazhdajushhim jelementom v teploobmennyh apparatah / N. V. Kolosova, K. N. Lapshina // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija.- 2014. - № 2. - S. 82.

9. **Martynenko, G. N.** Operativnoe upravlenie gazoraspedelitel'noj sistemoj na osnove modeli vozmushhjonno-go sostojanija / G. N. Martynenko, S. N. Gnatjuk / Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2012. - № 1. - S. 36-42.

## ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF DUST COLLECTORS FOR NATURAL GAS

D. A. Chumachenko, I. N. Kolesnikov

---

*Voronezh State Technical University*

*D. A. Chumachenko, student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

*Russia, Voronezh, tel.: +7(960)101-27-77, e-mail: dmitry.chum@yandex.ru*

*I. N. Kolesnikov, student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

*Russia, Voronezh, tel.: +7(952)104-11-47, e-mail: kolesnikov.igor1993@yandex.ru*

---

**Statement of the problem.** A study of the use of varieties of dust collectors available for natural gas, installed at compressor stations, as well as their designs. Analysis and application of different designs of dust collectors. The study of issues related to the relevance of the use of plants for gas purification from mechanical impurities and moisture, the advantages of their use.

**Results.** Conducted research related to the compressor performance Stations, depending on the type of used dust collectors. Formed the overall picture of the importance of dust collectors as a system of purification of natural gas from impurities.

**Conclusions.** It is established that cyclone dust collectors and filters-separators are used at compressor stations, are the most effective for purification of natural gas.

**Keywords:** gas, dust collector, compressor station.

УДК 697.7

## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ И ДРУГИХ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Е. Е. Сергеева, А. Н. Забудько, Е. А. Апойкова, А. А. Иванов

*Воронежский государственный технический университет*

*Е. Е. Сергеева, студентка кафедры пожарной и промышленной безопасности*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)461-57-47, e-mail: elenasergeeva79@yandex.ru*

*А. Н. Забудько, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)226-71-44, e-mail: andr.zabudko2012@yandex.ru*

*Е. А. Апойкова, магистрант кафедры пожарной и промышленной безопасности*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: elenasergeeva79@yandex.ru*

*А. А. Иванов, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)452-01-30, e-mail: teplosnab\_kaf@vgsu.vrn.ru*

**Постановка задачи.** Оценить целесообразность использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии; выделить основные типы тепловых насосов; определить преимущества и недостатки использования других нетрадиционных источников энергии.

**Результаты.** Проведен анализ существующих разновидностей энергетических ресурсов и подбор оборудования тепловых насосов. Определены условия применения других нетрадиционных источников энергии.

**Выводы.** Представленные систематизированные данные позволяют сделать вывод о существенном положительном результате при использовании тепловых насосов и других нетрадиционных источников энергии для определенных территорий.

**Ключевые слова:** тепловая энергия, источники энергии, экоэнергетика, тепловые насосы.

**Введение.** Энерговооруженность общества – основа его научно-технического прогресса, база развития производительных сил. Её соответствие общественным потребностям – важнейший фактор экономического роста. Развивающееся мировое хозяйство требует постоянного наращивания энерговооруженности производства. Она должна быть надежна и с расчетом на отдаленную перспективу. Энергетический кризис последних лет во многих странах продемонстрировал, что этого трудно теперь достичь, основываясь лишь на традиционных источниках энергии (нефти, угле, газе). Необходимо не только изменить структуру их потребления, но и шире внедрять нетрадиционные, альтернативные источники энергии. К ним относят солнечную, геотермальную и ветровую энергию, а также энергию биомассы, океана и пр. Относят к ним обычно и атомную энергию [1]. Однако на нынешнем этапе развития атомной энергетики это представляется условным.

В отличие от ископаемых топлив нетрадиционные формы энергии не ограничены геологически накопленными запасами. Это означает, что их использование и потребление не ведет к неизбежному исчерпанию запасов [2].

Основной фактор при оценке целесообразности использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии – стоимость производимой энергии в сравнении со стоимостью энергии, получаемой при использовании традиционных источников. Особое значение приобретают нетрадиционные источники для удовлетворения локальных потребителей энергии.

**1. Тепловой насос. Типы тепловых насосов.** Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой [3].

Термодинамически тепловой насос аналогичен холодильной машине. Однако если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель – теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Любой тепловой насос использует альтернативные источники энергии или повышает эффективность традиционных для обогрева теплоносителя. Топливом для них служит накапливаемая или лишняя энергия из:

- грунта (канализация);
- водоемов (геотермальные воды);
- воздуха (технологические выбросы).

Температура подобных источников до  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что, несомненно, мало для нагрева воды. Поэтому необходимо осуществлять перенос уже имеющейся энергии на более высокий уровень температур, который составляет от  $5^{\circ}$  до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  [4].

*Схема работы теплового насоса.* Более практично использовать в тепловых насосах в качестве рабочей жидкости хладагент, который достигает точки кипения при температуре от  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис.1).



Рис. 1. Схема работы теплового насоса

По принципу действия тепловые насосы делятся на:

– компрессионные тепловые насосы (рис. 2). При подводе теплоты газообразный хладагент, закипает, сжимается компрессором до нужного давления и превращается в жидкость. Этот процесс его еще нагревает, и он уходит в конденсатор на теплообмен. После чего уже жидкий охлажденный хладагент проходит через дроссель и цикл замыкается. Основным достоинством является высокая эффективность -  $1:3$ , то есть подведенное тепло увеличивает (или уменьшает) в три раза, недостаток: рабочая жидкость (хладагент) не так экологична, как вода. От работающего компрессора исходит шум.

– абсорбционные (диффузионные) тепловые насосы (рис. 3). Работают на основе двух рабочих жидкостей (например, аммиак-вода), которые при взаимодействии друг с другом



и подводе минимального количества тепла выделяют большое количество энергии [6]. Для работы абсорбционных тепловых насосов не требуется электричество. Главное условие – достаточная температура источника теплоты и бесшумная работа. Рабочие жидкости являются безопасными для человека. Но есть и недостатки, так как трудно достигается достаточная температура источника тепла ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Но для условий термальных вод этот вариант становится идеальным. Существенный недостаток, это сравнительно низкая эффективность и очень сложная конструкция.

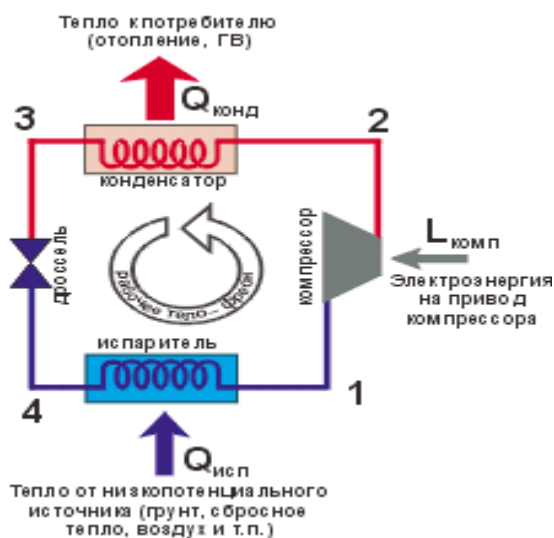


Рис. 2. Компрессионные тепловые насосы

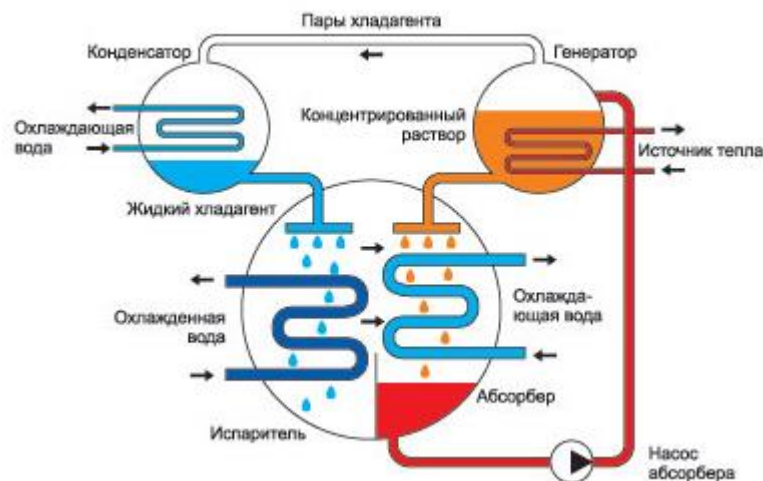


Рис. 3. Абсорбционные (диффузионные) тепловые насосы

## 2. Нетрадиционные источники энергии.

**Гелиоэнергетика (энергия солнца).** За три дня Солнце посылает на Землю столько энергии, сколько её содержится во всех разведанных запасах ископаемых топлив, за 1 сек. – 170 млрд. Дж. Большую часть этой энергии рассеивает или поглощает атмосфера, особенно облака, и только треть её достигает земной поверхности.

Солнечная энергия – наиболее дешевый, но наименее используемый человеком источник энергии. Солнечная энергетика относится к наиболее материалоемким видам производства энергии [7]. Крупномасштабное использование солнечной энергии влечет за собой гигантское увеличение потребности в материалах, а, следовательно, и в трудовых ресурсах для добычи сырья, его обогащения, получения материалов, изготовления гелиостатов, коллекторов, другой аппаратуры, их перевозки. Пока ещё электрическая энергия, рожденная солнечными лучами, обходится намного дороже, чем получаемая традиционными способами.

Во второй половине XX в. в связи с бурным развитием космонавтики начали разрабатывать проблему гелиоэнергетики – преобразование солнечного излучения в электрическую энергию. В настоящее время получение электроэнергии от гелиоустановок осуществляется с помощью солнечных батарей. Основу таких батарей составляют фотоэлементы – кристаллы кремния, покрытые тончайшим, прозрачным для света слоем металла. Поток фотонов – частиц света, проходя сквозь слой металла, выбивает электроны из кристалла. Электроны при этом начинают концентрироваться в слое металла, поэтому между слоем металла и кристаллом возникает разность потенциалов. Если тысячи таких фотоэлементов соединить параллельно, то получается солнечная батарея, способная питать электроэнергией электронную аппаратуру на космических кораблях, спутниках. В южных районах, где много солнечных дней в году, размещение на крышах домов солнечных батарей может частично обеспечить

потребность в необходимой электроэнергии. Такие батареи используют и для питания электронных часов, калькуляторов и других устройств.

*Энергия ветра.* Человек использует энергию ветра с незапамятных времен. Но его парусники, тысячелетиями бороздившие просторы океанов, и ветряные мельницы использовали лишь ничтожную долю из тех 2,7 трлн. кВт энергии, которыми обладают ветры, дующие на Земле. Полагают, что технически возможно освоение 40 млрд. кВт, но даже это более чем в 10 раз превышает гидроэнергетический потенциал планеты.

Почему же столь обильный доступный и экологически чистый источник энергии так слабо используется? В наши дни двигатели, использующие ветер, покрывают всего одну тысячную мировых потребностей в энергии.

Ветровой энергетический потенциал Земли в 1989 году был оценен в 300 млрд. кВт·ч в год. Но для технического освоения из этого количества пригодно только 1,5 %. Главное препятствие для него – рассеянность и непостоянство ветровой энергии. Непостоянство ветра требует сооружения аккумуляторов энергии, что значительно удорожает себестоимость электроэнергии.

Основное направление использования энергии ветра - получение электроэнергии для автономных потребителей, а также механической энергии для подъема воды в засушливых районах, на пастбищах, осушения болот и др. В местностях, имеющих подходящие ветровые режимы, ветроустановки в комплекте с аккумуляторами можно применять для питания автоматических метеостанций, сигнальных устройств, аппаратуры радиосвязи, катодной защиты от коррозии магистральных трубопроводов и др.

При использовании ветра возникает серьезная проблема: избыток энергии в ветреную погоду и недостаток её в периоды безветрия. Как же накапливать и сохранить впрок энергию ветра? Простейший способ состоит в том, что ветряное колесо движет насос, который накачивает воду в расположенный выше резервуар, а потом вода, стекая из него, приводит в действие водяную турбину и генератор постоянного или переменного тока [1]. Существуют и другие способы и проекты: от обычных, хотя и маломощных аккумуляторных батарей до раскручивания гигантских маховиков или нагнетания сжатого воздуха в подземные пещеры и вплоть до производства водорода в качестве топлива. Особенно перспективным представляется последний способ. Электрический ток от ветроагрегата разлагает воду на кислород и водород, водород можно хранить в сжиженном виде и сжигать в топках тепловых электростанций по мере надобности.

*Приливная энергетика (энергия Мирового океана).* Известно, что запасы энергии в Мировом океане колоссальны, ведь две трети земной поверхности (361 млн. кв. км) занимают моря и океаны: акватория Тихого океана составляет 180 млн. кв. км, Атлантического – 93 млн. кв. км, Индийского – 75 млн. кв. км. Так, тепловая энергия, соответствующая перегреву поверхностных вод океана по сравнению с донными, скажем, на 20 градусов, имеет величину порядка 1026 Дж. Кинетическая энергия океанских течений оценивается величиной порядка 1018 Дж. Однако пока что люди умеют использовать лишь ничтожные доли этой энергии, да и то ценой больших и медленно окупающихся капиталовложений, так что такая энергетика до сих пор казалась малоперспективной.

Приливная энергия постоянна. Благодаря этому, количество вырабатываемой на приливных электростанциях (ПЭС) электроэнергии всегда может быть заранее известно, в отличие от обычных ГЭС, на которых количество получаемой энергии зависит от режима реки, связанного не только с климатическими особенностями территории, по которой она протекает, но и с погодными условиями [1].

Принцип действия этих станций заключается в следующем: теплую морскую воду (24-32 °С) направляют в теплообменник, где жидкий аммиак или фреон превращаются в пар, который вращает турбину, а затем поступает в следующий теплообменник для охлаждения и конденсации водой с температурой 5-6 °С, поступающей с глубины 200-500 метров [2]. По-

лучаемую электроэнергию передают на берег по подводному кабелю, но ее можно использовать и на месте (для обеспечения добычи минерального сырья со дна или его выделения из морской воды). Достоинство подобных установок – возможность их доставки в любой район Мирового океана. К тому же, разность температур различных слоев океанической воды – более стабильный источник энергии, чем, скажем, ветер, Солнце, морские волны или прибой. Первая такая установка была пущена в 1981 году на острове Науру. Единственный недостаток таких станций – их географическая привязанность к тропическим широтам [3]. Для практического использования температурного градиента наиболее пригодны те районы Мирового океана, которые расположены между 20° с.ш. и 29° ю.ш., где температура воды у поверхности океана достигает, как правило, 27-28 °С, а на глубине 1 километр имеет всего 4-5° С.

Таблица

Региональное распределение гидроэнергетических ресурсов

Регион	Потенциальная мощность, тыс. МВт	Доля всех ресурсов мира, %	Освоенная мощность, тыс. МВт
Северная Америка	313	11	59
Южная Америка	577	20	5
Западная Европа	158	6	47
Африка	780	27	2
Средний Восток	21	1	-
Юго- Восточная Азия	455	16	2
Дальний Восток	42	1	19
Австралия	45	2	2
Россия, Китай и др.	466	16	16

*Энергия биомассы.* Понятие «биомасса» относят к веществам растительного или животного происхождения, а также отходам, получаемым в результате их переработки. В энергетических целях энергию биомассы используют двояко: путем непосредственного сжигания или путем переработки в топливо (спирт или биогаз). Есть два основных направления получения топлива из биомассы: с помощью термохимических процессов или путем биотехнологической переработки. Опыт показывает, что наиболее перспективна биотехнологическая переработка органического вещества. В середине 80-х годов в разных странах действовали промышленные установки по производству топлива из биомассы. Наиболее широкое распространение получило производство спирта.

Одно из наиболее перспективных направлений энергетического использования биомассы – производство из неё биогаза, состоящего на 50-80 % из метана и на 20-50 % из углекислоты. Его теплотворная способность – 5-6 тыс. ккал/м<sup>3</sup> [4].

Наиболее эффективно производство биогаза из навоза. Из одной тонны его можно получить 10-12 м<sup>3</sup> метана. Например, переработка 100 млн. тонн такого отхода полеводства, как солома злаковых культур, может дать около 20 млрд. м<sup>3</sup> метана. В хлопкосеющих районах ежегодно остается 8-9 млн. тонн стеблей хлопчатника, из которых можно получить до 2 млрд. м<sup>3</sup> метана. Для тех же целей возможна утилизация ботвы культурных растений, трав и др.

Биогаз можно конвертировать в тепловую и электрическую энергию, использовать в двигателях внутреннего сгорания для получения синтезгаза и искусственного бензина.

Производство биогаза из органических отходов дает возможность решать одновременно три задачи: энергетическую, агрохимическую (получение удобрений типа нитрофоски) и экологическую.

Установки по производству биогаза размещают, как правило, в районе крупных городов, центров переработки сельскохозяйственного сырья.

Недостатки использования биотоплива:

– развитие биотопливной индустрии вынуждает сельхозпроизводителей сокращать посевные площади под продовольственными культурами и перераспределять их в пользу топливных;

– производство и использование биотоплива приводит к выбросу в атмосферу гораздо большего количества парниковых газов, чем сжигание нефти, газа или угля.

Основными доводами в пользу использования биотоплива являются следующие:

– высокая продуктивность;

– в производстве не используются ни плодородные почвы, ни пресная вода;

– процесс не конкурирует с сельскохозяйственным производством;

– создание новых рабочих мест;

– улучшить оборот земельных ресурсов в развивающихся странах.

*МГД-генераторы.* Основу современной электроэнергетики, как было уже отмечено, составляют теплоэлектростанции и гидроэлектростанции, в которых очень велики потери при преобразовании тепловой энергии (от сжигания топлива на ТЭС) или механической энергии (на ГЭС) в электрическую. Техническим устройством, в котором таких потерь практически нет, является магнетогидродинамический генератор (МГД-генератор).

Его действие основано на явлении электромагнитной индукции: в проводнике, движущемся в магнитном поле, возникает электрический ток. В МГД-генераторе происходит преобразование энергии, движущейся в магнитном поле плазмы, – раскаленного до очень высокой температуры газа – непосредственно в электроэнергию [5]. Электрический ток, образованный свободными электронами и положительными ионами, возникает непосредственно в плазме и отдается во внешнюю цепь.

Основная техническая проблема при создании МГД-генераторов – получение высоких температур (несколько тысяч градусов), необходимых для образования плазмы – газообразной смеси из свободных электронов, положительных ионов и нейтральных атомов.

### **3. Преимущества и недостатки применения нетрадиционных источников энергии.**

Преимущества применения нетрадиционных источников энергии [5, 6, 7, 8]:

– отсутствие топливной составляющей;

– недорогое строительство;

– возможность создания рабочих мест;

– дешевая эксплуатация;

– устойчиво работают в энергосистемах как в базе так и в пике графика нагрузок при гарантированной постоянной месячной выработке электроэнергии [9];

– не загрязняют атмосферу вредными выбросами в отличие от тепловых станций;

– не затопливают земель в отличие от гидроэлектростанций;

– не представляют потенциальной опасности в отличие от атомных станций;

– не оказывают вредного воздействия на человека;

– нет вредных выбросов (в отличие от ТЭС);

– нет радиационной опасности (в отличие от АЭС) экологическая безопасность;

– исключен выброс вредных газов, золы, радиоактивных и тепловых отходов, добыча, транспортировка, переработка, сжигание и захоронение топлива, предотвращение сжигания кислорода воздуха, затопление территорий, угроза волны прорыва.

Недостатки применения нетрадиционных источников энергии:

– агроклиматическая зависимость и изменчивость по времени;

– дополнительные затраты на одновременное использование других источников энергии;

– малая мощность.

**Выводы.** Потребление энергии – важный показатель жизненного уровня. В те времена, когда человек добывал пищу, собирая лесные плоды и охотясь на животных, ему требовалось в сутки около 8 МДж энергии. После овладения огнем эта величина возросла до 16 МДж; в примитивном сельскохозяйственном обществе она составляла 50 МДж, а в развитом – 100 МДж [12].

За время существования нашей цивилизации много раз происходила смена традиционных источников энергии на новые, более совершенные. На пути широкого внедрения альтернативных источников энергии стоят трудно разрешимые экономические и социальные проблемы [11]. Во-первых, это высокая капиталоемкость, вызванная необходимостью создания новой техники и технологии. Во-вторых, высокая материалоемкость: создание мощных ПЭС требует, к примеру, огромных количеств металла, бетона и т.д. В-третьих, под некоторые станции требуется значительное отчуждение земли или морской акватории. Кроме того, развитие использования альтернативных источников энергии сдерживается также нехваткой специалистов. Решение этих проблем требует комплексного подхода на национальном и международном уровне, что позволит ускорить их реализацию.

#### Библиографический список

1. **Непорожного, П. С.** Энергетические ресурсы мира / П. С. Непорожного, В. И. Попкова // - М.: Энергоатомиздат, 1995 г.
2. **Мелькумов, В. Н.** Выбор математической модели трасс тепловых сетей / В. Н. Мелькумов, И. С. Кузнецов, В. Н. Кобелев // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2011. - № 2. - С. 31-36.
3. **Сотникова, О. А.** Анализ геологических характеристик района при моделировании воздействий наводнений на системы инженерного обеспечения / А. И. Колосов, О. А. Сотникова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2004. - № 10. - С. 71.
4. **Мартыновский, В. С.** Тепловые насосы Текст. / В. С. Мартыновский // — М.: Госэнергоиздат, -1955. - 96 с.
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. **Колосов, А. И.** Влияние параметров воздушного потока на эффективность глушителей шума /А. И. Колосов, С. А. Яременко, М. Я. Панов, А. В. Бараков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2014.- № 4 (36).- С. 22-30.
7. **Сотникова, О. А.** Применение нетрадиционных возобновляемых источников энергии при решении проблем энергоснабжения и экологической безопасности / О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов, А.И. Колосов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2009. - № 1. - С. 80-87.
8. **Тульская, С. Г.** Ресурсосберегающие технологии биогазовых установок при переработке отходов сельского хозяйства / С.Г. Тульская, К. Г. Мозговая // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации.- 2016. – №1 (2). – С.21-27
9. **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.
10. **Пустовалов, А. П.** Обеспечение эксплуатационных условий для регулирующих клапанов / А. П. Пустовалов, Д. Н. Китаев, Т. В. Щукина // Сантехника, отопление, кондиционирование. - 2016. - № 1 (169). - С. 64-68.
11. **Плаксина, Е. В.** Характерные особенности организации систем отопления и вентиляции в общественных помещениях / Е. В. Плаксина, Е. О. Кшевинская, Е. А. Лавлинская // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – №3 (20). – С. 77-83.

#### References

1. **Neporozhneho, P. S.** Jenergeticheskie resursy mira / P. S. Neporozhneho, V. I. Popkova // - М.: Jenergoatomizdat, 1995 g.

2. **Mel'kumov, V. N.** Vybor matematicheskoj modeli trass teplovyh setej / V. N. Mel'kumov, I. S. Kuz-necov, V. N. Kobelev // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo uni-versiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2011. - № 2. - S. 31-36.
3. **Sotnikova, O. A.** Analiz geologicheskikh karakteristik rajona pri modelirovanii vozdeystvij navodnenij na sistemy inzhenernogo obespechenija / A. I. Kolosov, O. A. Sotnikova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. - 2004. - № 10. - S. 71.
4. **Martynovskij, B. C.** Teplovyje nasosy Tekst. / B. C. Martynovskij // — M.: Gosjenergoizdat, -1955. - 96 s.
5. **Chudinov, D. M.** Razrabotka algoritma obosnovanija struktury jenergokompleksa na baze vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии / D.M. Chudinov, K.N. Sotnikova, M.Ju. Morozov, S.V. Chujkin // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2009. -№ 1.- S. 147-154.
6. **Kolosov, A. I.** Vlijanie parametrov vozdušnogo potoka na jeffektivnost' glushitelej shuma /A. I Kolosov, S. A. Jaremenko, M. Ja. Panov, A. V. Barakov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo ar-hitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2014.- № 4 (36).- S. 22-30.
7. **Sotnikova, O. A.** Primenenie netradicionnyh vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии pri reshenii problem jenergosnabzhenija i jekologičeskoj bezopasnosti / O.A. Sotnikova, D.M. Chudinov, A.I. Kolosov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2009. - № 1. - S. 80-87.
8. **Tul'skaja, S. G.** Resursosberegajushhie tehnologii biogazovyh ustanovok pri pererabotke othodov sel'skogo hozjajstva / S.G. Tul'skaja, K. G. Mozgovaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii.- 2016. – №1 (2). – S.21-27
9. **Martynenko, G. N.** Vozmožnosti ispol'zovanija jekologičeski opasnyh othodov zhiznedejatel'nosti v biogazovyh ustanovkah / G. N. Martynenko // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2014. - T. 2. - № 4 (17). - S. 119-122.
10. **Pustovalov, A. P.** Obespečenie jekspluatacionnyh uslovij dlja regulirujushhih klapanov / A. P. Pustovalov, D. N. Kitaev, T. V. Shhukina // Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie. - 2016. - № 1 (169). - S. 64-68.
11. **Plaksina, E. V.** Harakternye osobennosti organizacii sistem otoplenija i ventiljacii v obshhe-stvennyh pomeshhenijah / E. V. Plaksina, E. O. Kshevinskaja, E. A. Lavlinskaja // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2016. – №3 (20). – S. 77-83.

## THE FEASIBILITY OF USING HEAT PUMPS AND OTHER UNCONVENTIONAL ENERGY SOURCES

E. E. Sergeev, A. N. Zabudko, E. A. Apalkov, A. A. Ivanov

*Voronezh State Technical University*

*E. E. Sergeev, student Department of fire and industrial safety*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (920)461-57-47, e-mail: elenasergeeva79@yandex.ru*

*A. N. Zabudko, master of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (920)226-71-44, e-mail: andr.zabudko2012@yandex.ru*

*E. A. Apalkov, master Department of fire and industrial safety*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (473)271-53-21, e-mail: elenasergeeva79@yandex.ru*

*A. A. Ivanov, master of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (920)452-01-30, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Statement of the problem.** To evaluate the feasibility of using nonconventional renewable energy sources; to identify the main types of heat pumps; to determine the benefits and not the drawbacks of using other alternative energy sources.

**Results.** The analysis of the existing varieties of energy resources and equipment selection of heat pumps. The conditions for the use of other non-traditional IP-source energy.

**Conclusions.** Presents a systematic data allow us to conclude significant by a positive result when using heat pumps and other alternative energy sources for certain territories.

**Keywords:** thermal energy, energy sources, ekoenergetika, heat pumps.

УДК 621.182

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Е. М. Бобрешов

*Воронежский государственный технический университет**Е. М. Бобрешов, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства**Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-53-21, e-mail: bobreshov342@yandex.ru*

**Постановка задачи.** Естественная вентиляция – огромная проблема современного строительства. При строительстве дома, в связи с экономией жилой площади, строители, не опираясь на расчеты систем вентиляции, задаются размерами сборных каналов, совсем не отвечающим требованиям воздухообмена.

**Результаты.** Произведена оценка скорости воздуха в сборном канале для обеспечения нормируемого воздухообмена в обслуживаемых помещениях. Приведены рекомендованные материалы сборных каналов, для обеспечения экономии жилой площади многоквартирного жилого дома.

**Выводы.** В результате расчета была получена необходимая скорость в кирпичных каналах системы естественной вентиляции.

**Ключевые слова:** естественная вентиляция, сборный канал, скорость, местные сопротивления, воздухозаборная решетка, теплый чердак, вытяжная шахта.

**Введение.** В многоэтажных жилых зданиях традиционно применяется система вытяжной вентиляции с естественным побуждением, использующая гравитационный напор, создаваемый разницей плотностей более тяжелого наружного воздуха и более легкого внутреннего. При этом через неплотности оконных проемов или через специальные воздухопропускные устройства для вентиляции квартиры поступает свежий наружный воздух в объеме не менее нормативного, нагрев которого обеспечивается системой отопления. Воздух из квартиры удаляется из загрязненных помещений, к которым относятся кухни, туалеты, ванные комнаты вертикальными сборными каналами, располагаемыми во внутренних перегородках, с выпуском его в теплый чердак здания, для домов с числом этажей выше 6.

Наиболее актуальным материалом для строительства сборных каналов, как в СССР, так и в наше время являются кирпичные каналы. Основными достоинствами являются в первую очередь размеры каналов, задаваемые относительно требуемой скорости, и простота самого строительства, так как каналы из кирпича нет необходимости дополнительно обкладывать, как это требуется для готовых моноблочных каналов (например: шидели, ж/б каналы) [1, 4, 6].

**1. Определение необходимой скорости сборных вентиляционных каналов в соответствии с требуемым воздухообменом помещений.** Согласно [2, 4] для повышения дефлектирующих свойств шахты при действии ветра, сечение ее должно приближаться к квадрату, а оголовок – быть открытым. Скорость воздуха в вытяжной шахте не должна превышать 1 м/с, в сборных каналах, в зависимости от этажности, достигать 2,5–3,5 м/с.

Наибольший вопрос в плане осуществления воздухообмена в жилых зданиях вызывает скорость движения вытяжного воздуха в сборном поэтажном канале. Ведь от скорости зависит размер шахты, а соответственно и площади помещений данного здания, которые будут влиять на стоимость квартир в целом.

В качестве примера рассмотрим жилой 22-этажный многоквартирный дом (на первом этаже располагается нежилое помещение), сравним полученные значения скоростей в сборном канале и подберем необходимое сечение кирпичной шахты.

При расчете системы вентиляции будем учитывать, что окна имеют незначительное сопротивление воздухопроницаемости. Наибольшее количество удаляемого воздуха будет наблюдаться в помещении кухни с электроплитой (60 м<sup>3</sup>/ч). На последних 2-х этажах используются индивидуальные вытяжные каналы для эффективности воздухообмена.

Следовательно, общее количество удаляемого воздуха из кухонь дома составит: 60х19=1140 м<sup>3</sup>/ч. Высота этажа составляет 3 м. Воздухозабор осуществляется через каналы-спутники сечением 170х170, в которых сопротивление будет одинаково на каждом этаже и составит:

- воздухозаборная решетка  $\xi = 2,5$ ;
- колено (2 шт.)  $\xi = 1,2 \times 2 = 2,4$ ;
- внезапное расширение  $\xi = 0,564$ .

$$\sum \xi = 2,5 + 2,4 + 0,564 = 5,464.$$

Сопротивления участков сети принято из [2]. Учитывается:

- коэффициент шероховатости кирпича, определяется по таблице 1

Таблица 1

Значения коэффициентов шероховатости  $\beta$ 

Скорость движения воздуха, м/с	Материал воздуховодов			
	шлакогипс	шлакобетон	кирпич	штукатурка по сетке
0,4	1,08	1,11	1,25	1,48
0,8	1,13	1,19	1,4	1,69
1,2	1,18	1,25	1,5	1,84
1,6	1,22	1,31	1,58	1,95
2	1,25	1,35	1,65	2,04
2,4	1,28	1,38	1,7	2,11
3	1,32	1,43	1,77	2,2
4	1,37	1,49	1,86	2,32
5	1,41	1,54	1,93	2,41
6	1,44	1,58	1,98	2,48
7	1,47	1,61	2,03	2,54
8	1,49	1,64	2,06	2,58

- потери давления на трение; определяются по диаграмме, предварительно определив эквивалентный диаметр кирпичного воздуховода по формуле:

$$d_{\text{э}} = \frac{2ab}{a+b}, \quad (1)$$

Суммарные потери сети складываются из потерь давления на трение ( $Rl$ ) и потери давления в местных сопротивлениях ( $Z = \sum \xi \cdot P_d$ ).

После суммирования потерь давления, полученное число должно быть меньше естественного давления, которое измеряется от середины уровня воздухозаборной решетки и верхней отметки вытяжной шахты и определяется:



$$P_e = (\rho_n - \rho_в) \cdot Hq, \tag{2}$$

где  $\rho_n$  – плотность наружного воздуха при температуре 5 °С.

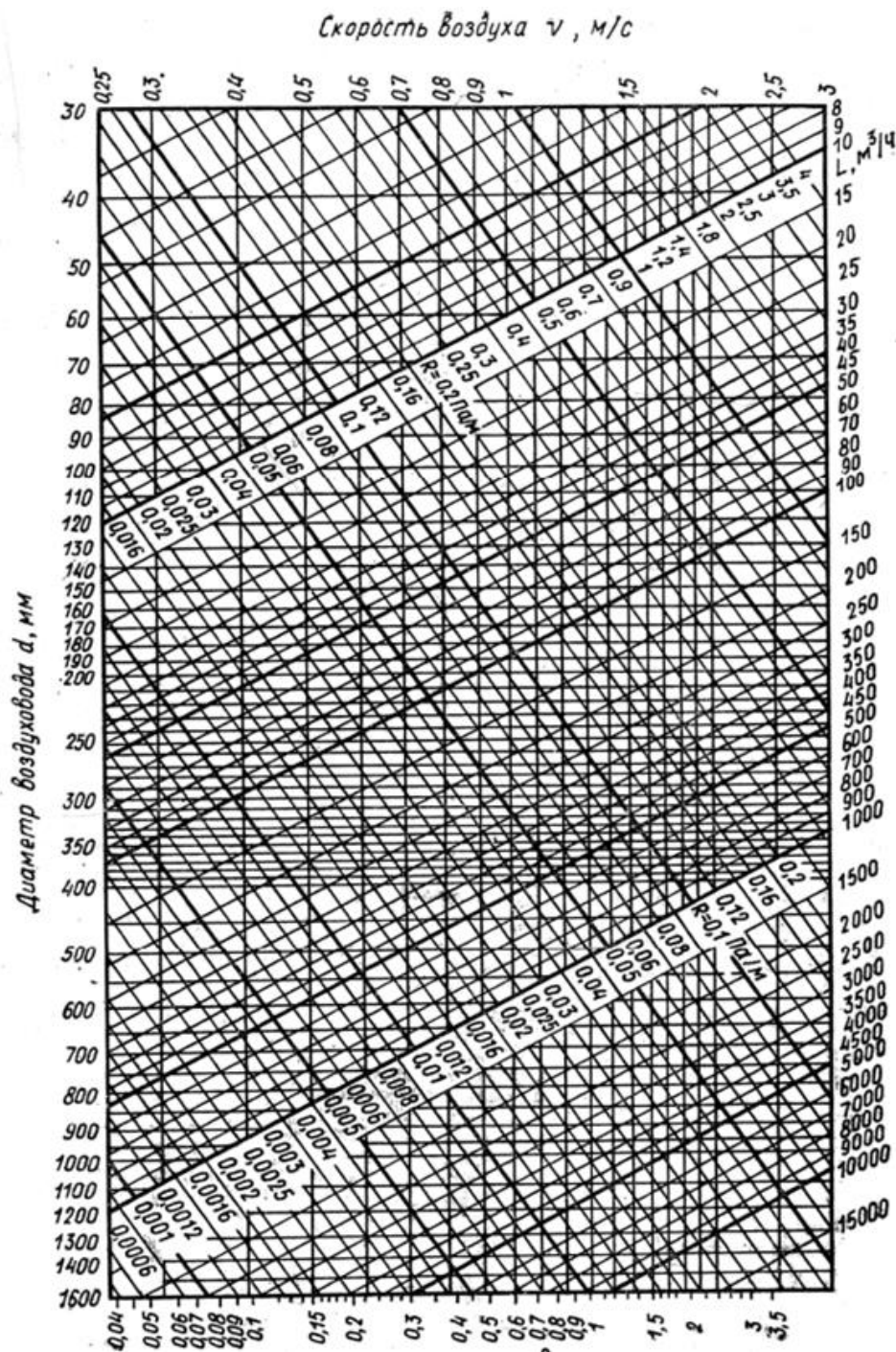


Рис. Номограмма для расчетов воздуховодов

Разность (запас) между естественным давлением и потерями должна составлять не менее 15 %.

После подсчета всех участков сети, полученные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2

## Ведомость-калькуляция

№	L, м	L, м <sup>3</sup> /ч	A, м	B, м	F, м <sup>2</sup>	Dэ, м	V, м/с	R, Па/м	β	R*1*β, Па	Σζ	Rд, Па	Z, Па	Rl+Z, Па	h	Pe	Rэт	Запас
1	3,3	60	0,17	0,17	0,0289	0,17	0,58	0,045	1,35	0,2005	5,464	0,20	1,1	1,30				
2	3	60	0,43	0,27	0,1161	0,332	0,14	0,001	1,05	0,0032	100	0,01	1,2	1,24	64,3	41,005	20,88	20,13
3	3	120	0,43	0,27	0,1161	0,332	0,29	0,0055	1,2	0,0198	1,2	0,05	0,1	0,08	61	38,900	19,63	19,27
4	3	180	0,43	0,27	0,1161	0,332	0,43	0,011	1,26	0,0416	0,6	0,11	0,1	0,11	58	36,987	19,56	17,43
5	3	240	0,43	0,27	0,1161	0,332	0,57	0,018	1,32	0,0713	0,45	0,20	0,1	0,16	55	35,074	19,45	15,63
6	3	300	0,43	0,27	0,1161	0,332	0,72	0,025	1,35	0,1013	0,4	0,31	0,1	0,23	52	33,161	19,29	13,88
7	3	360	0,43	0,27	0,1161	0,332	0,86	0,035	1,42	0,1491	0,35	0,45	0,2	0,31	49	31,248	19,06	12,19
8	3	420	0,43	0,27	0,1161	0,332	1,00	0,045	1,45	0,1958	0,3	0,61	0,2	0,38	46	29,335	18,75	10,58
9	3	480	0,43	0,27	0,1161	0,332	1,15	0,055	1,49	0,2459	0,27	0,79	0,2	0,46	43	27,421	18,38	9,04
10	3	540	0,43	0,27	0,1161	0,332	1,29	0,075	1,52	0,3420	0,25	1,01	0,3	0,59	40	25,508	17,92	7,59
11	3	600	0,43	0,27	0,1161	0,332	1,44	0,085	1,55	0,3953	0,23	1,24	0,3	0,68	37	23,595	17,32	6,27
12	3	660	0,43	0,27	0,1161	0,332	1,58	0,112	1,58	0,5309	0,22	1,50	0,3	0,86	34	21,682	16,64	5,04
13	3	720	0,43	0,27	0,1161	0,332	1,72	0,115	1,59	0,5486	0,21	1,79	0,4	0,92	31	19,769	15,78	3,99
14	3	780	0,43	0,27	0,1161	0,332	1,87	0,13	1,62	0,6318	0,581	2,10	1,2	1,85	28	17,856	14,86	3,00
15	3	840	0,43	0,27	0,1161	0,332	2,01	0,15	1,65	0,7425	0,2	2,43	0,5	1,23	25	15,943	13,01	2,94
16	3	900	0,43	0,27	0,1161	0,332	2,15	0,18	1,67	0,9018	0,195	2,79	0,5	1,45	22	14,030	11,78	2,25
17	3	960	0,43	0,27	0,1161	0,332	2,30	0,19	1,69	0,9633	0,18	3,18	0,6	1,54	19	12,116	10,33	1,79
18	3	1020	0,43	0,27	0,1161	0,332	2,44	0,2	1,71	1,0260	0,175	3,59	0,6	1,65	16	10,203	8,80	1,41
19	3	1080	0,43	0,27	0,1161	0,332	2,58	0,22	1,72	1,1352	0,17	4,02	0,7	1,82	13	8,290	7,14	1,15
20	7	1140	0,43	0,27	0,1161	0,332	2,73	0,27	1,74	3,2886	0,165	4,48	0,7	4,03	10	6,377	5,32	1,05

Как видно из самого последнего участка сети, запас составляет:

$$z = \frac{6,377 - 5,32}{6,377} \cdot 100\% = 16\%$$

Что полностью удовлетворяет максимальным требованиям. Сечения подобраны, исключительно, из соображений получения максимальной скорости, и минимального запаса по давлению в системе. Скорость составила 2,73 м/с в верхней точки канала, размерами 430x270 мм.

**Выводы.** Как мы видим из полученных значений, мы доказали, что значения скоростей по своему интервалу совпадают с рекомендациями [3, 5, 7, 8]. В современном строительстве при правильном монтаже и соблюдении всех мероприятий по снижению коэффициентов местных сопротивлений сети можно использовать скорость от 2,5 до 3 м/с.

Также необходимо отметить, что граничные значения интервала скоростей и их увеличение легко можно достичь путем изменения материала сборных каналов, заменой кирпича на шлакобетон или шлакогипс.

## Библиографический список

1. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – 67 с.
2. ТР АВОК 4-2004 Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома / Москва. – 2004. – 44 с.
3. Мелькумов, В. Н. Организация воздухообмена крытых многофункциональных ледовых арен / В. Н. Мелькумов, С. В. Чуйкин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2012. - № 3. - С. 28-36.
4. Чуйкин, С. В. Вентиляция и экологическая безопасность жилых и общественных помещений / С.В. Чуйкин // Экология и промышленность России. - 2015. - № 2. - С. 42-44.

5. **Тульская, С. Г.** Вентиляция и экологическая безопасность вентилируемых помещений ресторанных комплексов / С. Г. Тульская, С. О. Сотникова // Экология и промышленность России. - 2013. - № 2. - С. 21-25.
6. **Плаксина, Е. В.** Характерные особенности систем обеспечения микроклимата в спортивно-оздоровительных помещениях / Е. В. Плаксина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. - 2014. - № 1. - С. 146-153.
7. **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.
8. **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.

## References

1. **SP 60.13330.2012** Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha. Aktualizirovannaja redak-cija SNiP 41-01-2003. – 67 s.
2. **TR AVOK 4-2004** Tehniceskie rekomendacii po organizacii vozduhoobmena v kvartirah mnogo-jetazhnogo zhilogo doma / Moskva. – 2004. – 44 s.
3. **Mel'kumov, V. N.** Organizacija vozduhoraspredelenija krytyh mnogofunkcional'nyh ledovyh aren / V. N. Mel'kumov, S. V. Chujkin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 3. - S. 28-36.
4. **Chujkin, S. V.** Ventiljacija i jekologičeskaja bezopasnost' zhilyh i obshhestvennyh pomeshhenij / S.V. Chujkin // Jekologija i promyshlennost' Rossii. - 2015. - № 2. - S. 42-44.
5. **Tul'skaja, S. G.** Ventiljacija i jekologičeskaja bezopasnost' ventiliruemyh pomeshhenij restorannyh kompleksov / S. G. Tul'skaja, S. O. Sotnikova // Jekologija i promyshlennost' Rossii. - 2013. - № 2. - S. 21-25.
6. **Plaksina, E. V.** Harakternye osobennosti sistem obespechenija mikroklimata v sportivno-ozdorovitel'nyh pomeshhenijah / E. V. Plaksina // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija. - 2014. - № 1. - S. 146-153.
7. **Kuznecov, S. N.** Jekologičeskaja bezopasnost' vozdušnoy 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.
8. **Kirnova, M. A.** Uslovija raboty estestvennoj vytjazhnoj ventiljacji v mnogojetazhnyh zhilyh domah / M. A. Kirnova, O. A. Sotnikova // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2013. - № 4 (32). - S. 34-40.

## SYSTEM FEATURES NATURAL VENTILATION OF AN APARTMENT BUILDING

E. M. Bobreshov

---

*Voronezh State Technical University*

*E. M. Bobreshov, master of the department of of housing and communal services  
Russia, Voronezh, tel: +7(473)271-53-21, e-mail: romanv2an@gmail.com*

---

**Statement of the problem.** Natural ventilation is a huge problem of modern construction. When building a house, in connection with the saving of living space, the builders are not based on calculations of ventilation systems, are set by the dimensions of prefabricated channels, does not meet the requirements of the exchange.

**Results.** The estimation of air velocity in the collection channel to ensure the necessary air exchange in the serviced areas. The recommended materials are precast channels, to ensure save living space of an apartment building.

**Conclusions.** As a result of the calculation was obtained the desired speed in the brick channels of the system of natural ventilation.

**Keywords:** Natural ventilation, mixed channel, the speed of the local resistance, intake grille, a warm attic, and exhaust shaft.

УДК 697.7

**ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА ДЛЯ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ**

А. Н. Забудько, Е. Е. Сергеева, А. А. Иванов, Д. С. Шамарин

*Воронежский государственный технический университет**А. Н. Забудько, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)226-71-44, e-mail: andr.zabudko2012@yandex.ru**Е. Е. Сергеева, студентка кафедры пожарной и промышленной безопасности**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)461-57-47, e-mail: elenasergeeva79@yandex.ru**А. А. Иванов, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (920)452-01-30, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru**Д. С. Шамарин, магистрант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела**Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473) 271-12-98, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Постановка задачи.** Рассматривается возможность использования альтернативного вида топлива – биогаза на фоне ограниченности энергоресурсов для сельхозпредприятий. Выделены преимущества и недостатки использования биогаза. Определены условия применения биогазового оборудования и сформулированы рекомендации по его применению.

**Результаты.** Проведен анализ существующих методик расчета и подбора оборудования биогазовых установок, выделены наиболее рациональные и определены условия применения биогазового оборудования.

**Выводы.** Полученные результаты позволяют сделать вывод о существенном положительном результате при установке биогазового оборудования для определенных сельхозпредприятий.

**Ключевые слова:** биогаз, биогазовая установка, энергосбережение.

**Введение.** Энергосбережение с каждым годом становится все более актуальной проблемой. Главным побудительным мотивом к энергосбережению является, несомненно, истощаемость запасов органического топлива. В России сосредоточено 20 % мировых запасов органического топлива при численности населения всего 2,3 % от мировой. Но по недавним официальным сообщениям доказанных запасов газа хватит на 80 лет, а нефти - всего на 20. Несмотря на явное преимущество России и стран с большими запасами натурального топлива над другими регионами, проблема ограниченности энергоресурсов является глобальной и затрагивает абсолютно все государства. Путь решения указанной проблемы состоит в проведении жесткой политики энергосбережения и в использовании альтернативных источников энергии, прежде всего, возобновляемых, а также ядерного топлива. Под возобновляемыми источниками энергии подразумеваются биомасса, солнечная энергетика, ветроэнергетика, геотермальная энергия, энергия малых водотоков, океан. Крупная гидроэнергетика обычно рассматривается отдельно, хотя тоже относится к возобновляемым источникам энергии.

В данной рассмотрен альтернативный нетрадиционный источник энергии – биогаз, который был известен еще во времена древнего Китая и в настоящее время набирает все большую популярность среди владельцев сельхозпредприятий, таких как животноводческие фермы, птицефабрики и т.п.; разобраться во всех преимуществах и недостатках производства такого альтернативного топлива, а также привести рекомендации по применению биогазовых установок.

**1. Биогаз и его использование.** Биогаз - газ, получаемый метановым брожением биомассы. Разложение биомассы происходит под воздействием трех видов бактерий.

Первый вид - бактерии гидролизные, второй - кислотообразующие, третий - метанообразующие. В производстве биогаза участвуют не только бактерии класса метаногенов, а все три вида.

Состав биогаза меняется в зависимости от того, как он получается и какое сырье для него использовано. Для производства пригодно большинство отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства, а также специально выращенные энергетические растения. Биогазовые установки могут работать как на моно-сырье, так и на смеси.

Таблица 1

Этапы процесса брожения биомассы

	ПРОЦЕСС	БАКТЕРИИ	ВЫХОД
I	Гидролиз	Аэробные гидролизные бактерии	Моносахариды, аминокислоты и жирные кислоты
II	Повышение кислотности	Кислотообразующие бактерии	Органические кислоты, двуокись углерода
III	Образование уксусной кислоты	Бактерии образующие уксусную кислоту	Уксусная кислота, двуокись углерода, водород
IV	Образование метана	Метановые бактерии	Метан, двуокись углерода, вода

Органические отходы, пригодные для производства биогаза: навоз; птичий помёт; зерновая и меласная послеспиртовая барда; пивная дробина; свекольный жом; фекальные осадки; отходы рыбного и забойного цеха (кровь, жир, кишки, каньга); трава; бытовые отходы; отходы молокозаводов - соленая и сладкая молочная сыворотка; отходы переработки картофеля и др.

Таблица 2

Объемы получаемого биогаза из различных видов исходного сырья

Тип сырья	Выход газа, м <sup>3</sup> на тонну сырья
Навоз коровий	38-52
Навоз свиной	52-88
Помет птичий	47-94
Отходы бойни	250-500
Жир	1300
Барда послеспиртовая	50-100
Зерно	400-500
Силос, ботва, трава, водоросли	200-400
Молочная сыворотка	50-80
Свекольный и фруктовый жом	40-70
Глицерин технический	400-600

Наибольшей стабильностью отличается биогаз, который вырабатывают с помощью биогазовых установок (см. рис.).

Биологический газ, получаемый в биогазовых установках, - это смесь газов, среди которых наибольший процент составляют метан (40-70 %), углекислый газ (30-60 %). Кроме этих газов в составе присутствуют водород (0-1 %), сероводород (0-3 %) и другие (1-5 %).

Процесс получения газа проходит несколько этапов:

- в начале процесса в биореактор загружается сырье;
- в специальной установке сырье проходит подготовку, гомогенизацию, и перемешивается;
- благодаря особым бактериям происходит процесс, называемый анаэробным (бескислородным) сбраживанием, продуктом чего является биогаз;
- затем биогаз направляется для дальнейшего использования;
- отработанное сырье можно использовать в качестве биоудобрения, в котором содержатся необходимые микроэлементы.

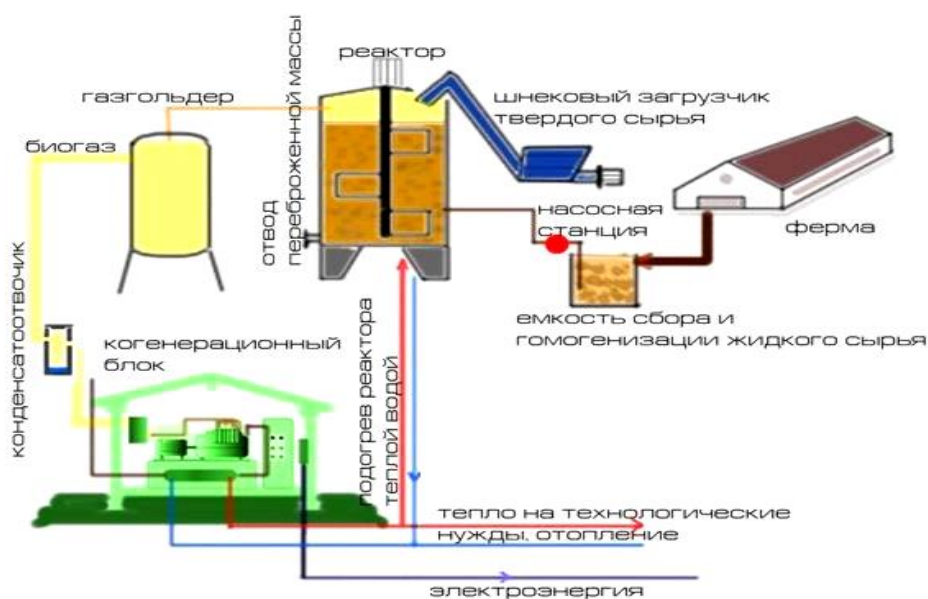


Рис. Биогазовая установка

Биогазовые установки можно применять как очистительные сооружения. Преимущество заключается в том, что оно, помимо переработки отходов, дает энергию, которую можно использовать для подогрева самой установки, бытового газоснабжения, выработки электро- и теплоэнергии, а при обогащении, т.е. повышения доли содержания метана до необходимых показателей природного газа, им можно заправлять автомобили [3].

Выгоды установки заключаются в следующем:

- *Экологическая.* Установка позволяет уменьшить санитарную зону предприятия в несколько раз. Сократить выбросы углекислого газа в атмосферу.
- *Энергетическая.* При сжигании биогаза без обогащения можно получать электричество и тепло.
- *Экономическая.* Строительство биогазовой установки позволит сэкономить на затратах по строительству очистных сооружений и утилизации отходов.
- Установка может служить автономным источником энергии для наших отдаленных регионов. Не секрет, что до сих пор во многих областях перебои с поставкой электричества, дома отапливаются дровами. Возможно, это и звучит несколько утопично, установка сама по

себе недешева, но монтаж таких биогазовых станций был бы выходом для жителей необеспеченных регионов.

- Биогазовые установки могут быть размещены в любом регионе страны и не требуют строительства дорогостоящих газопроводов и сложной инфраструктуры.

- Установки могут частично заменить региональные котельные, обеспечить теплом и электричеством поселки и небольшие города в округе.

- Биогаз, получаемый из установок, может быть использован в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Недостатками биогазовой установки являются:

- Высокая стоимость установки.

- Необходимость точного соблюдения технологических режимов.

- Усложненные формально-юридические процедуры в сфере разрешений на строительство биогазовой установки

- Низкий уровень знаний общественности в сфере использования возобновляемой энергетики

- Недостаточная популяризация в средствах массовой информации технических, формально-юридических, финансовых решений, касающихся биогазовых установок.

**2. Расчет биогазовой установки и подбор оборудования.** Расчет биогазовой установки - важнейший элемент проектирования и всегда предвещает выбор технологии и тем более конструктивного исполнения оборудования. Прежде всего, требуется определить:

- тип процесса брожения (термофильный либо мезофильный);

- длительность брожения;

- организацию сбора биогаза;

- порядок заполнения метантенка (резервуара);

- вариант организации теплоснабжения метантенка (резервуара);

- способ загрузки субстрата и удаления шлама.

А также произвести расчеты:

- суточного объема биомассы, предназначенной для сбраживания;

- суточного объема биомассы, включающей примеси;

- содержания сухого вещества в биомассе;

- содержания сухих органических веществ в биомассе;

- теоретического выхода биогаза при условии полного разложения субстрата;

- теоретического выхода биогаза при неполном сбраживании;

- проектируемого объема метантенка, рассчитанного на полную загрузку;

- количества теплоты, требуемой для нагрева ежесуточно загружаемой биомассы до необходимой температуры брожения;

- тепловых потерь биогазовой станции;

- необходимой энергии для перемешивания биомассы;

- суточной выработки биогазовым оборудованием полезной энергии;

- экономии условного топлива за счет выработанного биогаза.

Следует помнить, что в процессе проектирования биогазовых установок применяются эмпирические данные, полученные в лабораториях. Подобная информация подвергается обработке и группировке в специальные таблицы параметров технологических процессов. Но значение погрешности в таблицах может достигать 50 %. Поэтому спрогнозировать суточные показатели объемов и состава получаемого биогаза для проектируемого оборудования можно лишь с невысокой точностью. Нарращивание точности расчета требует проведения собственного лабораторного эксперимента. Тем не менее, даже самые примитивные расчеты позволяют оценить приблизительные параметры выхода биогаза.

В процессе проектирования ключевое значение имеет определение оптимального объема биомассы, загружаемой для переработки. При меньших объемах органического материала нарушается равновесие системы, при увеличенных нагрузках наблюдается переокисление биологической массы, что обуславливает замедление выделения биогаза [1, 2, 4, 5].

Суточный объем биомассы, которая предназначается к сбраживанию, рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{сут}} = \sum K_i \cdot m_i, \quad (1)$$

где  $K_i$  – численность животных;  $m_i$  – ежесуточный объем навоза от каждого животного.

Анализ элементов, содержащихся в навозе, свидетельствует, что в нем имеется: около 25–93 % воды, 13–17 % подстилки, 7–11 % корма, до 17 % грунтовой массы и иных примесей. Наличие этих компонентов оказывает воздействие на объемы сухих органических компонентов в субстрате, кроме того, объем воды определяет влажность биомассы. Для определения содержания сухих компонентов, а также параметров влажности используют специальные таблицы и поправочные коэффициенты.

Суточный объем биомассы, включающей примеси, рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{сут.общ}} = K_n \cdot m_{\text{общ}}, \quad (2)$$

где  $k_n$  – значение поправочного коэффициента (находится в диапазоне 1,3–1,6);  $m_{\text{общ}}$  – ежесуточный объем навоза от всех животных.

Расчет содержания сухого вещества в биомассе осуществляется по формуле:

$$M_{\text{св}} = M_{\text{сут.общ}} \cdot (1 - V / 100), \quad (3)$$

где  $V$  – влажность биомассы.

Расчет содержания сухих органических веществ в биомассе:

$$M_{\text{сов}} = M_{\text{св}} \cdot (R_{\text{сов}} / 100), \quad (4)$$

где  $R_{\text{сов}}$  – содержание сухих органических веществ в биомассе;  $M_{\text{св}}$  – содержание сухого вещества в биомассе.

Для получения более достоверных параметров содержания сухих органических веществ в биомассе требуется получить пробы сырья и выполнить анализы в лабораторных условиях.

Теоретический выход биогаза при условии полного разложения субстрата:

$$B_{\text{ТП}} = M_{\text{сов}} \cdot N, \quad (5)$$

где  $N$  – содержание сухих органических веществ в биомассе, %;  $M_{\text{сов}}$  – содержание сухих органических веществ в биомассе.

Теоретический выход биогаза при неполном сбраживании:

$$B_{\text{ТН}} = B_{\text{ТП}} \cdot (F / 100), \quad (6)$$

где  $F$  – уровень сбраживания биомассы (принимается в диапазоне 60–70 %);  $B_{\text{ТП}}$  – теоретический выход биогаза при условии полного разложения субстрата.



Проектируемый объем метантенка, рассчитанный на полную загрузку, определяется по формуле:

$$V_{ПЗ} = M_{сут.общ} / \rho_{сут} \cdot \rho, \quad (7)$$

где  $\rho_{сут}$  – количество ежесуточных загрузок биогазовой установки;  $\rho$  – плотность биомассы ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $M_{сут.общ}$  – суточный объем биомассы, включающей примеси.

Количество теплоты, требуемой для нагрева ежесуточно загружаемой биомассы до необходимой температуры брожения, определяется по формуле:

$$Q_T = M_{сут} \cdot C \cdot (t_{\delta} - t_{zc}), \quad (8)$$

где  $M_{сут}$  – суточный объем биомассы, предназначенной для сбраживания;  $C$  – средняя теплоемкость биомассы ( $C = 4,18 \cdot 10^{-3} \text{ МДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ );  $t_{\delta}$  – температура брожения (зависит от типов бродильных процессов: для мезофильного  $+32... +34 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , для термофильного  $+52... +54 \text{ }^{\circ}\text{C}$ );  $t_{zc}$  – температура загруженной биомассы (равна либо  $t^{\circ}$  помещения, либо  $t$  окружающей среды).

Тепловые потери биогазовой установки определяются по формуле:

$$Q_y = k \cdot S \cdot (t_{\delta} - t_o), \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент, характеризующий теплопередачу от биомассы природной среде  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $S$  – размеры площади поверхности метантенка,  $t_{\delta}$  – температура брожения,  $t_o$  – температура воздуха.

Расчет необходимой энергии для перемешивания биомассы определяется по формуле:

$$Q_{П} = H \cdot M \cdot Y, \quad (10)$$

где  $H$  – значение удельной нагрузки на смешивающее устройство ( $50 \text{ Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{ч}$ );  $M$  – объем метантенка,  $Y$  – длительность функционирования смешивающего устройства в течение суток.

Суточная выработка биогазовым оборудованием полезной энергии, МДж:

$$Q_{\delta} = B_{ТН} - Q_T - Q_y - Q_{П}, \quad (11)$$

где  $B_{ТН}$  – теоретический выход биогаза при неполном сбраживании;  $Q_T$  – количество теплоты, требуемой для нагрева ежесуточно загружаемой биомассы до необходимой  $t$  брожения;  $Q_y$  – тепловые потери биогазовой установки;  $Q_{П}$  – необходимая энергия для перемешивания биомассы.

Принято считать, что биогазовые установки вырабатывают биогаз в течение 350 дней ежегодно, еще 15 дней отводится на их профилактическое обслуживание.

Расчет экономии условного топлива за счет выработанного биогаза осуществляется по формуле:

$$\mathcal{E} = \Phi_{\delta} \cdot 350 / 29,3, \quad (12)$$

где  $\Phi_{\delta}$  – выработка биогазовым оборудованием полезной энергии, МДж.

Фермеры, строящие биогазовые установки, преследуют следующие цели. Экономически выгодное производство энергии; Уменьшение неприятного запаха. При достаточном разложении субстрата является существенным аргументом для фермеров, чьи площади расположены в густозаселенных регионах. Иногда строительство биогазовой установки вообще

становится началом увеличения размеров фермы (увеличение количества поголовья скота). Иногда неприятные запахи сами по себе являются причиной демонстраций против строительства биогазовых установок;

С экологической точки зрения, большой интерес для экопредприятий предоставляет возможность путем брожения переработать азот на подходящее для хранения вещество; Аргументом в пользу строительства биогазовой установки может быть возможность выведения своих сточных вод в биогазовую установку вместо подключения дорогой канализации.

Принципиально при строительстве биогазовой установки стоит учесть такие аспекты:

- С помощью биогазовой установки нельзя оздоровить предприятие, переживающее кризис. Биогазовые установки, однако, могут помочь поддержать эффективным предприятиям оставаться такими же эффективными.

- Инвестиция в биогазовую установку связана с долгосрочным капиталовложением. Поэтому строительство установки должно быть хорошо рассчитано с учетом перспективы!

- В связи с возрастанием количества биогазовых установок, в некоторых регионах возникает нехватка посадочных площадей для выращивания субстрата, что в свою очередь увеличивает цену аренды земли. Для владельцев установок, непосредственно зависящим от аренды либо покупки сырья - это значит большой риск. Поэтому важно провести расчеты по долгосрочному доступу к сырьевой базе.

- Рентабельность установок, несмотря на высокое вознаграждение за выработанную энергию все равно легко потерять. Поскольку покупка электроэнергии является гарантированной, кроме затрат на сырье и цены за аренду, решающее значение может иметь и использование тепла. Поэтому стоит разрабатывать концепции с высокой эффективностью использования тепловой энергии.

- Метановые бактерии требуют к себе такого самого внимания как животные в хлевах. Это значит, что успешная эксплуатация биогазовой установки требует специальных знаний. Именно поэтому стоит уделять внимание образованию и повышению квалификации обслуживающего персонала, созданию у него соответствующей заинтересованности.

- Эксплуатация невозможна без надзора и проведения профилактических работ. Кто не готов, в зависимости от типа и размера установки ежедневно минимум 1 час тратить на установку, тому лучше не браться за это дело.

- При вывозе навоза после установки на поля существует опасность потери аммиака. Поэтому стоит использовать специальную технику с подачей на грунт через шланги.

С учетом перечисленных обстоятельств биогазовая установка может быть интересной и целесообразной при следующих условиях:

1. Законодательно урегулированная в рамках ЕС оплата электрического тока с биогаза и цены на электроэнергию, которая на сегодняшний день понижается: то есть это выгодно тогда, когда собственная цена за электричество является выше чем цена для продажи;

2. Необходимо иметь навоз минимум от 100 голов КРС.

3. Большая часть самостоятельно выполненных работ при строительстве помогает снизить потери и может существенно улучшить рентабельность и предоставит необходимые для будущего знания, которые пригодятся для устранения неполадок.

4. Для установок, работающих лишь на возобновляемых ресурсах полезно иметь большие собственные площади для выращивания энергетических растений с целью избегания рисков, связанных с ценой аренды земли. Установка, работающая преимущественно на приобретаемом сырье либо на арендованной земле, может минимизировать эти риски путем заключения долгосрочных договоров про поставку и аренду.

5. Если есть возможность дешево и на протяжении длительного времени получать соответствующие продовольственные отходы, то это может значительно повлиять на рентабельность установки и сэкономить на покупке удобрений.

6. Коммуны и фирмы, имеющие проблемы с утилизацией жидких органических отходов, могут их решить с помощью биогазовой техники.

7. Если есть потребность в установке резервуаров для навоза, то их с успехом можно использовать для производства биогаза.

8. Площади сельскохозяйственного применения на территориях проведения водозабора могут легче защититься от попадания нитратов в грунтовые воды.

9. Фермеры, работающие в секторе экологического сельского хозяйства, безотходного хозяйства, длительного использования сельскохозяйственных ресурсов, защиты окружающей среды – получают в свое распоряжение наилучший инструмент для этого.

Преимущества использования биогазовой технологии:

- производство высококалорийной энергии;
- производство высококачественных удобрений;
- уменьшение интенсивности запахов;
- уменьшение агрессивного разъедающего действия;
- уменьшение загрязнения воздуха аммиаком и метаном;
- предотвращение потери питательных веществ;
- уменьшение вымывания нитратов;
- лучшая приспособляемость к потреблению растениями;
- улучшение здоровья растений;
- гигиенизация гноя;
- уменьшение способности к прорастанию у семян сорняков;
- переработка органических отходов;
- экономия на затратах подключения к канализации.

**Выводы.** В процессе изучения материалов использования биогазовых установок можно сделать вывод о существенном положительном результате при установке биогазового оборудования для определенных сельхозпредприятий [8, 10, 11, 13, 14, 15].

*Экологические.* Биогазовые установки решают проблемы утилизации сельскохозяйственных отходов и ТБО, а также напрямую (за счет переработки) и косвенно (за счет замещения углеводов в энергобалансе) сокращают выбросы в атмосферу парниковых газов – метана и CO<sub>2</sub>.

*Социальные.* Как показывают исследования, проведенные Европейской комиссией, развитие биогазовой энергетики решает проблемы занятости в сельских районах и повышает реальные доходы населения. Кроме этого, внедрение биогазовых технологий способствует развитию энергетической инфраструктуры села, что положительно сказывается на уровне жизни сельского населения.

*Энергетические.* Суммарный энергетический потенциал отходов АПК РФ достигает 81 млн. т.т. Если весь биогаз будет перерабатываться на когенерационных установках, это позволит на 23 % обеспечить суммарные потребности экономики в электроэнергии, на 15 % в тепловой энергии и на 14 % в природном газе или же полностью обеспечить сельские районы доступом к природному газу и тепловой мощности.

Расчет представленных выше параметров позволит определить возможность использования биогазовых установок для сельхозпредприятий, а также подобрать необходимое оборудование и определить экономическую эффективность от внедрения нетрадиционных технологий [5, 7, 9, 12].

#### Библиографический список

1. **Мариненко, Е. Е.** Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве / Е. Е. Мариненко // Учебное пособие. Волгоград: ВолгГАСА, 2003.- 100 с.

2. **Волков, В. В.** Исследование потерь в видах топлива с растворённой и эмульсионной влагой на сверх-высоких частотах / В. В. Волков, М. А. Суслин, В. Н. Мелькумов, В. Ю. Прищепенко // Измерительная техника. - 2016. - № 3. - С. 68-71.
3. **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.
4. **Колосов, А. И.** Моделирование потокораспределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения / Колосов А.И., Панов М.Я., Стогней В.Г. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. Т. 9. № 3-1. С. 56-62.
5. **Колосов, А. И.** Перспективность использования гелиоустановок горячего водоснабжения / М.Я. Панов, Д.М. Чудинов, А.И. Колосов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2016.- № 2 (42).- С. 33-39.
6. **Колосов, А. И.** Динамическое моделирование как инструмент прогнозирования и планирования мероприятий эксплуатации инженерных систем в неопределённых стохастически развивающихся ситуациях / Колосов А. И., Щербинин Г. И., Свищев О. В., Васильев И. В. // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2012.- № 3 (8).- С. 39-43.
7. **Сотникова, О. А.** Применение нетрадиционных возобновляемых источников энергии при решении проблем энергоснабжения и экологической безопасности / О.А. Сотникова, Д.М. Чудинов, А.И. Колосов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2009. - № 1. - С. 80-87.
8. **Колосов, А. И.** Анализ геологических характеристик района при моделировании воздействий наводнений на системы инженерного обеспечения / А. И. Колосов, О. А. Сотникова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2004. - № 10. - С. 71.
9. **Тульская, С. Г.** Ресурсосберегающие технологии биогазовых установок при переработке отходов сельского хозяйства / С.Г. Тульская, К. Г. Мозговая // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2016. - №1 (2). - С.21-27
10. **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.
11. **Панов, М. Я.** Оперативное управление функционированием городских систем газоснабжения / М. Я. Панов, Г. Н. Мартыненко, Х. Алдалис // Энергосбережение. -2009. - № 2. - С. 40.
12. **Чуйкин, С. В.** Атомные станции энергоснабжения / С. В. Чуйкин, С.Г. Тульская, Е. В. Плаксина, Д. А. Снисарь // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2016. - № 2(3). - С.13-25.
13. **Melkumov, V. N.** Organization of air distribution of covered multipurpose ice rinks / V.N. Melkumov, S.V. Chuykin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. -2013. - № 3. -pp. 17-28.
14. **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.
15. **Плаксина Е. В.** Характерные особенности организации систем отопления и вентиляции в общественных помещениях / Е. В. Плаксина, Е. О. Кшевинская, Е. А. Лавлинская // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2016. - № 3 (20). - С. 77-83.

## References

1. **Marinenko, E. E.** Osnovy polucheniya i ispol'zovaniya biotopliva dlja resheniya voprosov jenergosbezheniya i ohrany okruzhajushhej sredy v zhilishhno-kommunal'nom i sel'skom hozjajstve / E. E. Marinenko // Uchebnoe posobie. Volgograd: VolgGASA, 2003.- 100 s.
2. **Volkov, V. V.** Issledovanie poter' v vidah topliva s rastvorjonnoj i jemul'sionnoj vlagoj na sverh-vysokih chastotah / V. V. Volkov, M. A. Suslin, V. N. Mel'kumov, V. Ju. Prishhepenko // Izmeritel'naja tehnika. - 2016. - № 3. - S. 68-71.
3. **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.- S. 147-154.
4. **Kolosov, A. I.** Modelirovanie potokoraspredelenija na jetape razvitija struktury gorodskih sistem gazosnabzhenija / Kolosov A.I., Panov M.Ja., Stognej V.G. // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehniche-skogo universiteta. 2013. T. 9. № 3-1. S. 56-62.
5. **Kolosov, A. I.** Perspektivnost' ispol'zovaniya gelioustanovok gorjacheho vodosnabzhenija / M.Ja. Panov, D.M. Chudinov, A.I. Kolosov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2016.- № 2 (42).- S. 33-39.

6. **Koloso**v, **A. I.** Dinamicheskoe modelirovanie kak instrument prognozirovaniya i planirovaniya mero-prijatij jekspluatacii inzhenernyh sistem v neopredeljonnyh stohasticheski razvivajushhihsja situacijah / Ko-losov A. I., Shherb-inin G. I., Svishhev O. V., Vasil'ev I. V. // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija.- 2012.- № 3 (8).- S. 39-43.

7. **Sotnikova**, **O. A.** Primenenie netradicionnyh vozobnovljaemyh istochnikov jenergii pri reshenii problem jenergosnabzhenija i jekologicheskoj bezopasnosti / O.A. Sotnikova, D.M. Chudinov, A.I. Kolosov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2009. - № 1. - S. 80-87.

8. **Koloso**v, **A. I.** Analiz geologicheskikh harakteristik rajona pri modelirovanii vozdeystvij navodnenij na sistemy inzhenernogo obespechenija / A. I. Kolosov, O. A. Sotnikova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. - 2004. - № 10. - S. 71.

9. **Tul'skaja**, **S. G.** Resursoberegajushhie tehnologii biogazovyh ustanovok pri pererabotke othodov sel'skogo hozjajstva / S.G. Tul'skaja, K. G. Mozgovaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii.- 2016. – №1 (2). – S.21-27

10. **Martynenko**, **G. N.** Vozmozhnosti ispol'zovaniya jekologicheski opasnyh othodov zhiznedateljnosti v biogazovyh ustanovkah / G. N. Martynenko // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2014. - T. 2. - № 4 (17). - S. 119-122.

11. **Panov**, **M. Ja.** Operativnoe upravlenie funkcionirovaniem gorodskih sistem gazosnabzhenija / M. Ja. Panov, G. N. Martynenko, H. Aldalis // Jenergosberezhenie. -2009. - № 2. - S. 40.

12. **Chujkin**, **S. V.** Atomnye stancii jenergosnabzhenija / S. V. Chujkin, S.G. Tul'skaja, E. V. Plaksina, D. A. Snisar' // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2016. - № 2(3). – S.13-25.

13. **Melkumov**, **V. N.** Organization of air distribution of covered multipurpose ice rinks / V.N. Melkumov, S.V. Chuykin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. -2013. - № 3. -pp. 17-28.

14. **Mel'kumov**, **V. N.** Promyshlennaja bezopasnost' pomeshhenij s jelektrooborudovaniem / V. N. Mel'ku-mov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroi-tel'stvo i arhitektura. - 2008. - № 3. - S. 176-182.

15. **Plaksina** **E. V.** Harakternye osobennosti organizacii sistem otopenija i ventiljacii v obshhestvennyh pomeshhenijah / E. V. Plaksina, E. O. Kshevinskaja, E. A. Lavlinskaja // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2016. – № 3 (20). – S. 77-83.

## JUSTIFICATION OF ISPOLZOVANIJA BIOGAS FOR FARMS

A. N. Zabudko, E. E. Sergeev, A. A. Ivanov, D. S. Shamarin

*Voronezh State Technical University*

*A. N. Zabudko, master of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (920)226-71-44, e-mail: andr.zabudko2012@yandex.ru*

*E. E. Sergeev, student Department of fire and industrial safety*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (920)461-57-47, e-mail: elenasergeeva79@yandex.ru*

*A. A. Ivanov, master of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (920)452-01-30, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

*D. S. Shamarin, master of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

*Russia, Voronezh, tel.: +7 (473) 271-12-98, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Statement of the problem.** The possibility of using alternative fuel – biogas on the background of limited energy resources for agricultural enterprises. The advantages and disadvantages of using biogas. The conditions for the application of biogas equipment and recommendations on its application.

**Results.** The analysis of existing methods of calculation and selection of equipment of biogas plants, the most rational and the conditions for the application of biogas equipment.

**Conclusions.** The obtained results allow to conclude that the significant positive result with the installation of biogas equipment for certain agricultural enterprises.

**Keywords:** biogas, biogas plant, energy saving.

УДК 644.1

## ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ «ЗЕЛЕННЫХ» КРЫШ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

С. И. Кульпин

*Воронежский государственный технический университет*

*С. И. Кульпин, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(910)738-42-38, e-mail: serezhakulpin@mail.ru*

**Постановка задачи.** В рамках современной проблемы уменьшения тепловых потерь через ограждающие конструкции всё больше возрастает актуальность поиска инженерно-проектировочных решений данной проблемы. Принципиально важными задачами становятся детальное изучение различных типов ограждающих конструкций, а так же выявление наиболее оптимальных и благоприятно влияющих на окружающую среду технологий создания перекрытий.

**Результаты.** Было проведено теоретическое исследование, в котором сравнивались ограждающие конструкции, в частности крыши, разных типов в городах: Санкт-Петербург, Воронеж, Сочи. Были определены коэффициенты теплопередачи перекрытий, требуемые толщины утеплителей и тепловые потери, выражаемые в денежном эквиваленте.

**Выводы.** Преобразование проектируемых кровель должно оказывать благоприятное воздействие на тепло-физические параметры перекрытий.

**Ключевые слова:** тепловые потери, кровля, коэффициент теплопередачи, толщина утеплителя, озеленение.

**Введение.** С каждым днем мы все сильнее сталкиваемся с ухудшением экологической ситуации на планете. В современном мире большинство крупных городов обладают тенденцией повышения плотности застройки, что ведет к повышению выработки энергий, потребляемых зданиями и соответственно увеличению тепловых потерь. Уменьшение тепловых потерь через ограждающие конструкции, в частности крыши, и увеличение количества озелененных площадей можно достичь созданием озелененных кровель. В данной статье в качестве примера рассмотрены три города Санкт-Петербург, Воронеж, Сочи, в которых проводились мероприятия по озеленению кровель.

**1. Описание характерных недостатков в строительстве, требующих решения.** Большое количество вырабатываемой электроэнергии потребляется зданиями. Современные здания теряют тепло через ограждающие конструкции: окна, стены, крышу. В своем исследовании я решил рассмотреть различные типы крыш.

Для снижения тепловых потерь жилых и производственных зданий перекрытия могут быть спроектированы с использованием озеленения разными способами. Благодаря этому также возможно увеличение площади озелененных территорий городов, которые в настоящий момент далеки от норм. К примеру, в Воронеже площадь озелененной территории общего пользования составляет 8,5 м<sup>2</sup>/чел., а по уточненным данным значительно ниже – 5,1 м<sup>2</sup>/чел. Согласно требованиям [1] площадь озелененных территорий общего пользования в крупном городе должна составлять 10–12 м<sup>2</sup>/чел. Средний показатель озеленения наиболее населённых районов города Воронежа составляет 2,9 м<sup>2</sup>/чел, при норме озеленения 6 м<sup>2</sup>/чел. Показатели озеленения далеки от нормативных.

Немаловажный вопрос: Что происходит с озеленением в частности газоном зимой? Газон как и деревья уходит в спячку на зиму, а некоторые виды газонов с клевером даже в зим-

нем состоянии не желтеют, а остаются вечно зелеными, но не такими насыщенными как летом и, конечно же, не имеют прирост. Жизнь газона при должном уходе:

- рулонный – 5–8 лет без потери структуры, далее будут появляться проплешины. Восстановить такой газон не целесообразно, рекомендуется постелить новый;
- посевной – более 20 лет при должном уходе и подсеве.

Решить проблему избытков энергии, отдаваемой ограждающими конструкциями, в частности крышей, а так же проблему недостатка озелененных площадей можно созданием крыш с озелененным покрытием.

В данной работе было выбрано три типа крыш с разным составом:

1. Первым типом крыши для исследования был выбран один из типичных видов перекрытий для жилых зданий на территории России с составом, представленным в таблице 1, и конструктивной схемой, изображенной на рисунке 1.

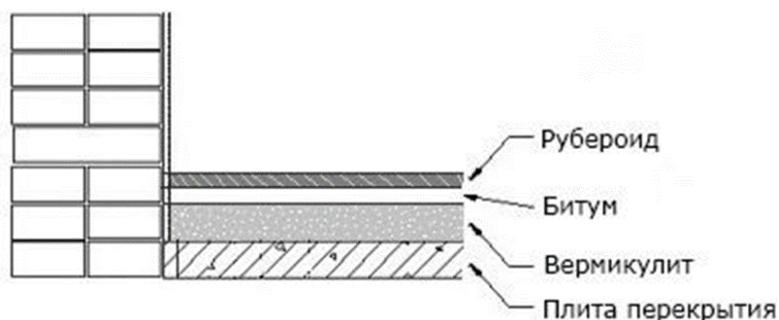


Рис.1. Конструктивная схема типовой крыши

Таблица 1

#### Характеристики состава схемы типовой крыши

Материал	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\delta$ , мм
Железобетон	2,04	220
Вермикулит	0,095	$x$
Битум	0,27	10
Рубероид	0,17	10

2. В качестве «зеленой» крыши № 1 было выбрано перекрытие с составом, представленным в таблице 2. В качестве утеплителя был взят пенополистерол. Конструктивная схема крыши представлена на рисунке 2.

Таблица 2

#### Характеристики состава схемы «зеленой» крыши № 1

Материал	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\delta$ , мм
Железобетон	2,04	220
Керамзит	0,1	25
Техноэпласт	0,028	4
Пенополистирол	0,05	$x$
Противокорневой слой	0	1
Дренажный слой	0	8
Фильтрующий слой	0,08	3
Рулонный газон	0	70

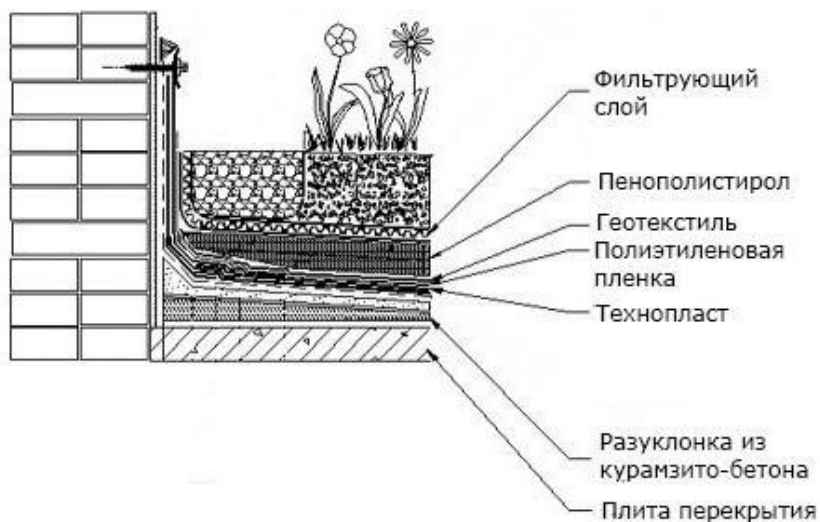


Рис.2. Конструктивная схема «Зеленой» крыши № 1

3. В «зеленой» крыше № 2 был выбран эструдированный пенополиуретан в качестве утеплителя для получения более детальной картины в исследовании. Конструктивная схема расположения слоев перекрытия изображена на рисунке 3.

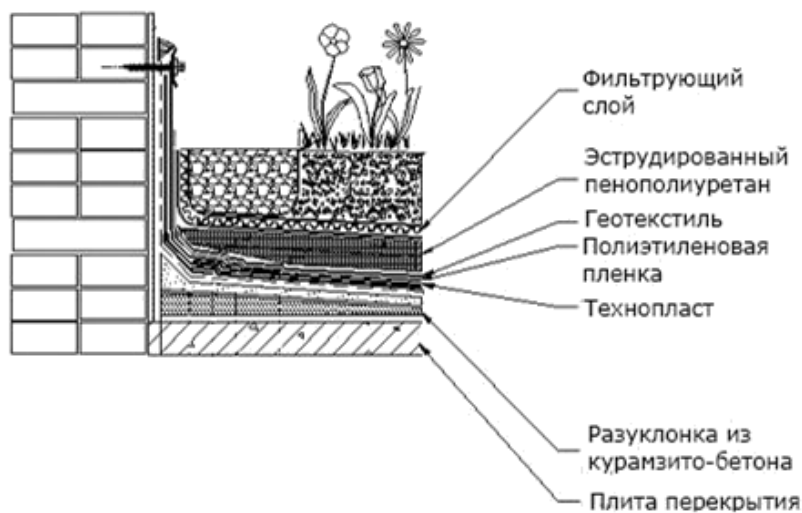


Рис.3. Конструктивная схема «зеленой» крыши № 2

Таблица 3

Характеристики состава схемы «зеленой» крыши № 2

Материал	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\delta$ , мм
Железобетон	2,04	220
Керамзит	0,1	25
Техноэпласт	0,028	4
Эструдированный пенополиуретан	0,028	<i>x</i>
Дренажный слой	0	8
Противокорневой слой	0	1
Филтрующий слой	0,08	3
Газон	0	70



**2. Расчет влияния применения «зеленой» крыши на коэффициент теплопередачи кровли.** Вычисляем коэффициент теплопередачи с одним из типовых наборов слоев для перекрытия, и сравним его с коэффициентами теплопередач «зеленых» крыш с разными типами утеплителей для Санкт-Петербурга, Воронежа и Сочи. Ниже, согласно [2], описана для каждого города, методика расчета определения коэффициента теплопередачи, результаты которой наглядно представлены в таблице 4.

Общее сопротивление кровли определяются по формуле:

$$R_O = R_B + \sum \left( \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + R_H, \quad (1)$$

где  $\delta_i$  – толщина слоя  $i$ , мм;  $\lambda_i$  – расчётный коэффициент теплопроводности  $i$  слоя материала, Вт/(м·°С)

Фактическое общее сопротивление кровли определяются по формуле:

$$R_{\Phi O} = R_O + R_{\Phi UT}. \quad (2)$$

Коэффициент теплопередачи определяются по формуле:

$$K = \frac{1}{R_{\Phi O}}. \quad (3)$$

Таблица 4

Расчетные характеристики влияния применения «зеленой» крыши на коэффициент теплопередачи кровли

Город	Коэффициент теплопередачи			$t_n$	Фактического утеплителя		
	Обычная крыша	Зеленая крыша № 1	Зеленая крыша № 2		Обычная крыша	Зеленая крыша № 1	Зеленая крыша № 2
Санкт-Петербург	0,24	0,21	0,234	-24	0,35	0,2	0,1
Воронеж	0,25	0,21	0,239	-24	0,338	0,2	0,1
Сочи	0,71	0,72	0,71	-2	0,1	0,03	0,02

Из данных, представленных в таблице 4, мы можем убедиться, что применение «зеленого» состава кровли приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи в городах Санкт-Петербург и Воронеж.

**3. Уменьшение тепловых потерь благодаря использованию «зеленой» крыши.** Из первой части исследования мы получили данные, показывающие изменение коэффициента теплопередачи при создании озелененной кровли. Отсюда мы можем предположить, что благодаря уменьшению коэффициенту теплопередачи уменьшатся и потери теплоты в холодный период года через ограждающую конструкцию – крышу. Согласно [2] проверим, это расчетом тепловых потерь  $Q_{ТП}$ , также для Санкт-Петербурга, Воронежа и Сочи. Результаты приведены в таблице 5 и на диаграмме 1.

Определение тепловых потерь через кровлю :

$$Q_{ТП} = K \cdot F \cdot (t_B - t_H) \cdot n, \quad (4)$$

где  $F$  – площадь крыши;  $t_B$  – температура внутреннего воздуха;  $t_H$  – температура наружного воздуха;  $n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху

Таблица 5

Расчетные характеристики влияющие на уменьшение тепловых потерь благодаря использованию «зеленой» крыши

Город	Тепловые потери через кровлю			Стоимость 1кВт/час (1 у.в.е.)	Стоимость $Q_{ТП}$ через крышу (у.в.е.), $S$ крыши = 1000 м <sup>2</sup>		
	Обычная крыша	Зеленая крыша № 1	Зеленая крыша № 2		Обычная крыша	Зеленая крыша № 1	Зеленая крыша № 2
Санкт-Петербург	1036,8	923	1010,8	1 у.в.е.	10368 1 у.в.е.	9230 1 у.в.е.	10108 1 у.в.е.
Воронеж	1080	923	1032,4	1 у.в.е.	10800 1 у.в.е.	9230 1 у.в.е.	10324 1 у.в.е.
Сочи	1661,4	1684,8	1661,4	1 у.в.е.	16614 1 у.в.е.	16848 1 у.в.е.	16614 1 у.в.е.

Примечание: 1 у.в.е. - одна универсальная валютная единица, позволяющая в разные периоды времени узнать точную стоимость теплотерь, и равная стоимости 1 кВт/час в конкретном городе в конкретный временной период.

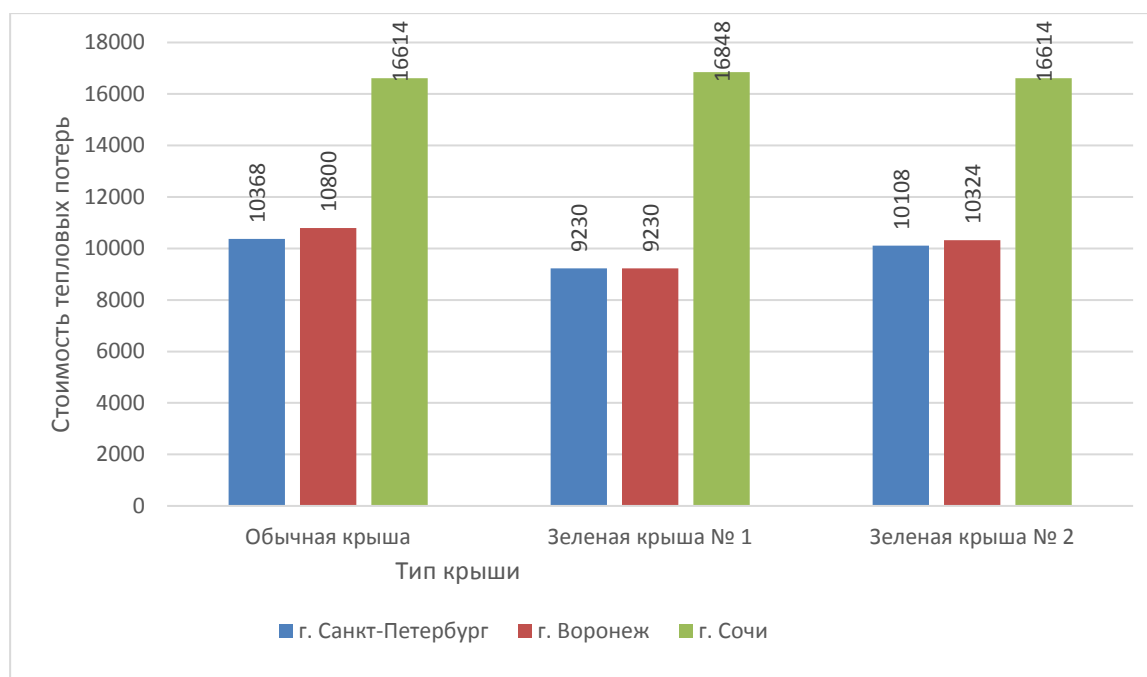


Рис. 4. Диаграмма стоимости тепловых потерь через крышу

Как мы видим из таблицы 5 в частности в столбцах «стоимость  $Q_{ТП}$ » и из диаграммы «стоимость  $Q_{ТП}$ », затраты на тепловые потери в г. Санкт-Петербурге и в г. Воронеже снижаются при применении «зеленых» крыш, а в г. Сочи либо остаются на том же уровне, что и «стандартная» крыша, либо увеличиваются.

**Вывод.** Полученные результаты наглядно показывают, что озеленение крыши в г. Санкт-Петербург и в г. Воронеж способствуют решению таких проблем как, уменьшение теплопотерь через ограждающие конструкции- крыши; уменьшение коэффициента теплопередачи кровли; увеличение озелененных площадей города. Способствует экономии денежных средств при отоплении зданий и оказывает благоприятное влияние на экологическое и эстетическое состояние крупных городов – г. Воронежа в частности [3, 4, 5] .

#### Библиографический список

1. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*- М.: Москва. 2011. – 109 с.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.- М.: Москва. 2012. – 95 с.
3. Мелькумов, В. Н. Моделирование структуры инженерных сетей при территориальном планировании города / В. Н. Мелькумов, С. В. Чуйкин, А. М. Папшицкий, К. А. Скляр // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2015. – №2(38). – С.41-48.
4. Тульская, С. Г. Формирование городской территории при градостроительном проектировании / С. Г. Тульская, А. А. Чуйкина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2015. - № 1(1). – С. 9-20.
5. Колосов, А. И. Реструктуризация городских систем газоснабжения / А. И. Колосов, М. Я. Панов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2014. - 4 (17). – С. 18-25.

#### References

1. SP 42.13330.2011 Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih poselenij. Ak-tualizirovannaja redakcija SNiP 2.07.01-89\*- M.: Moskva. 2011. – 109 s.
2. SP 50.13330.2012 Teplovaja zashhita zdaniy. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 23-02-2003.- M.: Moskva. 2012. – 95 s.
3. Mel'kumov, V. N. Modelirovanie struktury inzhenernyh setej pri territorial'nom planirovanii goroda / V.N. Mel'kumov, S.V. Chujkin, A.M. Papshickij, K.A. Skljarov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2015. – №2(38). – S.41-48.
4. Tul'skaja, S. G. Formirovanie gorodskoj territorii pri gradostroitel'nom proektirovanii S. G. Tul'skaja, A. A. Chujkina // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2015. - № 1(1). – S. 9-20.
5. Kolosov, A. I. Restrukturizacija gorodskih sistem gazosnabzhenija / A.I. Kolosov, M.Ja. Panov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. 2014. - 4 (17). – S. 18-25.

## THE ADVANTAGES OF "GREEN" ROOF WITH A VIEW THERMAL CHARACTERISTICS OF BUILDING ENVELOPES

S. I. Kulpin

*Voronezh State Technical University*

*S. I. Kulpin, master of Housing and Communal Services*

*Russia, Voronezh, tel.: +7(910)738-42-38, e-mail: serezhakulpin@mail.ru*

**Statement of the problem.** In the context of contemporary problems of reducing heat losses through the enclosing structures more increases the relevance of search engineering design solutions to this problem. The crucial task becomes a detailed study of various types of enclosing structures and identify the most optimal and appropriate affecting the environment of technologies for the creation of overlaps.

**Results.** It was a theoretical study that compared the building envelope, particularly the roof, of different types in the following cities: Saint Petersburg, Voronezh, Sochi. Would, if determined heat transfer coefficients of the slab, the required thickness of insulation and heat losses, expressed in monetary terms.

**Conclusions.** Conversion design of roofs should have a beneficial effect on heat-physical parameters of the slabs.

**Keywords:** the heat loss, the roof, the heat transfer coefficient, the thickness of the insulation, landscaping.

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

УДК 624.01

### ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВОЗВЕДЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. И. Гришанович

*Воронежский государственный технический университет*

*А. И. Гришанович, аспирант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

**Постановка задачи.** При проектировании и строительстве спортивных сооружений с зальными помещениями возникает комплекс сложных архитектурных и инженерных задач. Для создания комфортных условий в зале, обеспечения требований технологии, акустики, изоляции, вентиляции его от других помещений и окружающей среды определяющее значение приобретает конструкция покрытия зала. Так же рассмотрение этих уникальных, эффективных конструкций на силовые и не силовые воздействия, сложность их расчетов и монтажа.

**Результаты и выводы.** В ходе подробного анализа было выявлено то, что влияние висячие конструкции эффективны для большепролетных спортивных сооружений. Достоинства этих покрытий: наиболее полное использование несущей способности высокопрочных сталей, совмещение в одной конструкции несущих и ограждающих функций, благодаря которому дополнительно снижается масса покрытия, сейсмостойкость.

**Ключевые слова:** спортивные сооружения, большепролетны конструкции, висячие покрытия, нагрузки, гибкая нить, стальные канаты, мембранные покрытия.

**Введение.** Пространственные конструкции висячего типа вследствие малого веса, экономного расхода материалов и высоких архитектурных качеств являются весьма эффективными для покрытий, применяемых в производственных и общественных зданиях. Экономичность этих конструкций связана с рациональным использованием высокопрочных сталей, с совмещением несущих и ограждающих функций и с лучшим использованием в ряде случаев объемов сооружений для увеличения конструктивной высоты.

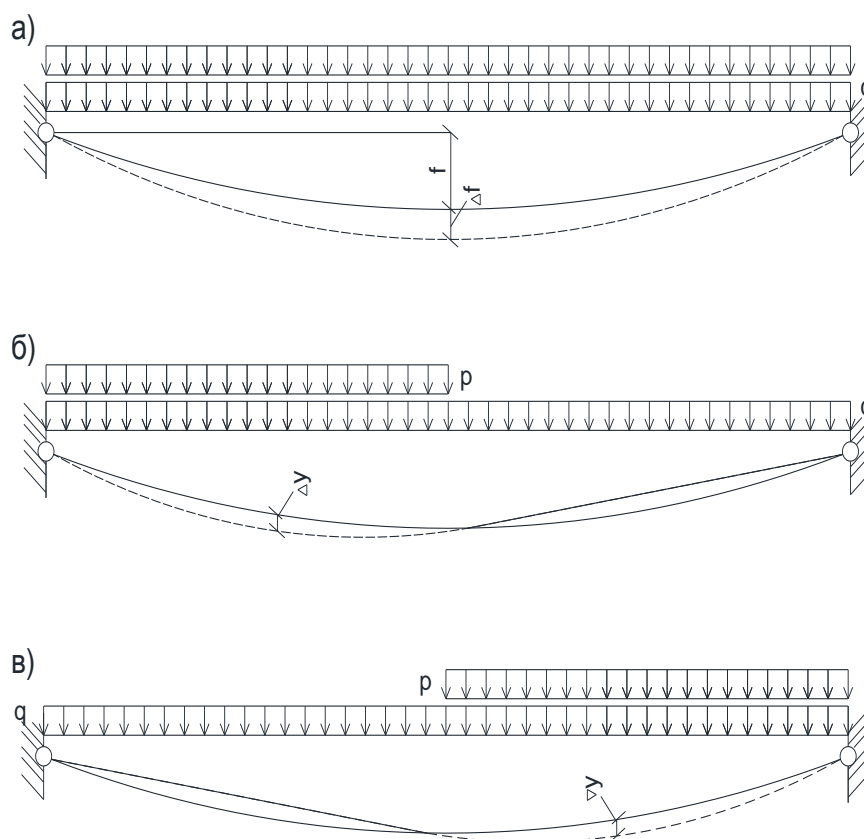
Перекрытие больших площадей с помощью висячих конструкций позволяет освободить помещение от промежуточных опор и тем самым дает возможность лучше использовать перекрываемые площади [1, 3, 4].

Расчеты висячих и вантовых конструкций имеют ряд специфических особенностей, которые связаны со значительной геометрической нелинейностью работы (прежде всего распорных конструкций, подверженных кинематическим перемещениям S-образного изгиба), выбыванием из работы некоторых вант при отдельных загрузках некоторых схем (так называемая конструктивная нелинейность), повышенной значимостью предварительного напряжения и регулирования, специфическими условиями устойчивости пилонов, важностью вопросов аэродинамической устойчивости и воспринятая ветровых и сейсмических

воздействий, использованием высокопрочных стальных элементов в виде витых стальных канатов или пучков параллельных проволок. Применяемые в мостах (кроме трубопроводных) стальные канаты должны быть проверены на выносливость по действующим нормам [1, 2].

### 1. Проектирование уникальных конструкций.

**1.1. Конструктивные особенности висячих покрытий.** При проектировании висячих покрытий следует учитывать их высокую деформативность. Дополнительные провесы (прогибы) гибкой нити определяются двумя причинами: упругими удлинениями нити при ее растяжении (рис. 1а) и кинематическими перемещениями. Нить всегда стремится наилучшим образом приспособиться к нагрузке, поэтому ее конфигурация при изменении положения поперечной нагрузки всякий раз меняется (рис. 1б, 1в) и, казалось бы, ценное качество превращается в основной недостаток, требующий применения специальных мер по сохранению формы (стабилизации) нити. Другим важным фактором является необходимость уравновесить растягивающие усилия в нитях путем создания опорного контура с элементами, работающими на сжатие. Именно эти обстоятельства и стремление к их преодолению явились причиной большого разнообразия конструктивных форм висячих покрытий.



**Рис. 1.** Дополнительные провесы гибкой нити: а) вызванные упругими удлинениями; б), в) то же, кинематическими перемещениями

Единая терминология и система классификации висячих покрытий пока еще не сложилась, поэтому мы условно будем делить их на пять групп:

1. Однопоясные системы (рис. 2а), представляющие собой параллельно или радиально расположенные нити, по которым уложены ограждающие конструкции. Последние должны быть достаточно тяжелыми для того, чтобы доли локальной снеговой нагрузки и ветрового отсоса были малы по сравнению с постоянной нагрузкой и не сильно влияли на кинематические перемещения. Обычно это железобетонные плиты. Для дополнительной стабилизации

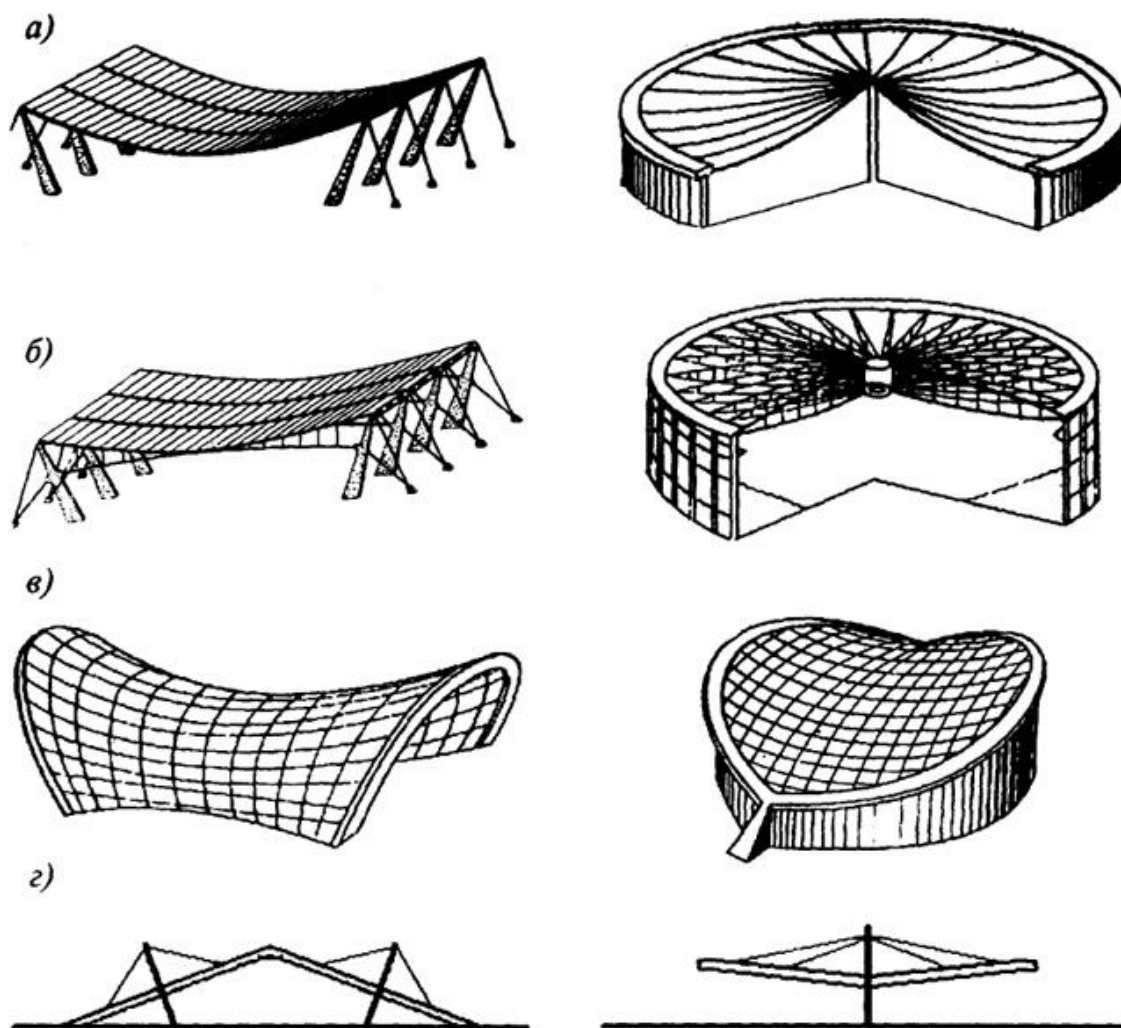
плиты до замоноличивания швов могут быть пригружены временной монтажной нагрузкой, которая после набора бетоном прочности снимается. Это позволяет превратить систему в предварительно сжатую железобетонную оболочку. Аналогичный результат можно получить при использовании для замоноличивания швов расширяющегося цемента. Другим вариантом стабилизации покрытий на основе однопоясных систем является применение нитей конечной жесткости, выполненных из прокатных профилей в виде сплошностенчатых либо сквозных конструкций.

2. В двухпоясных системах висячих покрытий (рис. 2б) стабилизацию осуществляют путем введения дополнительной нити, которая через подвески (распорки) или решетку догружает несущую нить.

3. В перекрестных системах висячих покрытий двойкой кривизны (рис. 2в) стабилизирующие нити располагают перпендикулярно или под углом к несущим. Форму поверхности перекрестных систем обычно принимают в виде гиперболического параболоида (гипара).

4. Мембранные покрытия не содержат в своем составе канатов, их выполняют из листовой стали, сочетающей несущие и ограждающие функции.

5. Конструкции комбинированных вантовых покрытий (рис. 2г) весьма разнообразны. Их характерной особенностью является наличие жесткой конструкции, поддерживаемой вантами [1, 2, 3].



**Рис.2.** Системы висячих покрытий: а) однопоясные; б) двухпоясные; в) перекрестные; г) комбинированные

## 1.2. Основные нагрузки.

**1.2.1. Постоянные нагрузки.** К таким нагрузкам относят собственный вес несущих и ограждающих конструкций покрытия. Вес ограждающих конструкций (пароизоляции, утеплителя, выравнивающего слоя, гидроизоляционного ковра) принимают по фактическим весам составляющих элементов кровли. Вес несущих конструкций на первом этапе устанавливают ориентировочно, при этом можно пользоваться приведенными ниже рекомендациями, если нет более точных данных. При большой разнице между предварительно назначенными и полученными в результате расчетов значениями постоянных нагрузок производят повторный расчет несущих конструкций. Постоянные нагрузки обычно принимают равномерно распределенными по покрытию.

В одноярусных покрытиях с железобетонными плитами вес канатов составляет  $0,06...0,08 \text{ кН/м}^2$ , а вес железобетонных плит колеблется от  $0,8 \text{ кН/м}^2$  для ребристых плит толщиной 2,5 см до  $2 \text{ кН/м}^2$  – для монолитных плит толщиной 8 см. В покрытиях с жесткими нитями собственный вес нити составляет  $0,3...0,4 \text{ кН/м}^2$ . Вес щитов, поддерживающих кровлю, зависит от их конструкции. В мембранных покрытиях суммарный собственный вес оболочки и стабилизирующих конструкций составляет около  $0,4 \text{ кН/м}^2$  при толщине оболочки 4 мм и около  $0,6 \text{ кН/м}^2$  при толщине оболочки 6 мм. Для двухъярусных систем и седловидных сеток собственный вес нитей (без учета веса щитов) составляет  $0,05...0,12 \text{ кН/м}^2$ .

**1.2.2. Временные длительно действующие нагрузки.** К таким нагрузкам относят вес подвесного потолка, вентиляционного и осветительного оборудования, смотровых площадок и т.п. Эти нагрузки обычно составляют  $0,1...0,3 \text{ кН/м}^2$ .

**1.2.3. Кратковременные нагрузки.** Ветровую нагрузку вычисляют по общим правилам в соответствии с рекомендациями СНиП. При этом аэродинамический коэффициент можно определять по рис. 3. На подавляющей части поверхности большинства покрытий действует ветровой отсос, достигающий  $0,2...0,6 \text{ кН/м}^2$ . В легких покрытиях отсос ветра может привести к динамической неустойчивости вплоть до полного вывертывания покрытия. Поэтому необходимо предусмотреть стабилизирующие конструкции, догружающие несущие нити до эквивалентной равномерно-распределенной нагрузки, превышающей ветровой отсос. Для покрытий, постоянная нагрузка которых составляет  $1,5...2 \text{ кН/м}^2$ , а края по всему покрытию закреплены, проверку на ветровую нагрузку можно не производить.

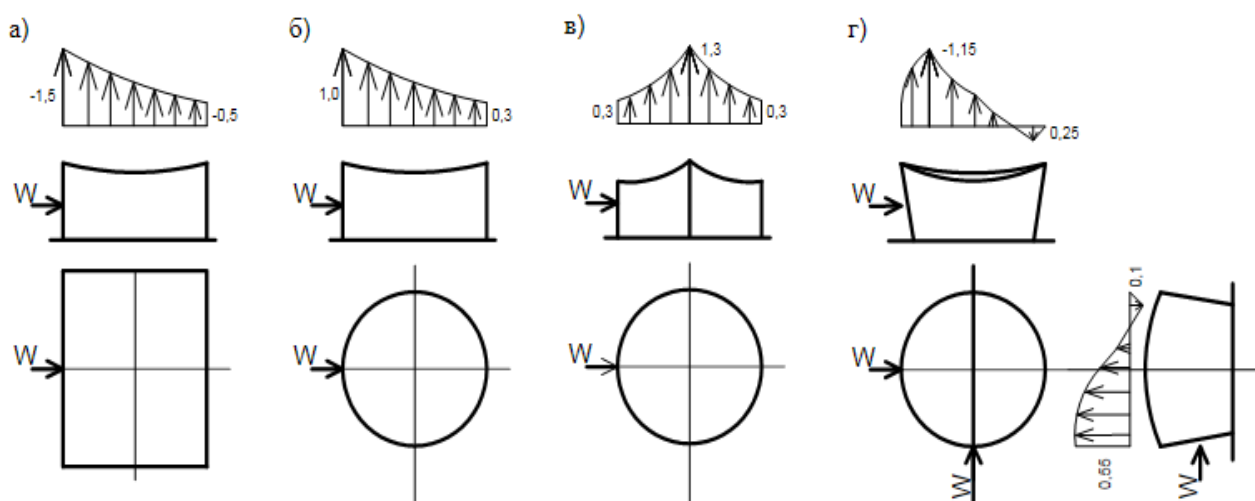
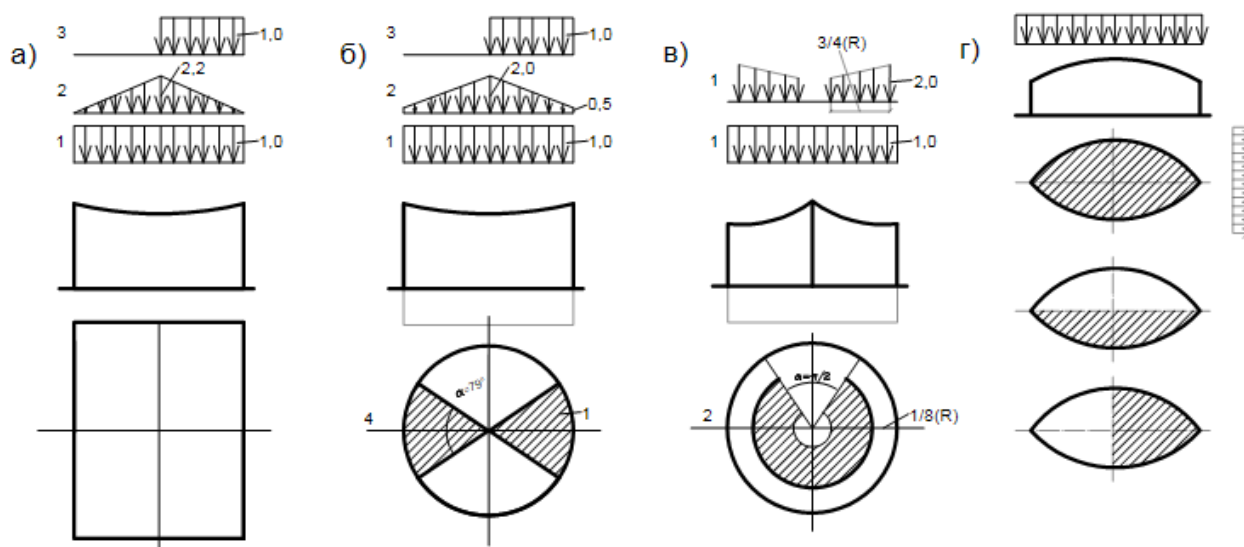


Рис. 3. Аэродинамический коэффициент при покрытиях: а) цилиндрическом; б) чашеобразном (вогнутом); в) шатровом; г) в виде гипара

Снеговую нагрузку на покрытие также следует принимать по СНиП [5], рассматривая ее в виде равномерно распределенной по всему покрытию и в других вариантах распределения [6], показанных на рис. 4. [1, 2].



**Рис. 4.** Распределение снега по покрытию: а) цилиндрическому; б) чашеобразному (вогнутому); в) шатровому; 1...4 - варианты загрузки

**1.3. Расчет висячих покрытий.** Расчет висячих конструкций производится по методу предельных состояний:

I. По несущей способности в случаях:

- достижения вантами или мембраной расчетного сопротивления;
- достижения опорной или ограждающей конструкцией покрытия расчетного сопротивления с учетом в необходимых случаях продольного изгиба и с проверкой устойчивости формы равновесия конструкций (при необходимости опорная конструкция должна быть проверена на опрокидывание или сдвиг);
- возможности утраты натяжения вантами, то есть их исключения из работы покрытия.

II. По предельным деформациям или перемещениям в случаях:

- когда величина деформаций (в том числе местных искривлений) или перемещений покрытия может ограничить возможность эксплуатации сооружения или привести к расстройству кровли;
- по образованию или раскрытию трещин в случаях, когда удлинения вант превышают предельную растяжимость ограждающей конструкции покрытия.

Как правило, I предельное состояние является расчетным для опорного контура и оттяжек; II – для пролетных конструкций и для железобетонных висячих оболочек.

Расчет висячих покрытий и их элементов по I предельному состоянию должен быть произведен для стадий изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации; расчет по II предельному состоянию производится для стадии эксплуатации.

Расчет сборно-монолитных железобетонных конструкций висячих покрытий должен производиться для следующих 2-х стадий их работы:

До приобретения монтажным бетоном заданной прочности – на монтажные нагрузки.

После приобретения монолитным бетоном заданной прочности – на эксплуатационные нагрузки [5, 6, 7].



## **2. Особенности возведения и изготовления элементов висячих покрытий.**

**2.1. Монтаж конструкций.** Отличительной особенностью висячих покрытий является монтаж их без коренных лесов и сплошных подмостей. Ограждающие элементы покрытия в процессе монтажа укладываются на ванты, закрепленные до этого в опорной конструкции.

Регулировку вантовых сетей, не подвергаемых предварительному напряжению, рекомендуется вести в два этапа:

- предварительная установка вант по разметочным рискам без пригрузки;
- окончательная регулировка вант при частичной или полной пригрузке плитами.

Частичное нагружение на втором этапе регулировки позволяет исключить влияние прогибов вант, возникающих при транспортировке и монтаже, и устранить неизбежные отклонения от номинальных размеров элементов покрытия при действии относительно небольших усилий в вантах.

При монтаже висячих покрытий с радиальной сеткой вант и горизонтальным подходом вант к центральному кольцу его рекомендуется устанавливать на монтажном помосте на отметке, подсчитанной, исходя из провисания вант, по квадратной параболе. При этом после укладки всех плит ванты провиснут по кубической параболе и центральное кольцо самопроизвольно поднимается над монтажным помостом. Регулировку и предварительное напряжение седловидных вантовых сетей рекомендуется вести в несколько этапов, чтобы на каждом этапе величина изгибающих моментов в опорном контуре не превышала его несущей способности. Предварительное напряжение радиальных и вогнутых перекрестных сетей производится после укладки сборных плит. Заливка швов между плитами производится либо до, либо после предварительного напряжения вант. Если напряжение вант производится с помощью домкратов, то замоноличивание стыков между плитами производится до натяжения вант. В этом случае ванты располагаются в каналах, заполняемых раствором после окончания натяжения.

При предварительном напряжении вант с помощью монтажной нагрузки (пригрузки), укладываемой на плиты или подвешиваемой к вантам, или с помощью временных оттяжек, закрепленных в полу перекрываемого здания, замоноличивание стыков между плитами производится после предварительного натяжения вант. Обжатие оболочки покрытия в этом случае осуществляется после снятия пригрузки.

Предварительное напряжение шатровых и седловидных покрытий, образованных путем укладки сборных плит на вантовую сеть, с целью обеспечения их монолитности и повышенной жесткости рекомендуется производить в следующей последовательности:

- 1) укладка и закрепление плит покрытия на смонтированной и выверенной вантовой сети;
- 2) пригрузка покрытия нагрузкой на 10 % больше расчетной одним из возможных способов, например, указанных в п. 4.7 настоящих Рекомендаций;
- 3) замоноличивание межплиточных швов, располагаемых нормально к провисающим вантам, т.е. швов кольцевого направления - в шатровых покрытиях и швов, расположенных вдоль стабилизирующих вант, - в седловидных покрытиях;
- 4) освобождение покрытия от временного пригруза после набора бетоном в швах 80 % прочности;
- 5) замоноличивание всех оставшихся межплиточных швов покрытия.

При образовании оболочки покрытия возможно применение предварительно напряженных плит, арматура которых включается в работу совместно с вантами. В этом случае выгоднее плиты делать длинными вдоль пролета. Выпуски продольной арматуры должны быть состыкованы на сварке или резьбовых муфтах и закреплены на контуре.

Наиболее технологичным методом возведения мембран является создание мембран на нулевой отметке с последующим подъемом на проектный уровень при помощи систем домкратов, полиспаатов или кранов.

Готовые, полученные с завода ванты необходимо хранить в крытом помещении на настиле и периодически осматривать, чтобы своевременно принять меры по предохранению их от коррозии.

Если проектом предусматривается создание сцепления вант с бетоном или защита вант от коррозии в период эксплуатации сооружения бетоном или цементным раствором, то непосредственно перед монтажом ванты должны быть тщательно очищены от противокоррозийной смазки.

В случаях, когда ванты, установленные в конструкцию и очищенные от противокоррозийной смазки, в процессе производства работ могут в течение длительного времени подвергаться атмосферным воздействиям, они должны быть временно защищены от коррозии. Для временной защиты от коррозии ванты рекомендуется покрывать антикоррозийным составом в соответствии с «Указаниями по защите арматуры железобетонных конструкций от коррозии».

При изготовлении вант из стальных канатов канат следует резать способом, при котором его проволоки сохраняют свои физико-механические свойства. Электродуговая резка каната, а также производство сварочных работ в непосредственной близости от каната не допускаются. Резка каната на барабанах или в бухте автогеном запрещается. Длина заготовки вант из стержневой стали, подвергаемой упрочнению вытяжкой с контролем удлинений и напряжений, должна определяться на основании пробных испытаний.

После устройства концевых анкеров ванты должны быть испытаны, а при использовании стальных канатов подвергнуты предварительной обтяжке. Перед монтажом вант производится исполнительная геодезическая съемка опорного контура и проверяется соответствие фактических и проектных размеров и отметок. Проверяется также разбивка закладных трубок для пропуска вант, особенно шаг между смежными сборными элементами опорного контура. [1, 7, 8].

**2.2. Материалы для конструкций.** Для изготовления вант и гибких элементов опорной конструкции рекомендуется применять:

а) канаты стальные, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 3241-66. Канаты стальные делятся на: спиральные однопрядные с металлическим сердечником по ГОСТам 3062-69; 3063-66; 3064-66; 3065-66; двойной свивки (тросы) по ГОСТам 3066-66; 3067-66; 3068-66, 3081-69, 7669-69; спиральные закрытые по ГОСТам 3090-55; 7675-55, 7676-55;

б) канаты стальные двухпрядные, удовлетворяющие требованиям «Временных технических условий на двухпрядные канаты, предназначенные для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций» (ЧМТУ/ЦНИИЧМ 258-60);

в) арматурные пучки и пряди из высокопрочной проволоки по ГОСТ 7348-63; 8480-63; 7372-66;

г) горячекатаную арматурную сталь периодического профиля классов А-III, А-IV, А-V, А-IIв и А-IIIв.

При выборе классов и марок стали в зависимости от категории покрытия и условий его эксплуатации необходимо соблюдать требования ПП 2.10 - 2.16, СНиП II-V.1-62\*, табл. 2.5 «Инструкции по проектированию железобетонных конструкций» 1968 г. и «Указаний по применению в железобетонных конструкциях стержневой арматуры» СН 390-69. В примечании следует:

1. Стальные канаты и пряди для устранения неупругих деформаций должны быть подвергнуты предварительной вытяжке усилием, равным 65 % от разрывного, в продолжении не менее 30 мин.

2. Применение канатов пучков и прядей из проволок диаметром менее 1,5 мм не допускается.

3. Рекомендуется преимущественно применять однопрядные спиральные канаты двойной свивки (тросы) с увеличенным шагом свивки, линейным касанием проволок, односторонней свивкой, нераскручивающиеся. По согласованию с заводом-поставщиком рекомендуется шаг свивки принимать для проволок в прядях до 16 диаметров пряди, для прядей в канатах – до 14 диаметров каната.

Разрешается применение в качестве вант и гибких элементов опорной конструкции горячекатаной арматурной стали классов А-I, А-II, обыкновенной арматурной проволоки по ГОСТ 6727-53, а также полосовой и фасонной стали.

Допускается для вант и гибких элементов опорной конструкции применять осваиваемые промышленностью новые специальные виды арматурных сталей в соответствии с указаниями нормативных документов на применение этих сталей.

Для висячих покрытий мембранного типа рекомендуется применять горячекатаную рулонную сталь по ГОСТ 8597-57 углеродистую обыкновенного качества марки ВСтЗ и ВСтЗпс по ГОСТ 380-60, механические свойства которой удовлетворяют требованиям ГОСТ 501-58.

Допускается применение горячекатаной прокатной тонколистовой стали по ГОСТ 3680-57 и горячекатаной тонколистовой кровельной, оцинкованной и декапированной стали по ГОСТ 8075-56 марок, указанных в п. 2.10, механические свойства которых удовлетворяют требованиям ГОСТ 501-58, 1393-47, 7118-54, 1386-47, а также стали листовой для изготовления вертикальных сварных резервуаров для хранения нефтепродуктов по ЧМТУ 5232-55.

При соответствующем обосновании допускается также применение горячекатаной стали низколегированной конструкционной по ГОСТ 501-58, 5058-65, тонколистовой качественной углеродистой конструкционной по ГОСТ 914-56, тонколистовой легированной конструкционной по ГОСТ 1542-54 и тонколистовой коррозионно-стойкой по ГОСТ 5582-61 всех вышеприведенных сортов.

Разрешается для висячих покрытий в виде мембран применять рулоны, листы и ленты из алюминиевых сплавов по соответствующим стандартам. В этом случае необходимо соблюдать указания главы СНиП II-V.5-64.

**Выводы.** Преимуществами висячих покрытий являются: полное использование несущей способности высокопрочных сталей и как следствие малый собственный вес и сравнительно низкая стоимость несущих конструкций (увеличение прочности стали опережает рост ее стоимости); разнообразие форм и архитектурная выразительность зданий; транспортабельность элементов висячих покрытий (тросов в бухтах, металлических оболочек - в рулонах); удобство монтажа (почти без лесов и подмостей, без кранов большой грузоподъемности); высокая сейсмостойкость.

К недостаткам висячих покрытий относятся: повышенная деформативность; необходимость устройства дополнительных конструкций для восприятия распора; относительная трудность водоотвода.

#### Библиографический список

1. **Горев, В. В.** Металлические конструкции. Конструкции здания : Учеб. для строит вузов / В. В. Горев и др. – М.: Высш. шк., 2002. –528 с.
2. **Кривошапко, С. Н.** Висячие тросовые конструкции и покрытия сооружений / С. Н. Кривошапко // Российский университет дружбы народов. Строительство уникальных зданий и сооружений. - 2015. - №7.- С.52-65.
3. **Агеева, Е. Ю.** Большепролетные спортивные сооружения: архитектурные и конструктивные особенности.: Учебное пособие / Е. Ю. Агеева, М. А. Филиппова. –Н. Новгород: Издательство Нижегородского гос. архит.– строительного университета, 2014. –84 с.

4. **Кривошапко, С. Н.** Выдающиеся пространственные сооружения последних 20 лет / С. Н. Кривошапко, И. А. Мамиева // Монтажные и специальные работы в строительстве. - 2012. - № 12. - С. 8-14
5. **Гришанович, А. И.** Варианты применения уникальных конструкций покрытия для большепролетных спортивных сооружений / А. И. Гришанович // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2016. - №2(3). - С.45-51.
6. **Мелькумов, В. Н.** Организация воздухораспределения крытых многофункциональных ледовых арен / В. Н. Мелькумов, С. В. Чуйкин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2012. - № 3. - С. 28-36.
7. **Чуйкин, С. В.** Характерные особенности организации микроклимата крытых ледовых арен / С. В. Чуйкин, О. В. Свищев, В. С. Шерстобитова, Ю. А. Соя // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. -2012. - № 4 (9). - С. 59-67.

## References

1. **Gorev, V. V.** Metallicheskie konstrukcii. Konstrukcii zdanija : Ucheb. dlja stroit vuzov / V. V. Gorev i dr. - М.: Vyssh. shk., 2002. -528 s.
2. **Krivoshapko, S. N.** Visjachie trosovyje konstrukcii i pokrytija sooruzhenij / S. N. Krivoshapko // Ros-sijskij universitet družby narodov. Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniij i sooruzhenij. - 2015. - №7.- S.52-65.
3. **Ageeva, E. Ju.** Bol'sheproletnye sportivnye sooruzhenija: arhitekturnye i konstruktivnye osobennosti.: Uchebnoe posobie / E. Ju. Ageeva, M. A. Filippova. -N. Novgorod: Izdatel'stvo Nizhegorodskogo gos. arhit.-stroitel'nogo universiteta, 2014. -84 s.
4. **Krivoshapko, S. N.** Vydajushhiesja prostranstvennye sooruzhenija poslednih 20 let / S. N. Krivashap-ko, I. A. Mamieva // Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve.- 2012.- № 12.- S. 8 -14
5. **Grishanovich, A. I.** Varianty primeneniya unikal'nyh konstrukcij pokrytija dlja bol'sheproletnyh sportivnyh sooruzhenij / A. I. Grishanovich // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2016. - №2(3). - S.45-51.
6. **Mel'kumov, V. N.** Organizacija vozduhoraspredelenija krytyh mnogofunktional'nyh ledovyh aren / V. N. Mel'kumov, S. V. Chujkin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2012. - № 3. - S. 28-36.
7. **Chujkin, S. V.** Harakternye osobennosti organizacii mikroklimate krytyh ledovyh aren / S. V. Chujkin, O. V. Svishhev, V. S. Sherstobitova, Ju. A. Soja // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. -2012. - № 4 (9). - S. 59-67.

## FEATURES OF DESIGNING AND ERECTING UNIQUE THE ROOF STRUCTURES FOR LARGE-SPAN SPORTS FACILITIES

I. A. Grishanovich

---

*Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering*

*I. A. Grishanovich, Ph. D. student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business*

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

---

**Statement of the problem.** In the design and construction of sports facilities with indoor facilities there is a complex architectural and engineering problems. To create a comfortable environment in the hall, ensuring technology requirements, acoustics, insulation, ventilation from other areas and the environment, determining importance is the design of the cover of the hall. The consideration of these unique and efficient designs for power and not the power of influence, the complexity of their calculations and installation.

**The results and conclusions.** In a detailed analysis revealed that the influence of the suspension design is effective for long-span sports facilities. The advantages of these coatings: the most complete use of the bearing capacity of high-strength steels, combining in one design of bearing and enclosing functions, due to which additionally reduces the weight of the coating, earthquake resistance.

**Keywords:** sport facilities, large-span structures, hanging covers, load, flexible string, wire ropes, membrane coating.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ, БАЗ И ХРАНИЛИЩ

УДК 624.9

### ПРИЁМ И ОТПУСК НЕФТЕПРОДУКТОВ НА НЕФТЕБАЗАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТРАНСПОРТА

С. Г. Тульская, А. А. Чуйкина, Е. С. Аралов

*Воронежский государственный технический университет*

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

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)271-53-21, e-mail: tcdmkfj2014@yandex.ru*

*А. А. Чуйкина, аспирант кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

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

*Е. С. Аралов студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)125-29-96, e-mail: demetr\_56@mail.ru*

**Постановка задачи.** Технологические процессы по приему и отпуску нефтепродуктов осуществляется с учетом вида транспорта, которым доставляется продукт. При выборе вида транспорта руководствуются физико-химическими свойствами, сезонностью работы, сроком доставки, годовой грузооборотностью нефтебазы. Каждый вид транспортного средства имеет свои особенности по приему и отпуску нефтепродукта на нефтебазах.

**Результаты и выводы.** В данной статье приведена технология и организация приема и отпуски нефтепродуктов на нефтебазах для различного вида транспорта. Рассмотрены операции слива и налива нефтепродукта в железнодорожные цистерны, автоцистерны и наливные суда. Правильно организованная операция по приему и отпуску нефтепродукта позволяет решить задачи транспортировки без значительных временных и финансовых затратах.

**Ключевые слова:** сливо-наливные устройства, нефтепродукт, железнодорожные цистерны, автоцистерны, наливные суда.

**Введение.** Россия является крупным поставщиком топливно-энергетических ресурсов на мировом рынке. Ресурсы распределены неравномерно, поэтому возникает необходимость транспортировки газа и нефтепродуктов на различные расстояния [2, 4, 7, 8, 12, 14].

При выборе вида транспорта руководствуются рациональностью, сезонностью работы, сроком доставки. В случае доставки нефтепродуктов на большие расстояния, перемещение нефтегрузов осуществляется несколькими видами транспорта. Вид и подготовка транспортных средств для налива и транспортирования нефти и нефтепродуктов устанавливается требованиями ГОСТ 1510-84 [1]. При этом во всех случаях выбора вида транспорта невозможно обойтись без сливо-наливных операциях (рис. 1).

Сливо-наливные операции – это технологические операций по приему и отпуску нефтепродуктов различной вязкости. В зависимости от свойств нефтепродуктов применяют открытые и закрытые системы слива (налива). При температуре вспышки более 120 °С применяют открытые сливо-наливные устройства, а если температура вспышки менее 120 °С применяют закрытые сливо-наливные устройства [9-12].

Для каждого вида транспорта прием-отпуск нефтепродуктов имеет свои особенности.



Рис. 1. Станции приема и отпуса нефти и нефтепродуктов

**1. Транспортные средства для транспортировки нефтепродуктов.** Транспортировка нефтепродуктов осуществляется различными видами транспорта:

- трубопроводным;
- железнодорожным;
- автомобильным;
- водным;
- воздушным.

В настоящее время в России транспортировку нефти и нефтепродуктов по трубопроводу осуществляют две компании:

- компания ОАО «Транснефть» транспортирует нефть;
- компания ОАО «Транснефтепродукт» транспортирует нефтепродукт.

У *трубопроводного транспорта* очень низкая себестоимость перекачки продукта. Но на сегодняшний день осуществить транспортировку по трубопроводу полноценно не возможно, так как требуется большой единовременный капитал вложить в строительство трубопровода от начальной станции и до конечного пункта. Недостаток - это крупные единовременные капитальные вложения в строительство, так как прежде чем начать использовать трубопровод, необходимо построить его от начальной точки и до конечного пункта.

Перевозка *железнодорожным транспортом* осуществляется в специальных стальных вагонах-цистернах грузоподъемностью 50, 60 и 120 тонн. В цистернах можно перевозить все виды нефти и нефтепродуктов. К недостаткам можно отнести довольно высокие эксплуатационные затраты и низкую эффективность использования подвижного состава, так как обратно цистерны идут порожними.

*Автомобильный транспорт* используют для перевозки нефти и нефтепродуктов только на небольшие расстояния. Для перевозки нефти автотранспорт используют редко. Основное применение автотранспорта, это доставка на АЗС, заводы, фабрики.

*Водный транспорт нефти* разделяется на речной и морской. По рекам продукт перевозится в баржах и танкерах. Морской транспорт нефтепродукта осуществляется морскими танкерами и супертанкерами. Грузоподъемность современных морских супертанкеров достигает миллиона тонн.

Транспортировка нефтепродукта *воздушным транспортом* используется очень редко, из-за высокой себестоимости. Его применяют только для снабжения нефтепродуктами отдельных пунктов на Крайнем Севере, Арктике. Доставка нефтепродуктов воздушным транспортом осуществляется в бочках.

**2. Станция налива в автоцистерны.** Для осуществления операции налива нефтепродуктов в автоцистерны используют стояки различных типов (рис. 2).

Налив продуктов в автоцистерны проводят через верхний налив (горловину), и через нижний налив автоцистерны (нижний патрубок).

При герметизированном верхнем налив автоцистерну закрывают крышкой с патрубком. Патрубок соединяется со шлангом для отвода паровоздушной смеси в специальные резервуары. Негерметизированный налив применяют при отгрузке низкотлетучих нефтепродуктов.

Наливные стояки оборудованы средствами автоматизации, чтобы предотвратить перелив автоцистерн. Клапаны-дозаторы и датчики уровня, позволяют производить отпуск заданного количества нефтепродукта.



Рис. 2. Классификация стояков для налива в автоцистерны

Наливные устройства применяются одиночные или объединенные в группы, с ручным и автоматизированным управлением. Станция налива образуется из группы наливных установок. Станции находятся под навесом, имеют от 4 до 12 наливных «островков», которые оборудованы стояками.

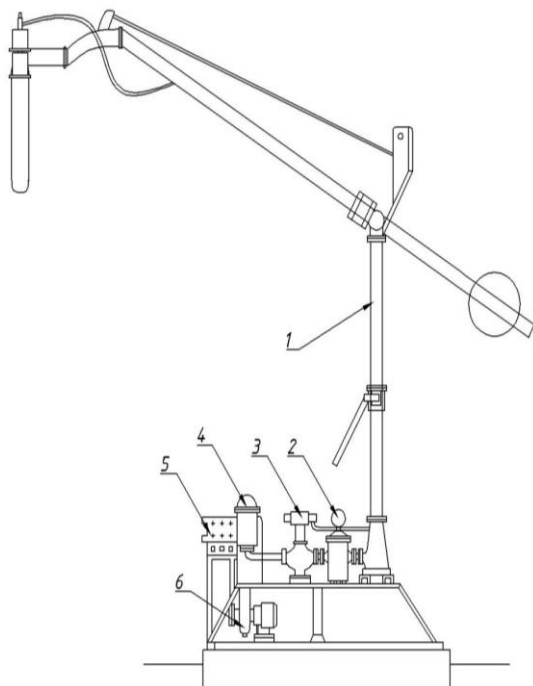
При нижнем наливе нефтепродуктов в автоцистерну необходимо вовремя прекратить подачу продукта. Несвоевременное прекращение приводит к переливу продукта и далее к разрушению цистерны.

В качестве примера рассмотрим установку автоматизированного налива с местным управлением типа АСН-5П (рис. 3). Установка состоит из наливного стояка типа НС-8П с датчиком уровня, счетчика 2, полуавтоматического клапана - дозатора 3 типа КДП-7Н, фильтра - воздухоотделителя 4 типа ФВО-100, насоса с электродвигателем 6 и пультом управления 5.

Для перевозки нефтепродуктов автомобильным транспортом количество наливных устройств определяется для каждого сорта нефтепродуктов по формуле:

$$N_{\text{автом.}} = \frac{G_{\text{сут.}} \cdot K_H}{\rho \cdot q_{\text{HV}} \cdot K \cdot \tau}, \quad (1)$$

где  $G_{\text{сут.}}$  – среднее суточное потребление нефтепродукта, т;  $K_H$  – коэффициент неравномерности потребления нефтепродуктов (см. табл.);  $\rho$  – плотность нефтепродукта, т/м<sup>3</sup>;  $q_{\text{HV}}$  – расчётная производительность наливных устройств, м<sup>3</sup>/ч;  $K$  – коэффициент использования наливных устройств, принимается  $K=0,7$ ;  $\tau$  – количество часов работы наливных устройств в сутки.



**Рис. 3.** Установка автоматического налива АСН-5П: 1-наливной стояк типа НС-8Н; 2-счётчик; 3-клапан-дозатор КДП-7Н; 4-фильтр- воздухоотделитель ФВО-100; 5-пульт управления наливом ПУН-3П; 6-насос 3К9 с электродвигателем КОМ-31-2

**3. Эстакада слива-налива из/в железнодорожные цистерны.** Эстакада является основным сооружением на железнодорожных путях. Эстакады бывают односторонние и двухсторонние, оборудованы наливными и сливными устройствами.

Слив нефтепродуктов из железнодорожных цистерн производится через сливной прибор, расположенный снизу цистерны. При неисправности сливного прибора операцию осуществляют через горловину.

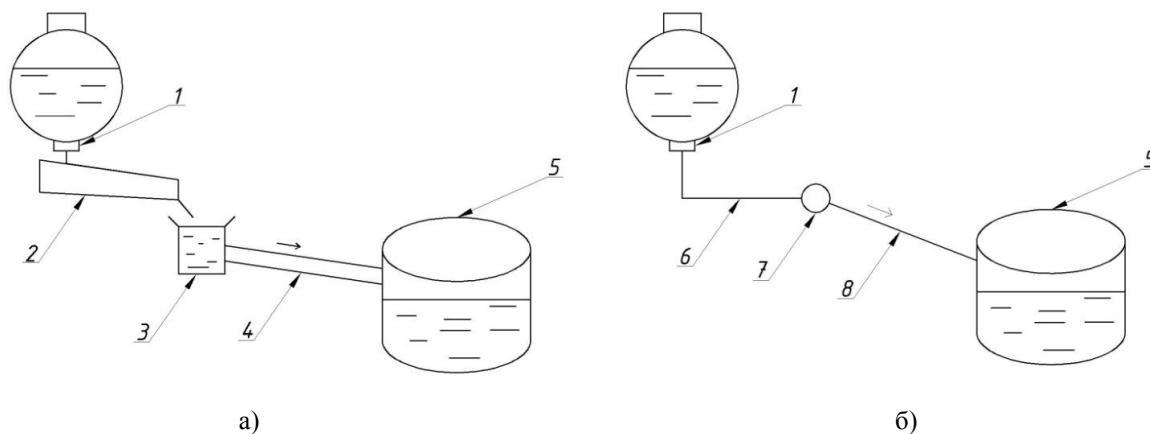
Операции делятся на: закрытый и открытый способы слива и налива цистерн.

При открытом самотечном сливе (рис. 4а) нефтепродукт через нижний сливной прибор 1 по сливным лоткам 2 поступает в центральный желоб 3, из которого по трубопроводу 4



стекает в расположенный ниже поверхности грунта приемный резервуар 5. Чтобы избежать потери на испарение сливают только низкоиспаряющиеся нефтепродукты.

При закрытом самотечном сливе (рис. 4б) нефтепродукт через нижний сливной прибор по гибким рукавам или шарнирно-сочлененные трубы 6, поступает в трубопровод-коллектор 7 и далее по наклонному трубопроводу 8 в приемный резервуар.



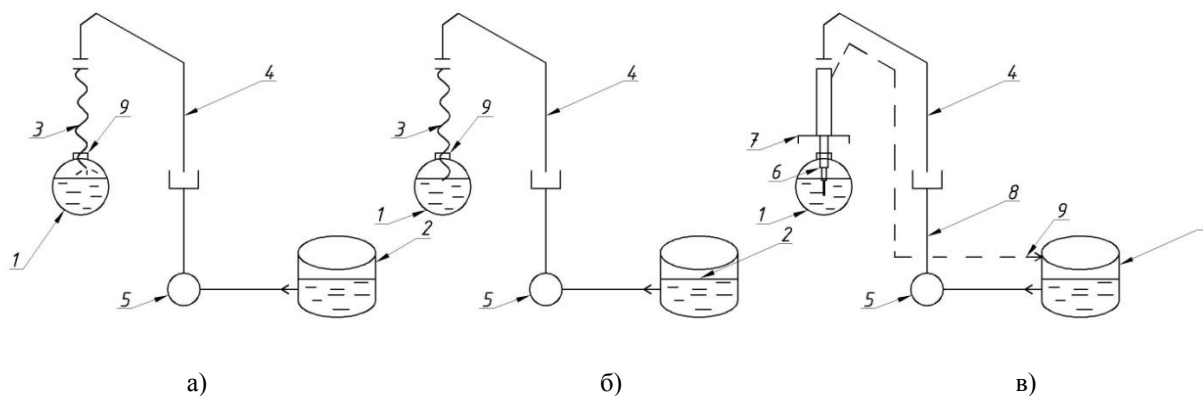
**Рис.4.** Схемы слива в железнодорожные цистерны: а) открытый способ; б) закрытый способ; 1- сливной прибор для нижнего исполнения; 2- лоток сливной; 3- желоб центральный; 4- трубопровод; 5- резервуар; 6- шарнирно-сочлененные трубы; 7- коллектор-трубопроводный; 8- трубопровод наклонный

Для операции налива цистерн существует несколько способов:

1. Налив открытой струей (рис. 5а). Струя нефтепродукта может соприкоснуться с воздухом. Такие взаимодействия приводят к повышению испарения светлых нефтепродуктов. Поэтому этот способ применяют очень редко и только при операциях с темными нефтепродуктами.

2. Налив закрытой струей (рис. 5б) происходит путем опускания шланга до дна железнодорожной цистерны. При таком способе воздух контактирует со струей нефтепродукта лишь в начале слива. Из этого следует, что потери бензина намного меньше в отличие от предыдущего способа.

3. Герметичный налив (рис. 5в) цистерн осуществляется при помощи специальных автоматизированных систем налива (АСН). Их главным отличием является наличие герметизирующей крышки 6, телескопической трубы 5 и линии 7 для отвода образовавшейся паровоздушной смеси.



**Рис.5.** Схемы налива в железнодорожные цистерны: а) открытый способ; б) закрытый способ; в) герметичный налив; 1- цистерна; 2- резервуар с нефтепродуктом; 3- шланг; 4- наливной стояк; 5- коллектор; 6- телескопическая труба; 7- крышка герметизирующая; 8- линия отвода; 9- паровоздушная смесь

Железная дорога может поставлять нефтепродукты, как маршрутами, так и одиночными цистернами. В случае больших объёмов груза используют маршрутный слив или налив. Расчетное число наливных маршрутов принятых или отгруженных за сутки

$$N_{\text{марш.}} = \frac{Q_i \cdot K_H \cdot K_1}{365 \cdot P_H}, \quad (2)$$

где  $Q_i$  – годовой грузооборот нефтепродукта, т/год;  $K_H$  – коэффициент неравномерности потребления нефтепродукта, принимается по таблице;  $K_1$  – коэффициент неравномерности подачи партий нефтепродукта (цистерн), принимается от 1,1 до 1,3;  $P_H$  – грузоподъемность маршрута, т.

Количество цистерн, прибывающих на нефтебазу за сутки, определяют по формуле:

$$N_{\text{цист.}} = \frac{Q_i \cdot K_H \cdot K_1}{365 \cdot q_H}, \quad (3)$$

$q_H$  – грузоподъемность одной цистерны, т.

Таблица

Коэффициент неравномерности потребления нефтепродукта

Характеристика районов потребления	Коэффициент неравномерности потребления нефтепродукта $K_H$	
	Все виды топлива	Масла, смазки
Промышленные города	1,0	1,3
Промышленные районы	1,1	1,5
Промышленность потребляет 70 %	1,2	1,8
Промышленность потребляет 30 %	1,5	2,0
Сельскохозяйственные районы	1,7	2,5

Число эстакад определяется по формуле:

$$\Xi = \frac{N_{\text{марш.}} \cdot \tau_{\text{э}}}{24}, \quad (4)$$

где  $\tau_{\text{э}}$  – необходимое время эстакады для обслуживания маршрута с учётом различных дополнительных операций, час.

**4. Сливно-наливная установка для судов.** Для соединения трубопроводов нефтебаз с наливными судами используют гибкие шланги. Они изготавливаются диаметром до 0,35 м и длиной 4 м, на рабочее давление до 1000 кПа. Самым главным недостатком таких шлангов является их прочность, при сливно-наливных операциях они часто разрываются, что приводит к значительным потерям нефтепродуктов.

В настоящее время на смену гибких шлангов приходят стендеры - конструкция из шарнирно-сочлененных трубопроводов, соединитель которой служит для присоединения берего-

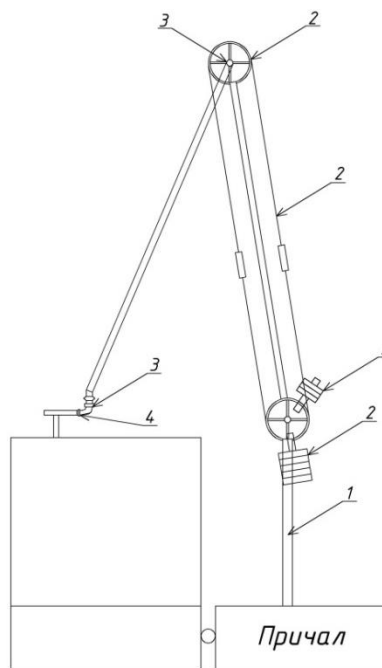
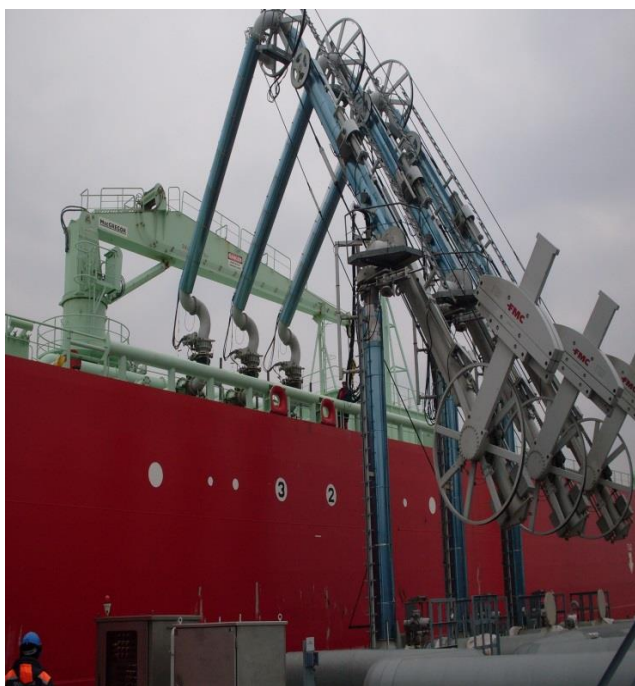
вых коммуникаций с приемо-сливными патрубками трубопроводов на нефтеналивном судне. Диаметр таких стендеров достигает 0,5 м, а рабочее давление в них - 1600 кПа. Стендеры имеют большую надежность, чем гибкие рукава и могут обеспечить большую производительность, как слива, так и налива. Стендеры делятся на два типа:

1) с ручным перемещением подвижных звеньев стендера (РС) с условным диаметром 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 м;

2) с автоматизированным управлением (АС) с условным диаметром 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5 м.

Рассмотрим принцип работы установки АСН6А-16 (рис.6). Установка с автоматизированным управлением, собрана из шести стендеров, которые расположены на причале по три с каждой стороны от кабины с пультом управления. От маслonaпорной станции, включающей напорный агрегат и азотный аккумулятор, к стендерам и пульту управления проложены гидрокommуникации. В пульте управления находятся блок золотников управляющие гидроприводами стендеров, селекторный блок золотников для последовательного управления каждым стендером и электрический пульт для управления маслonaпорной станцией и осуществления аварийной сигнализации. Стендер представляет собой устройство из семи трубзвеньев, соединенных шестью шарнирами. В исходном положении стендеры присоединены к фальшпатрубкам.

Установка налива и слива обеспечивает безопасность эксплуатации, быстрое и надежное присоединение береговых трубопроводов к наливным судам.



**Рис.6.** Общий вид установки АСН6А-16: 1-несущая стойка; 2-уравновешивающее устройство; 3-поворотные соединения; 4-соединительный фланец

Количество причалов, при транспортировке нефти и нефтепродуктов, определяется по формуле:

$$N_{\text{прич.}} = \frac{\sum \tau_i \cdot Q_i \cdot K_n}{365 \cdot q_c}, \quad (5)$$

где  $\sum \tau_i$  – суммарное время пребывания суда у причала, час;  $q_c$  – средний тоннаж нефтеналивных судов.

**Вывод.** Транспортировка нефтепродуктов осуществляется различными видами транспорта. Каждый вид транспорта должен быть оборудован устройством по приему и отпуску продукта. Прием и отпуск нефтепродуктов производится с помощью специальных установок, стояков налива, насосов. Устройства для слива-налива нефтепродуктов обеспечивают безопасность и обеспечивают наименьшее загрязнение окружающей среды [3, 5, 6, 9, 10].

Прием и отпуск нефтепродуктов сопровождается повышенной опасностью. Именно поэтому все установки для приема и отпуски нефтепродуктов должны обеспечивать пожарную безопасность и автоматически отключаться при заполнении автоцистерны или другой емкости.

#### Библиографический список

1. **ГОСТ 1510-84** Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение М.: Стандартиформ. -2006. -36 с.
2. **СНиП 2.11.03-93** Склады нефти и нефтепродуктов. противопожарные нормы Москва. - 1993. -22 с.
3. **Мелькумов, В. Н.** Пожарная безопасность взрывоопасных помещений / В. Н. Мелькумов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – №2. – С.178-183.
4. **Мелькумов, В. Н.** Использование кластерного анализа для повышения надежности инженерных сетей / В. Н. Мелькумов, Г. А. Кузнецова, А. Н. Кобелев // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2012. - Т. 8. - № 11.- С. 141-145.
5. **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.
6. **Тульская, С. Г.** Альтернативная тепловая изоляция резервуаров с помощью жидких керамических теплоизоляционных покрытий / С. Г. Тульская, С. А. Петров // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 2 (23). –С.71-77
7. **Тульская, С. Г.** Ресурсосберегающие технологии биогазовых установок при переработке отходов сельского хозяйства / С.Г. Тульская, К. Г. Мозговая // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации.- 2016. – №1 (2). – С.21-27
8. **Тульская, С. Г.** Подогрев и вероятная температура нефтепродуктов в резервуарах при хранении / С. Г. Тульская, С. В. Чуйкин, С. А. Петров // Молодой ученый. – 2016. – №21. – С. 226-228.
9. **Петрикеева, Н. А.** Аккумуляторы теплоты на фазовом переходе/ Н. А. Петрикеева, Е. А. Лавлинская, М.Ю. Зыкова // Научный Вестник Воронежского ГАСУ. Серия : Студент и наука. 2015.- № 8. - С. 227 - 233.
10. **Тульская, С. Г.** Экологические проблемы загрязнения окружающей среды нефтепродуктами в ходе разлива из резервуаров /С. Г. Тульская, К. А. Скляр, А. А. Харьковская // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации.- 2016. – №4 (5). – С.45-51
11. **Плаксина, Е. В.** Теплофизика реакторов / Е. В. Плаксина, Е. О. Благовестная // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации.- 2016. – №4 (5). – С.31-35
12. **Чуйкин, С. В.** Атомные станции энергоснабжения / С. В. Чуйкин, С. Г. Тульская, Е. В. Плаксина, Д. А. Снисарь // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2016. - № 2(3). – С.13-25.
13. **Колосов, А. И.** Реструктуризация городских систем газоснабжения / А.И. Колосов, М.Я. Панов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. - 2014. - 4 (17). – С. 18-25.
14. **Melkumov, V. N.** Organization of air distribution of covered multipurpose ice rinks / V.N. Melkumov, S.V. Chuykin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. -2013. - № 3. -pp. 17-28.

#### References

1. **GOST 1510-84** Neft' i nefteprodukty. Markirovka, upakovka, transportirovanie i hranenie M.: Standartinform. -2006. -36 s.
2. **SNiP 2.11.03-93** Sklady nefti i nefteproduktov. protivopozharnye normy Moskva. - 1993. -22 s.
3. **Mel'kumov, V. N.** Pozharnaja bezopasnost' vzryvoopasnyh pomeshhenij / V. N. Mel'kumov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhi-tektura. – 2008. – №2. – S.178-183.

4. **Mel'kumov, V. N.** Ispol'zovanie klaster'nogo analiza dlja povyshenija nadezhnosti inzhenernyh setej / V. N. Mel'kumov, G. A. Kuznecova, A. N. Kobelev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. - 2012. - T. 8. - № 11. - S. 141-145.

5. **Mel'kumov, V. N.** Jekologičeskaja bezopasnost' i tehniko-jekonomičeskaja jeffektivnost' predpriyatij po szhiganiju tverdyh bytovykh othodov gorodov / V. N. Mel'kumov, O. A. Sotnikova // Nauchnyj vestnik Voro-nezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2011. - № 4. - S.167-181.

6. **Tul'skaja, S. G.** Al'ternativnaja teplovaja izoljacija rezervuarov s pomoshh'ju zhidkih keramicheskikh teploizoljacionnykh pokrytij / S. G. Tul'skaja, S. A. Petrov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i so-oruzhenija. - 2016. - № 2 (23). - S.71-77

7. **Tul'skaja, S. G.** Resursosberegajushhie tehnologii biogazovykh ustanovok pri pererabotke othodov sel'skogo hozjajstva / S.G. Tul'skaja, K. G. Mozgovaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii.- 2016. - №1 (2). - S.21-27

8. **Tul'skaja, S. G.** Podogrev i verojatnaja temperatura nefteproduktov v rezervuarah pri hranenii / S. G. Tul'skaja, S. V. Chujkin, S. A. Petrov // Molodoj uchenyj. - 2016. - №21. - S. 226-228.

9. **Petrikeeva, N. A.** Akkumuljatory teploty na fazovom perehode/ N. A. Petrikeeva, E. A. Lavlinskaja, M.Ju. Zykova // Nauchnyj Vestnik Voronezhskogo GASU. Serija : Student i nauka. 2015.- № 8. - S. 227 - 233.

10. **Tul'skaja, S. G.** Jekologičeskie problemy zagrjaznenija okruzhajushhej sredy nefteproduktami v hode razliva iz rezervuarov /S. G. Tul'skaja, K. A. Skljarov, A. A. Har'kovskaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii.- 2016. - №4 (5). - S.45-51

11. **Plaksina, E. V.** Teplofizika reaktorov / E. V. Plaksina, E. O. Blagovestnaja // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii.- 2016. - №4 (5). - S.31-35

12. **Chujkin, S. V.** Atomnye stancii jenergosnabzhenija / S. V. Chujkin, S. G. Tul'skaja, E. V. Plaksina, D. A. Snisar' // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. - 2016. - № 2(3). - S.13-25.

13. **Kolosov, A.I.** Restrukturizacija gorodskih sistem gazosnabzhenija / A.I. Kolosov, M.Ja. Panov // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. 2014. - 4 (17). - S. 18-25.

14. **Melkumov, V. N.** Organization of air distribution of covered multipurpose ice rinks / V.N. Melkumov, S.V. Chuykin // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. -2013. - № 3. -pp. 17-28.

## RECEPTION AND HOLIDAY OF OIL PRODUCTS ON OIL DEPOTS AT DIFFERENT TYPES OF TRANSPORT

S. G. Tulsckaya, A. A. Chujkina, E. S. Aralov

---

*Voronezh State Technical University*

*S. G. Tulsckaya, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: tcdtnkfyf2014@yandex.ru*

*A. A. Chujkina, Ph. D. student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

*E. S. Aralov, student of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business  
Russia, Voronezh, tel.: +7(473)271-53-21, e-mail: demetr\_56@mail.ru*

---

**Statement of the problem.** Engineering procedures on acceptance and issue of oil products it is performed taking into account a transport mode which delivers a product. In case of the choice of a transport mode are guided by physical and chemical properties, seasonality of work, delivery date, an annual gruzoborotnost of the petroleum storage depot. Each type of the vehicle has the features on acceptance and issue of oil product on petroleum storage depots.

**Results and conclusions.** In this article the technology and the organization of acceptance and issue of oil products is given in petroleum storage depots for various transport mode. Are considered transactions of discharge and filling oil product in cistern cars, road tankers and liquid cargo carriers. Correctly organized transaction on acceptance and issue of oil product allows to solve transportation problems without considerable time and finance costs.

**Keywords:** slivo-bulk devices, oil product, railway tanks, tanker trucks, tankers.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

УДК 69.04

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

С. В. Чуйкин, И. Р. Арбузова, И. В. Ключников

*Воронежский государственный технический университет*

*С. В. Чуйкин, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

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

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

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

*И. В. Ключников, магистрант кафедры жилищно-коммунального хозяйства*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473)271-28-92, e-mail: vgasu.gkh@gmail.com*

**Постановка задачи.** Развитие современной вычислительной техники позволяет внедрять специальные программные комплексы при проектных работах в сфере энергоснабжения потребителей. Целью данной статьи является анализ практического применения упомянутых комплексов на реальном примере.

**Результаты и выводы.** Рассмотрен пример расчета стальной опоры воздушной линии электропередачи с помощью программы SCAD. В результате расчета можно видеть деформации, возникающие под действием нагрузок, и эпюры усилий. Применение подобных комплексов позволяет сократить временные затраты на проектирование рассматриваемых объектов.

**Ключевые слова:** стальные опоры, воздушные линии электропередачи, программы расчета нагрузок, энерго-снабжение.

**Введение.** Вследствие развития современной вычислительной техники широкое распространение в проектных работах приобретают специальные программные комплексы. Так, при проектировании металлических конструкций (опор) линий электропередачи применяют комплекс SCAD. Подобные системы постоянно развиваются, совершенствуется интерфейс пользователя и расчетные возможности, включаются новые проектирующие компоненты и т.д.

В результате применения подобных программ многократно сокращаются временные затраты на проектирование [1-4]. Целью данной статьи является анализ практического применения упомянутых комплексов на реальном примере с помощью программы SCAD, со следующими исходными данными: тип опоры воздушных линий электропередачи – промежуточная, номинальное напряжение линии – 500 кВ, географическое расположение – г. Краснодар, марка стали – С245, тип провода – АС 400/64. Требуется определить максимальное усилие из 2-ух режимов работы опоры: нормальный и аварийный.

**1. Алгоритм расчета стальной опоры ЛЭП.** На первом этапе необходимо построить общий вид расчетной схемы. Расчет начинается с ввода узлов по 3-ем координатам  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Далее узлы соединяют друг с другом с помощью стержней.

Второй этап начинается с назначения связей в узлах. В рассматриваемом случае связи устанавливаются в точках, где опора крепится к фундаменту. При назначении жесткости стержней выбирается материал конструкции, а так же назначается уголок для стойки и траверсы.

На третьем этапе в графе «Загрузки» вводятся нагрузки на стержни от собственного веса и ветра. Нагрузка от собственного веса является распределенной и вводится по оси  $OZ$ . Ветровая нагрузка действует на передние две стойки и является трапециевидной и вводится со знаком « $\leftarrow$ » по оси  $OY$ .

Следующий этап – ввод нагрузок на траверсу. Ветровая нагрузка в данном случае равномерно распределенная, вводится со знаком « $\leftarrow$ » по оси  $OY$ . Нагрузка от веса траверсы действует на точки, где траверса крепится к опоре. Данная нагрузка является узловой и вводится по оси  $OZ$ . Узловыми нагрузками также являются распор и вертикальная составляющая тяжения проводов. Для первого нагружения (нормальный режим работы) значение распора вводим два раза с разными знаками по оси  $OY$ . Значение вертикальной составляющей со знаком « $+$ » по оси  $OZ$ . Для второго вида нагружения (аварийный режим работы) вводится значение распора со знаком « $\leftarrow$ » по оси  $OY$ . Значения вертикальной составляющей тяжения проводов вводится для двух режимов работы со знаком « $+$ » по оси  $OZ$ . Далее нагружения необходимо «упаковать» и присвоить им имена. Последним этапом является линейный расчет рассматриваемой опоры и ознакомление с результатами.

**2. Пример расчета стальной опоры ЛЭП.** Общий вид расчетной опоры представлен на рисунках 1 и 1.

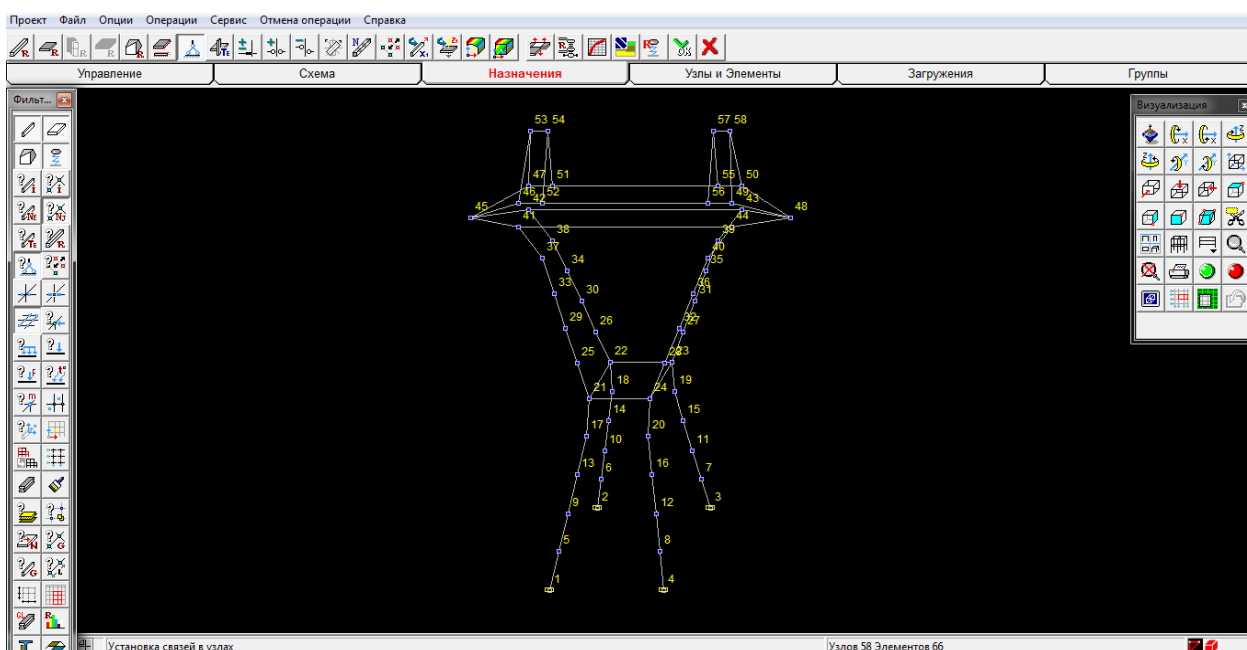


Рис. 1. Расчетная схема опоры с нумерацией узлов

На данную опору действуют следующие виды нагрузок:

- на стойки – собственный вес опоры, ветровая нагрузка;
- на траверсы – вес траверсы, ветровая нагрузка, распор, тяжение проводов.

В первом приближении за основную несущую конструкцию принимается максимальный уголок. Вес обрешетки (раскосов и распорок) учитывается в размере 60 % от веса несущей конструкции. Траверсы в первом приближении представляются в виде объемной конструкции из уголков.

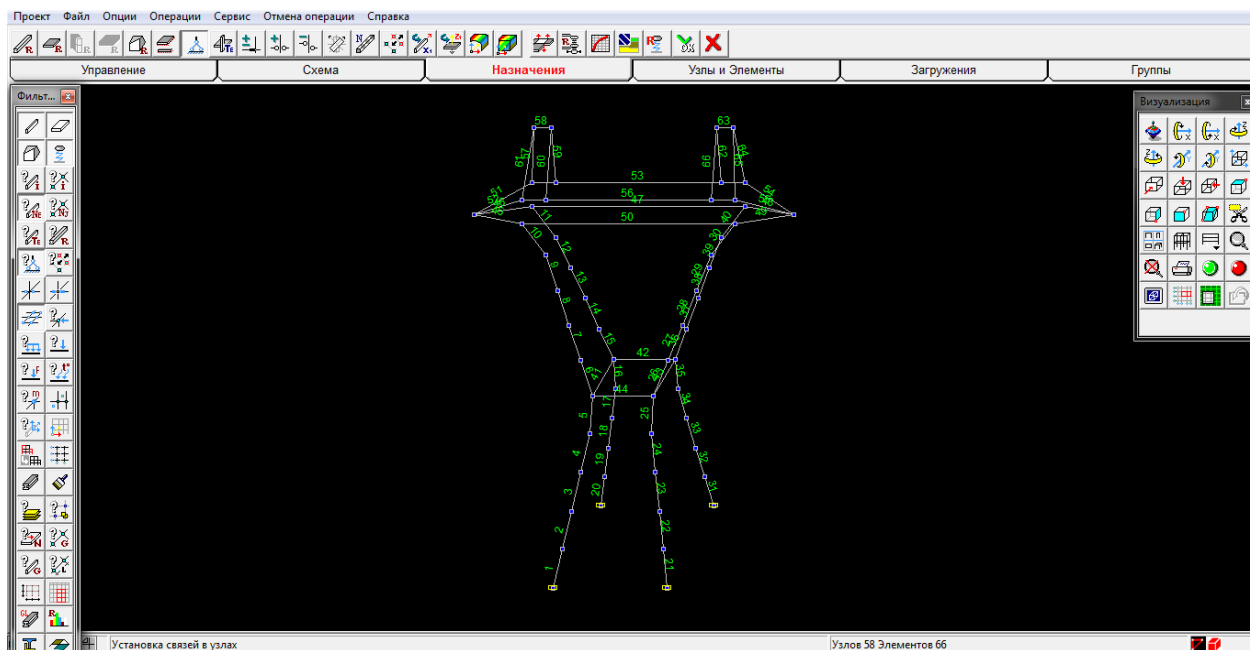


Рис. 2. Расчетная схема опоры с нумерацией элементов

Собственный вес опоры определяется по формуле

$$G = 1,6 \cdot n \cdot g_{cm} \cdot l_{cm} + m \cdot g_{mp} \cdot l_{mp}, \quad (1)$$

где 1,6 – 160 % несущей конструкции;  $g_{cm}$ ,  $g_{mp}$  – вес уголка стойки и траверсы соответственно;  $l_{cm}$ ,  $l_{mp}$  – длина уголка стойки и траверсы соответственно;  $n$  – количество стоек, выполненных данным уголком;  $m$  – количество траверс, выполненных данным уголком.

Нагрузка на одну стойку определяется по формуле

$$g_{cm} = \frac{(g_{cm}^1 \cdot l_{cm}^1) \cdot 10}{\gamma_n \cdot l_1 \cdot 1000} + \frac{(g_{cm}^2 \cdot l_{cm}^2) \cdot 10}{\gamma_n \cdot l_2 \cdot 1000} + \frac{(g_{cm}^3 \cdot l_{cm}^3) \cdot 10}{\gamma_n \cdot l_3 \cdot 1000} + \frac{(g_{cm}^4 \cdot l_{cm}^4) \cdot 10}{\gamma_n \cdot l_4 \cdot 1000}, \quad (2)$$

где  $\gamma_n$  – коэффициент надежности, равный 1,1.

Нагрузка на все траверсы определяется по формуле

$$g_{mp} = 1,05 \cdot \sum m \cdot g_{mp} \cdot l_{mp}. \quad (3)$$

Снеговая нагрузка не влияет на работу конструкции, так как нет площадок, на которых будет скапливаться снег, поэтому снег не учитывается в расчетах.

Ветровая нагрузка на стойку состоит из статической и динамической частей. Расчетную ветровую нагрузку следует определять как сумму средней и пульсационной составляющей. При определении внутреннего давления пульсационную составляющую ветровой нагрузки допускается не учитывать.

Расчетное значение средней составляющей ветровой нагрузки в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли следует определять по формуле



$$W_m = W_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_n, \quad (4)$$

где  $\gamma_n$  – коэффициент надежности по нагрузке, равный 1,1;  $c$  – аэродинамический коэффициент;  $k$  – коэффициент, зависящий от высоты и типа местности, определяется из таблицы 6.2 [1];  $W_0$  – расчетное значение ветрового давления, определяется из таблицы 6.1 [1].

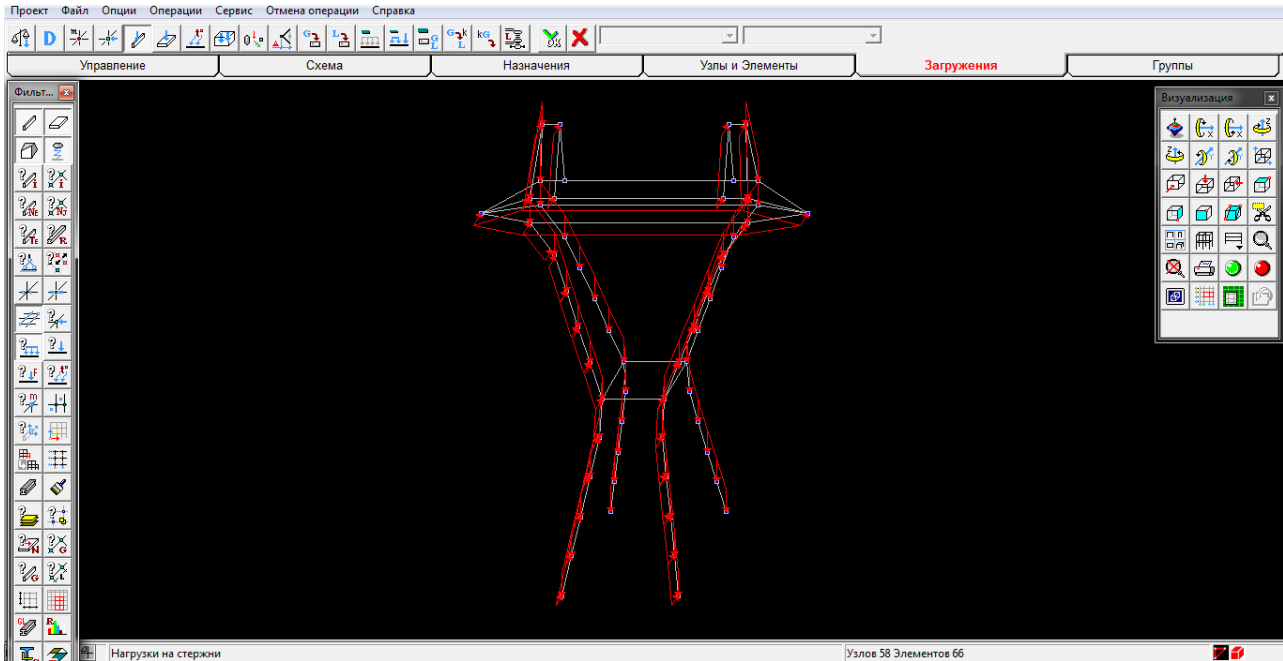


Рис. 3. Нагрузки (собственный вес опоры и ветровая нагрузка)

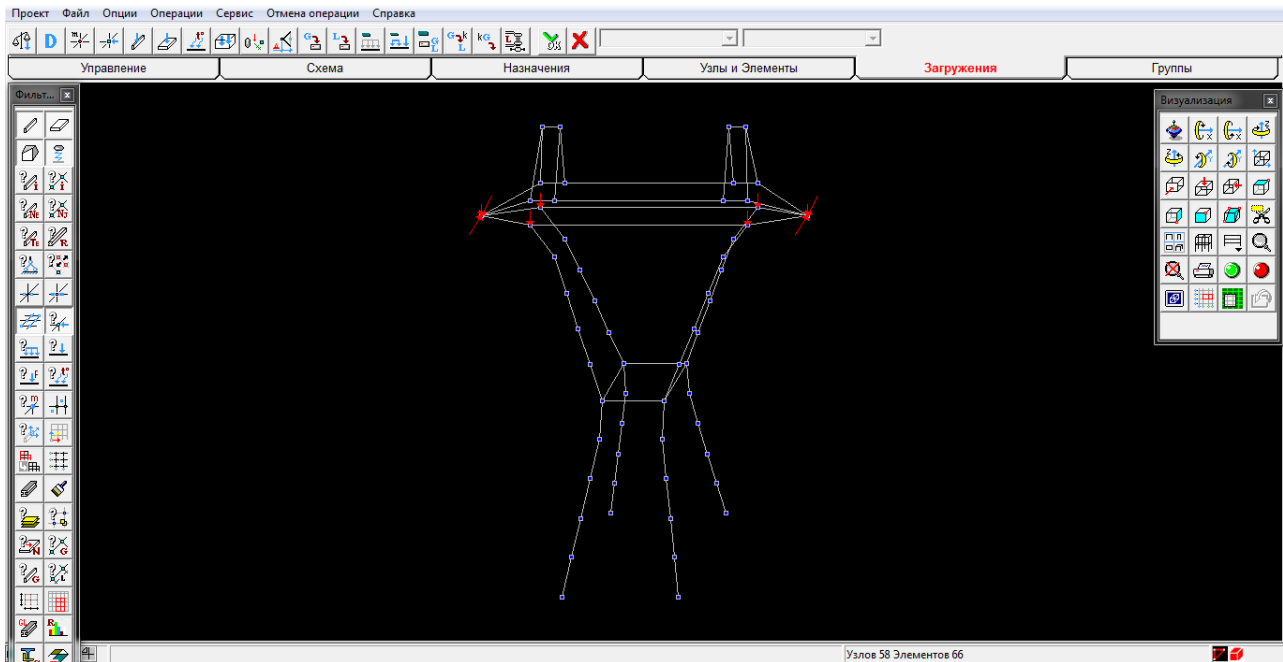


Рис. 4. Нагрузки (вес траверсы, распор и тяжение проводов)

Вертикальная составляющая тяжения провода у опоры определяется для двух режимов работы: нормального и аварийного. Вертикальная составляющая тяжения провода у опоры определяется по формуле

$$V = \frac{q_1}{3,1}. \quad (5)$$

Нагрузка от провода при обрыве

$$V_{обр} = V \cdot 1,57. \quad (6)$$

Распор, действующий на нить, определяется по формуле

$$H = \frac{M}{f}, \quad (7)$$

где  $M$  – максимальный момент, находящийся в середине пролета;  $f$  – стрела провеса провода, которые в свою очередь определяются по формулам

$$f = \frac{L}{25}, \quad (8)$$

$$M = \frac{(q_1 + i) \cdot L^2}{8}, \quad (9)$$

где  $q_1$  – нагрузка от веса провода, определяется по формуле

$$q_1 = \frac{m \cdot L}{L_n} \cdot 10^{-2}, \quad (10)$$

где  $L_n$  – фактическая длина нити при максимальной стреле провеса.

В связи с выше сказанным создаются два вида загрузки.

Для первого загрузки (нормальный режим работы) вводятся значения распора со знаками «+» и «-» по оси  $OY$ , а также значение нормального тяжения провода со знаком «+» по оси  $OZ$ .

Для второго загрузки (аварийный режим работы) вводятся значение распора со знаком «-» по оси  $OY$ , значения нормального и аварийного тяжения провода со знаком «+» по оси  $OZ$ .

Результат работы отражается в графическом анализе на рисунках 5 и 6. Здесь можно видеть деформации, возникающие под действием нагрузок, и эпюры усилий.

По данным эпюрам выбираются максимальные значения усилия по стойкам. Среди них находят среднее и принимают за искомую величину. Максимальное усилие учитывается при подборе сечения и при проверке прочности и устойчивости опоры.

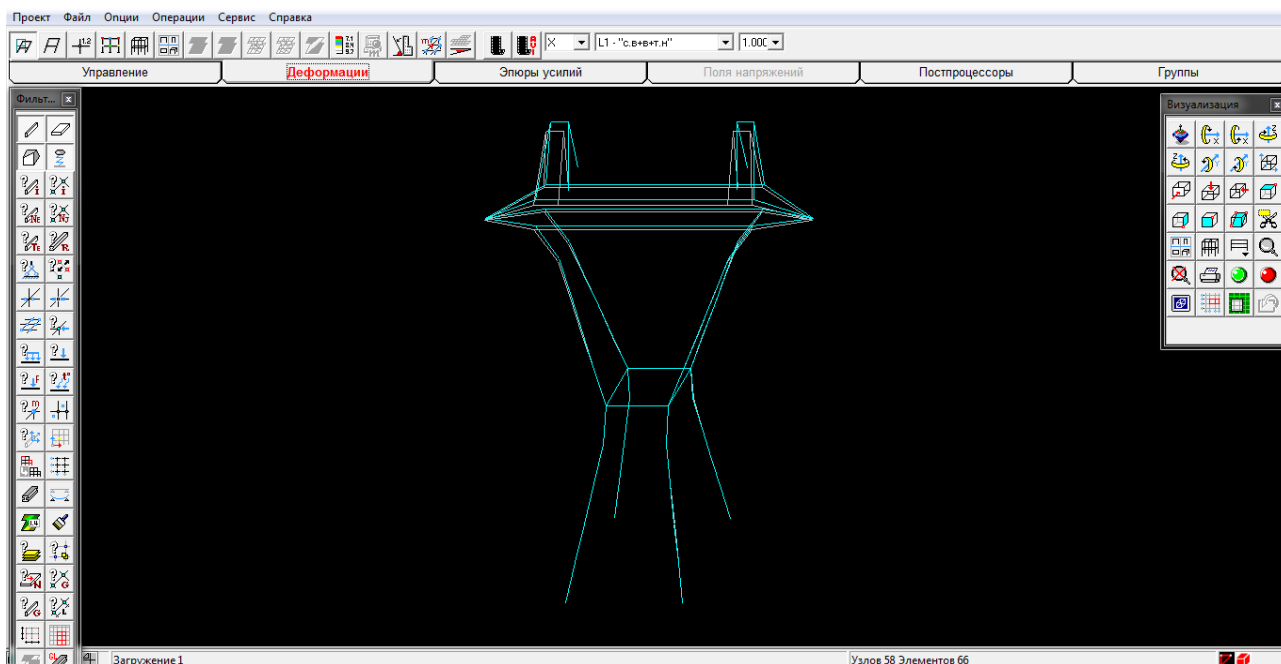


Рис. 5. Деформации рассматриваемой опоры ЛЭП

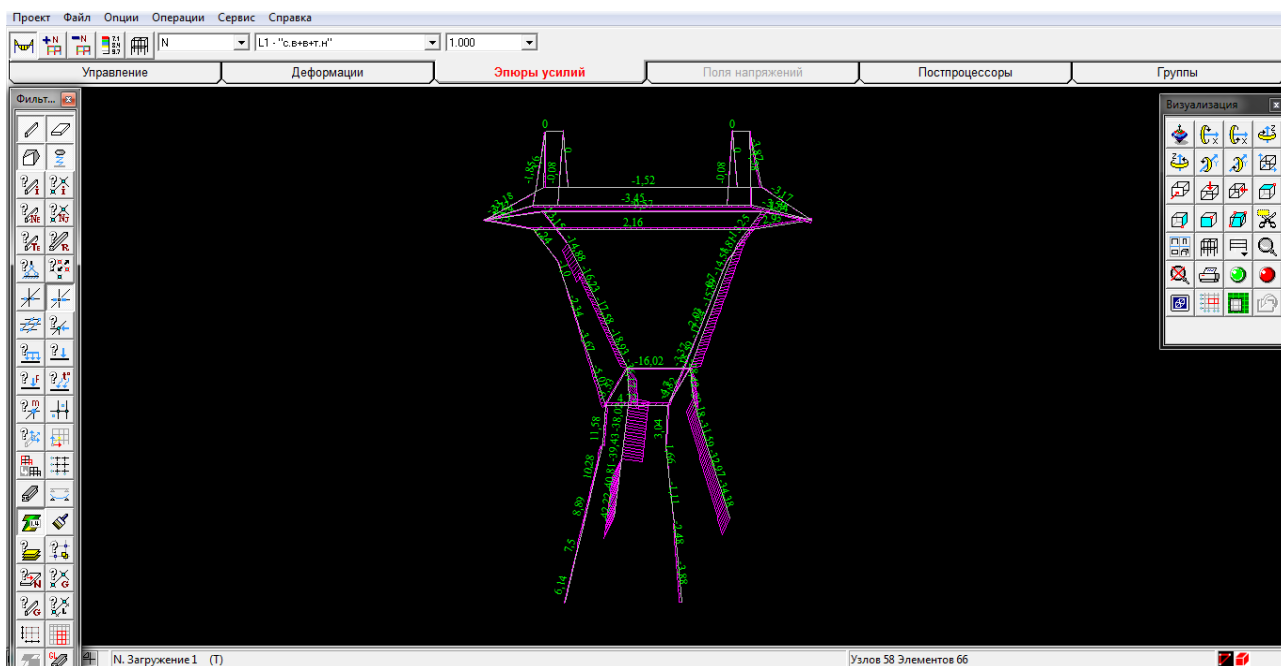


Рис 6. Эпюра усилия вида  $N$  для первого нагружения

**Выводы.** Рассмотренный пример расчета стальной опоры воздушной линии электропередачи с помощью программы SCAD показывает, что применение подобных комплексов позволяет сократить временные затраты на проектирование рассматриваемых объектов. В результате расчета можно наглядно видеть деформации, возникающие под действием нагрузок, и эпюры усилий.

## Библиографический список

1. Строительные нормы и правила: СНиП 2.01.07-85\*. «Нагрузки и воздействия». – Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 44 с.
2. **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.
3. **Кшевинская Е. О.** Гололедные и ветровые нагрузки на воздушные линии электропередачи / Е. О. Кшевинская, Е. А. Лавлинская, Е. В. Плаксина // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2016. – №1(2). – С. 44-48.
4. **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.
5. **Мелькумов, В. Н.** Математическое моделирование воздушных потоков в помещениях больших объемов / В. Н. Мелькумов, А. В. Лобода, С. В. Чуйкин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 2 (34). – С. 11-18.
6. **Melkumov, V.N.** Innovative pneumotechnologies of the erection of dispersion-reinforced structures / V.N. Melkumov, A.N. Tkachenko, D.A. Kazakov // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. – 2015. – № 3(27). – С. 7-18.
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.
8. **Кесельман, Л. М.** Основы механики воздушных линий электропередачи / Л. М. Кесельман. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 352 с.
9. **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.
10. **Лапшина, К. Н.** Разработка программного обеспечения для анализа условий теплового комфорта в помещениях ресторанных комплексов / К. Н. Лапшина, С. Г. Тульская / Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013. – № 4. – С. 46-50.
11. **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.
12. **Колосов, А. И.** Разработка математической модели процессов аэродинамики и теплообмена в котлах малой мощности вихревого типа / Д. Б. Кладов, А.И. Колосов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2011. – № 3. – С. 40-48.

## References

1. Stroitel'nye normy i pravila: SNiP 2.01.07-85\*. «Nagruzki i vozdejstvija». – Minstroj Rossii. – M.: GP CPP, 1996. – 44 s.
2. **Chujkin, S. V.** Razrabotka programmy rascheta ozhidaemyh nagruzok vetra na provoda vozdušnyh linij jelektroperedachi / S. V. Chujkin, T. V. Dorofeeva, E. O. Kshevinskaja // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2015. – № 1(18). – S. 23-28.
3. **Kshevinskaja E. O.** Golelednye i vetrovye nagruzki na vozdušnyje linii jelektroperedachi / E. O. Kshevinskaja, E. A. Lavlinskaja, E. V. Plaksina // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2016. – №1(2). – S. 44-48.
4. **Mel'kumov, V. N.** Promyshlennaja bezopasnost' pomeshhenij s jelektrooborudovaniem / V. N. Mel'kumov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2008. – №3. – S. 176-182.
5. **Mel'ukmov, V. N.** Matematicheskoe modelirovanie vozdušnyh potokov v pomeshhenijah bol'shih ob#emov / V. N. Mel'kumov, A. V. Loboda, S. V. Chujkin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2014. – № 2 (34). – S. 11-18.
6. **Melkumov, V. N.** Innovative pneumotechnologies of the erection of dispersion-reinforced structures / V.N. Melkumov, A.N. Tkachenko, D.A. Kazakov // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. – 2015. – № 3(27). – S. 7-18.
7. **Dorofeeva, T. V.** Opyry vozdušnyh linij jelektroperedachi / T. V. Dorofeeva, E. O. Kshevinskaja, Ju. S. Starokozhev, V. A. Sklizkouhij // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. – 2015. – №2(19). – S. 64-70.
8. **Kesel'man, L. M.** Osnovy mehaniki vozdušnyh linij jelektroperedachi / L. M. Kesel'man. – M.: Jenergoatomizdat, 1992. – 352 s.

9. **Krjukov, K. P.** Konstrukcii i mehanicheskiy raschet linij jelektroperedachi / K. P. Krjukov, B. P. Novgorodcev. – 2-e izd., pererab. i dop. – L.: Jenergija, 1979. – 312 s.

10. **Lapshina, K. N.** Razrabotka programmnogo obespechenija dlja analiza uslovij teplovogo komforta v pomeshhenijah restorannyh kompleksov / K. N. Lapshina, S. G. Tul'skaja / Biosfernaja sovместimost': chelovek, region, tehnologii. - 2013. - № 4. - S. 46-50.

11. **Chudinov, D. M.** Razrabotka algoritma obosnovanija struktury jenergokompleksa na baze vozobnovljaemyh istochnikov jenergii / D. M. Chudinov, K. N. Sotnikova, M. Ju. Morozov, S. V. Chujkin // Nauchnyj zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija. - 2009. - № 1. - S. 147-154.

12. **Kolosov, A. I.** Razrabotka matematicheskoj modeli processov ajerodinamiki i teploobmena v kotlah maloj moshhnosti vihrevogo tipa / D. B. Kladov, A.I. Kolosov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstven-nogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. - 2011. - № 3. - S. 40-48.

## THE USE OF SOFTWARE COMPLEXES FOR DESIGN OF STRUCTURES ENERGY NETWORKS

S. V. Chujkin, I. R. Arbuzova, I. V. Kluchnikov

---

*Voronezh State Technical University*

*S. V. Chujkin, PhD in Engineering, Assoc. Prof. of Dept. of Heat and Gas Supply and oil and gas business  
Russia, Voronezh, tel: +7 (473)271-53-21, e-mail: teplosnab\_kaf@vgasu.vrn.ru*

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

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

*I. V. Kluchnikov, master of the Dept. of Housing and communal services*

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

---

**Statement of the problem.** The development of modern computing technology allows to introduce special software in project work in the field of power supply. The purpose of this article is to analyze practical application of the mentioned complexes in a real example.

**Results and conclusions.** An example of the calculation of steel support overhead transmission lines using the program SCAD. In the result you can see the deformation that occurs under load, and plot effort. The use of such complexes allows to reduce the time spent on designing the objects in question.

**Keywords:** steel towers, overhead transmission lines, program of the calculation of loads, power supply.

## **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.