

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО  
ИНФРАСТРУКТУРА  
КОММУНИКАЦИИ**

**Выпуск № 1(30) 2023**

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

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**

**Выпуск № 1(30)**

**Март, 2023**

- 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**



Издается с 2015 года

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО ИНФРАСТРУКТУРА КОММУНИКАЦИИ

Научный журнал

Выходит 1 раз в квартал

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

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

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Куцыгина О.А.**, д-р техн. наук, доц., Воронежский государственный технический университет

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

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

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

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

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

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

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

Дата выхода в свет 24.03.2023. Усл. печ. л. 6,2. Формат 60×84/8. Тираж 35 экз. Заказ № 60

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-68664  
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Цена свободная

Адрес учредителя и издателя: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Адрес редакции: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ком. 2133;

тел.: +7(473)271-53-21; e-mail: gik\_vgasu@mail.ru

ОТПЕЧАТАНО: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ

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

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ.....</b>	<b>6</b>
<i>Кайшева А. И., Агарян К. О., Шнурникова Е. П.</i> Усадебный тип застройки и его влияние на микроклиматические условия города Крымска.....	6
<i>Шнурникова Е. П., Фотиева В. А., Столбикова А. А.</i> Градэкологический каркас.....	11
<b>ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ.....</b>	<b>17</b>
<i>Попова Н. М., Чудинов Д. М., Долбилова М. А., Чуприна Е. В.</i> Замена трубопроводов в минераловатной изоляции на предизолированные трубы в пенополимерминеральной изоляции.....	17
<i>Плаксина Е. В., Кумаков Р. А., Дьяконенко Е. Л.</i> Аналитический расчет конвективных поверхностей котла.....	24
<b>ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.....</b>	<b>29</b>
<i>Голядкина А. Д., Субботин Д. П., Петрикеева Н. А., Кратько А. А.</i> Строительство зданий с помощью 3D-технологий .....	29
<i>Хабарова И. А., Хабаров Д. А., Телюкина Т. А., Бакаев И. В.</i> Предложения по осуществлению геодезических изысканий при проведении земляных работ.....	34
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ.....</b>	<b>40</b>
<i>Иорданиян А. Н., Шнурникова Е. П.</i> Новые конструктивные системы деревянных сборных домов .....	40
<b>ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ).....</b>	<b>45</b>
<i>Комраков П. В., Герасимова И. Н., Смирнов А. В., Погодин А. А., Бабкин С. А.</i> Зависимость минимальной огнетушащей концентрации от дисперсности огнетушащего порошка.....	45
<b>ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ.....</b>	<b>52</b>

---

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

---

УДК 551.584.5

### УСАДЕБНЫЙ ТИП ЗАСТРОЙКИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРОДА КРЫМСКА

А. И. Кайшева, К. О. Агарян, Е. П. Шнурникова

*Кубанский государственный технологический университет**А. И. Кайшева, студент института строительства и транспортной инфраструктуры  
Россия, г. Краснодар, тел.: +7(918)249-80-66, e-mail: arinakajseva4@gmail.com**К. О. Агарян, студент института строительства и транспортной инфраструктуры  
Россия, г. Краснодар, тел.: +7(988)401-06-92, e-mail: Karekin509@gmail.com**Е. П. Шнурникова, ст. преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий  
им. А. В. Титова**Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)244-16-68, e-mail: shnurnikova@mail.ru*

---

**Постановка задачи.** Проблема ухудшения микроклимата городской среды в последнее время является достаточно актуальной. Одной из причин этого является постепенное увеличение этажности зданий. Тип и параметры застройки влияют на микроклимат и, соответственно, комфорт людей.

**Результаты.** В результате проведенных исследований отмечено, что в городе постепенно ухудшается тепловой комфорт. Также немаловажную роль играет отсутствие или малое количество зеленых насаждений на улицах, парковых зон с большой площадью озеленения.

**Выводы.** На примере города Крымска был проведен анализ городской территории с усадебным типом застройки. В ходе исследования выявлен и проанализирован показатель индекса жары в данном типе застройки и местах с зелеными насаждениями.

**Ключевые слова:** усадебный тип, застройка, микроклимат, зеленые зоны, градостроительство, экология, планировка.

**Введение.** Усадебный тип застройки в большинстве городов является историческим. Для достижения комфорта в прошлых веках люди строили свои дома не выше крон деревьев, что способствовало улучшению микроклимата вокруг строений. Такие здания позволяли удерживать прохладу внутри помещений даже при высоких летних температурах. Также поддерживать благоприятный микроклимат застройки помогали обильные зеленые насаждения, которые давали тень и прохладу.

В основном в 1862 году городе Крымске усадебный тип застройки и лучевая улично-дорожная сеть преобладает и по сей день (рис.1). Сложившийся еще со времен основания города тип застройки все так же востребован. Большая часть территории обустроена частными домами, высота которых не превышает четырех этажей.

Планировочная система и организация в районах с усадебной застройкой должна соответствовать дальнейшему формированию структурных единиц селитебной территории.

---

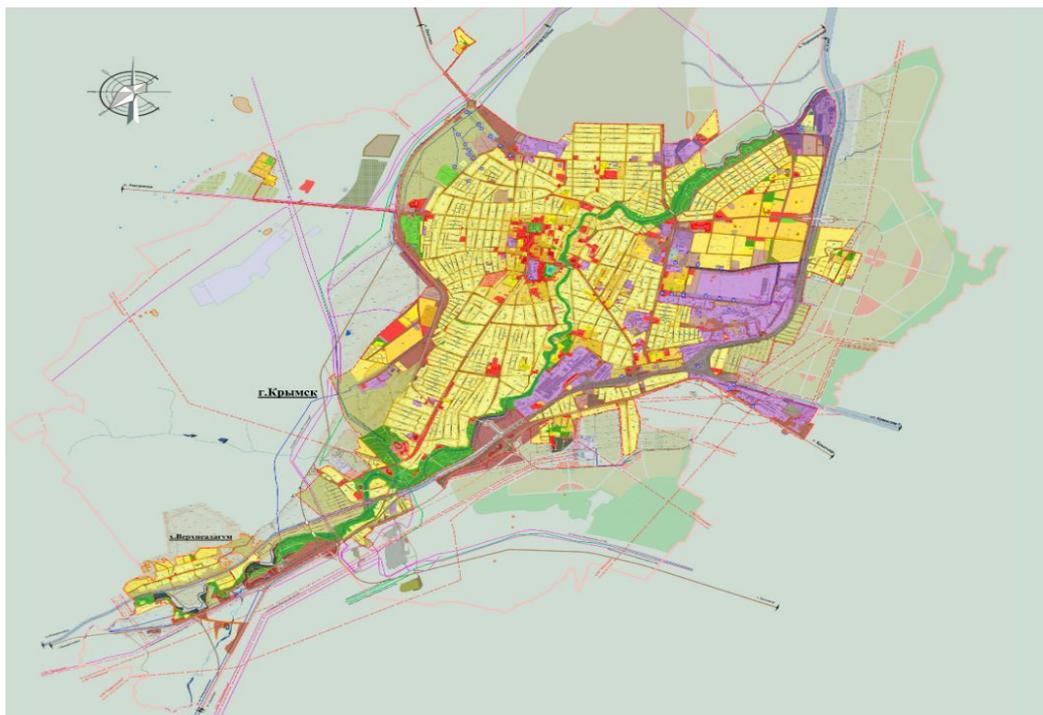


Рис. 1. Карта функционального зонирования территории г. Крымск [1]

Размеры и функциональное зонирование участка следует принимать, опираясь на градостроительные условия в определенном районе населенного пункта. Площадь выбранной для строительства территории должна обеспечивать размещение всех объемов строительства и формирование определенных планировочных единиц на участке. В основном районы с усадебным типом застройки формируются отдельностоящими или же блокированными домами с приусадебными территориями, отведенными для хозяйственных нужд [1, 2].

Требования, предъявляемые к различным факторам усадебной застройки, в каждом регионе отличны друг от друга. Благоустройство и определение размеров, инсоляция построек и приусадебной территории, размещения инженерного оборудования определяются местными правилами застройки.

**1. Условия комфорта городской среды.** В городе Крымск, площадь которого равна 47,04 км<sup>2</sup>, расположены две парковые зоны: парк им. Тельмана (15713 м<sup>2</sup>), парк культуры и отдыха (21006 м<sup>2</sup>). Также в городе есть обустроенные кварталы, имеющие различные виды растительности, приносящие тень и прохладу в летний период (рис.2).

Однако, такого количества зеленых территорий мало для поддержания нормального микроклимата в городской среде. В следствие облагораживания территории и застройки новых районов с многоэтажными зданиями старые деревья убирают, а на их месте высаживают молодые саженцы – платаны и липы – скорость роста которых очень мала. Последствием таких нововведений является неравномерное озеленение районов и увеличение индекса жары (ИЖ) в городе [3, 4].

Однако, наибольший ущерб как зеленым насаждениям, так и самой усадебной застройке, принесло стихийное бедствие – наводнение, произошедшее в 2012 году. Катастрофа уничтожила большую часть города и унесла жизни более ста семидесяти человек. Спустя десять лет еще не на всей территории города Крымска устранены последствия наводнения, есть множество разрушенных домов, оставшихся без хозяев.

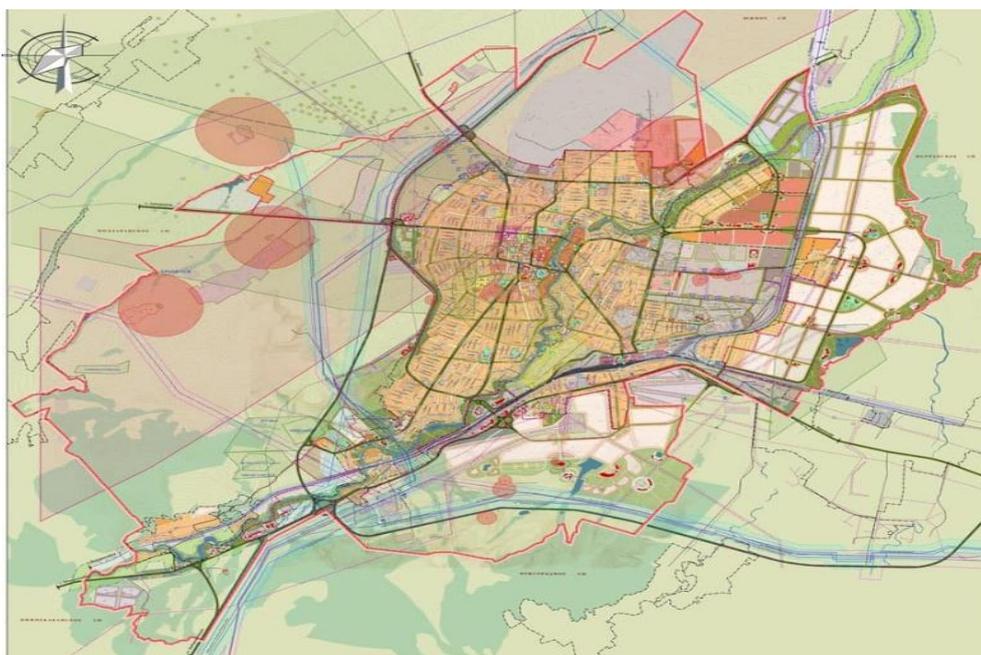


Рис. 2. Генеральный план Крымского городского поселения [3]

На представленных спутниковых схемах (рис.3) можно проследить эти территории.



Рис. 3. Спутниковые карты-схемы территории г. Крымск после наводнения 2012 г., SERTIT (Франция) [4]

Также немаловажным фактором развития неблагоприятных микроклиматических условий является частичная высотная застройка. Согласно данным, полученным Гиясовым А. И., Баротовым Ю. Г., Мягковым М. С., Алексеевой Л. И., размещение рядом с частным сектором многоэтажных зданий влечет за собой изменение ветровых потоков, уровня инсоляции зданий [5, 6, 7]. Ветровые потоки изменяют свое направление при возведении новых многоэтажных зданий рядом с территориями усадебного типа застройки. Из-за этого меняются температуры воздуха.

Приблизительный уровень инсоляции зданий для городов Краснодарского края равен 5.5, однако из-за хаотично расположенной высотной застройки, создающей теневую завесу для малоэтажных домов, данный показатель ухудшается.

В ходе работы задачами данного исследования являются:

1. Анализ полученных результатов, определение проблемы микроклиматических условий территории.

2. Актуализация рекомендаций к застройке.
3. Систематизация полученных в ходе исследования данных.
4. Исследование теоретических аспектов неспецифических средств.

Для решения вышеперечисленных задач были применены следующие методы:

1. Проведение анализа и оценка типа застройки.
2. Анализ научных работ и источников климатологических данных данного региона России.
3. Индукция полученных результатов исследования и их обработка.
4. Формирование рекомендаций на основе полученных данных.

Важность данного исследования заключается в определении наиболее комфортных микроклиматических условий для человека в городской среде, что способствует дальнейшему развитию данного региона [8, 9].

**2. Микроклимат застройки города Крымск.** В ходе проведения анализа усадебного типа застройки и климатических условий в летний период года были выявлены следующие показатели и на их основе сформирована таблица климатических показателей города Крымска.

Климатические показатели летнего периода года  
в г. Крымск за последние 20 лет [9, 10, 11]

Период	Среднемесячный показатель температуры в летний период года, $t$ , °C	Приблизительный показатель относительной влажности воздуха в летний период года, $W$ , %	Индекс жары, ИЖ, ед.
20 лет назад	+19,9	65,6	< 24,4
10 лет назад	+23,9	67,1	25,0
настоящее время	+22,5	60,0	< 24,4

Данные об ИЖ при сочетании температуры и влажности воздуха во всех исследуемых периодах являются удовлетворительными, воздействие на организм человека почти не проявляется [1, 12, 13].

Показатель ИЖ был выше обычного только в 2012 году. Последствием наводнения стало повышение температур поверхностей территории из-за частичного отсутствия зеленых насаждений, которые, как и множество зданий, были снесены потоками воды. Но все же данные температур и относительной влажности воздуха не превышали нормы для данного города [14–16].

Однако, несмотря на положительные данные исследования, которые являются таковыми только из-за относительно большого количества зеленых насаждений на приусадебных участках, при дальнейшей застройке города многоэтажными зданиями микроклиматические условия на данной территории ухудшатся [17–19].

**Выводы.** Поводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что усадебный тип застройки имеет хорошие показатели индекса жары, относительной влажности и температур в летнее время года. Улицы, спланированные согласно нормам и правилам современного градостроительства южных регионов России, являются более комфортными. Невысокие дома, обильное количество деревьев и других зелёных насаждений способствует улучшению городского микроклимата [20].

Высокие здания этажностью более четырех этажей следует размещать отдельно от усадебной застройки чтобы избежать появления негативных последствий в микроклиматических условиях. Данная проблема наблюдается в последнее время в городе Крымск, однако пока имеет незначительный характер.

#### Библиографический список

1. Айзенштат Б.А. Рекомендации по описанию климата большого города. Ч.4. Показатели теплового состояния человека и характеристики биоклимата городской среды. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 66 с.
2. Чистякова С.Б., Смычковская Г.Ю., Краснощекова Н.С. Методические основы составления территориальных схем охраны окружающей среды городов // Науч.-метод. аспекты разработки территориальных комплексов, схем охраны окружающей среды городов. 1986. С. 7–19.
3. Шелейховский Г.В. Микроклимат южных городов. М.: Изд-во Акад. мед. наук СССР, 1948. 236 с.
4. Сокольская О.Н., Иванченко В.Т., Клименко В.В. Основы теории градостроительства и планировки населённых мест Краснодарского края. 2022. С. 90–124.
5. Гиясов А.Р., Сокольская О.Н. Формирование городской застройки с учетом экологических факторов атмосферной среды в жарких маловетренных и штилевых климатических условиях: монография / Краснодар: КубГТУ, 2016. 140 с.
6. Гиясов А.И., Баротов Ю.Г. Роль зеленых насаждений в оздоровлении микроклимата городской застройки южных районов // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 3. С. 90–98.
7. Гиясов А.И., Баротов Ю.Г. Тепловое состояние человека в застройке городов с жарким условием климата // Политехнический Вестник. Серия Инженерные исследования. 2018. № 4 (44). С. 151–156.
8. Мягков М.С., Алексеева Л.И. Особенности ветрового режима типовых форм городской застройки // Architecture and Modern Information Technologies. 2014. № 1 (26). С. 5–15.
9. Климатических данные городов по всему миру [Электронный ресурс] // Климатические данные: официальный сайт, 2012. URL : <https://ru.climate-data.org> (дата обращения: 01.11.2022).
10. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. М.: Минрегион России, 2016. 28 с.
11. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Стандартинформ, 2012. 46 с.
12. Козачун Г.У., Капкина Т.Б. Факторы планировки современной усадьбы // Современные тенденции развития науки и технологий: материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 152–157.
13. Зуева А.А. «Региональная градостроительная идентичность» жилых образований в условиях южного берега Крыма // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12 (64). С. 7–15.
14. Новосельская В.А. Культурно-природный ландшафт как предмет комплексного анализа // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. 2016. № 37–1. С. 18–31.
15. Косицына Э.С. Экологичность малоэтажного жилья как индикатор устойчивого развития города // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 374–375.
16. Черешнев И.В. Формирование экологической архитектуры малоэтажного городского жилища Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 424–426.
17. Никифорова М.Е. Применение экологического подхода к развитию малоэтажного домостроения в России // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 34–36.
18. Петрова З.К., Долгова В.О. «Экологический урбанизм» как перспективное направление в теории и практике градостроительства // Градостроительство. 2017. № 6 (52). С. 57–64.
19. Гуртяк М.А., Вильчинская П.П. Проектирование высотного здания с учетом экологических факторов // Академия педагогических идей Новация. Серия: Студенческий научный вестник. 2019. № 2. С. 5–17.
20. Трофимчук Д.А. Зеленые насаждения урбандошафтов как способ оптимизации городской среды // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VI Международной научной конференции (к 100-летию со дня рождения профессора В.А. Дементьева). 2018. С. 241–244.

*Для цитирования:* Кайшева А.И., Агарян К.О., Шнурникова. Е.П. Усадебный тип застройки и его влияние на микроклиматические условия города Крымска // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 6–10.

УДК 712.4

**ГРАДОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС**

Е. П. Шнурникова, В. А. Фотиева, А. А. Столбикова

*Кубанский государственный технологический университет**Е. П. Шнурникова, ст. преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий им. А. В. Титова**Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)244-16-68, e-mail: shnurnikova@mail.ru**В. А. Фотиева, студент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий им. А. В. Титова*  
*Россия, г. Краснодар, тел.: +7(938)428-74-80, e-mail: fotievavera@gmail.com**А. А. Столбикова, студент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий им. А. В. Титова*  
*Россия, г. Краснодар, тел.: +7(918)314-80-71, e-mail: stolbikova02@mail.ru*

**Постановка задачи.** Градоэкологический каркас составляет основу любого населенного пункта. Краснодарский край в целом является зоной туризма и планировка его системы озеленения на всех этапах крайне важна.

**Результаты.** Рассмотрен климат Краснодарского края как благоприятное условие для развития и планировки системы парков. Обозначены достоинства и функции экок каркаса, его основные составляющие.

**Выводы.** На основе особенностей города Краснодара приведены рекомендации по реконструкции экосистемы города и установлена наиболее рациональная планировка зелёных зон с целью эффективного функционирования городской среды. В результате проведённых исследований сделан вывод о необходимости улучшения и развития градоэкологического каркаса.

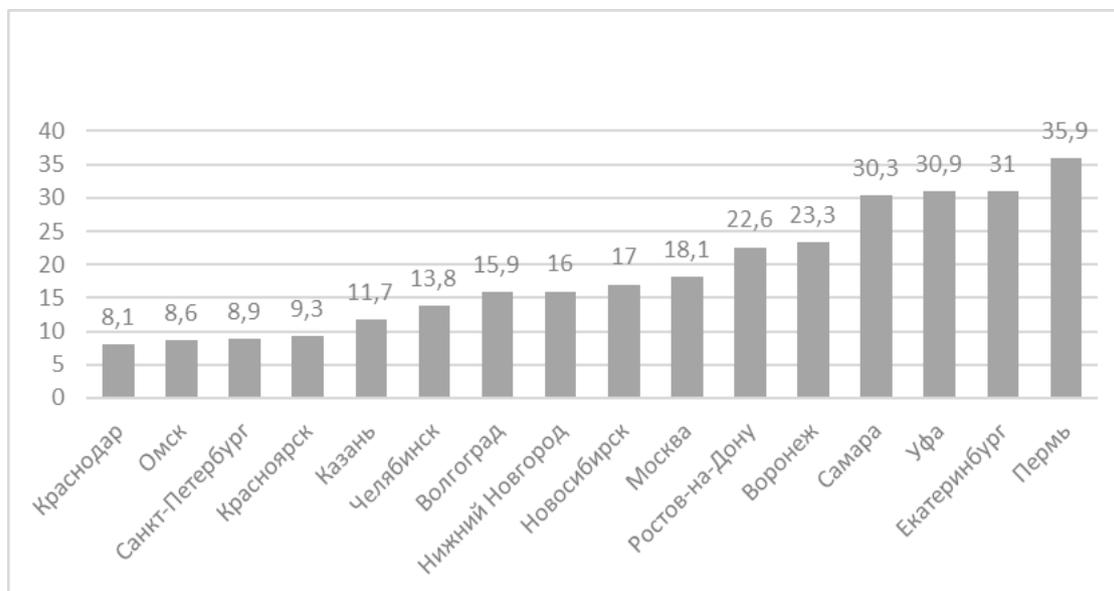
**Ключевые слова:** градоэкологический каркас, экология, градостроительство, планировка, озеленение.

**Введение.** Зеленые зоны городов – это территории, расположенные вокруг городов, примыкающие к ним либо находящиеся в некотором удалении, занятые лесами, лесопарками, загородными парками и др., выполняющими в первую очередь защитную, санитарно-гигиеническую и рекреационную функции. Это важная составляющая любого населённого пункта, без них город будет задыхаться в дыму, а, учитывая плотность застройки многих городов, это будет усложнять не только экологические проблемы, но и психологическое и физическое здоровье населения.

Чтобы снизить негативное влияние, при застройке города учитывают градоэкологический каркас. Это система планировочных и природоохранных решений, целью которых является создание благоприятных градоэкологических условий, которая учитывает городские территории незастроенные и непокрытые какими-либо материалами, и включает набережные, бульвары, парки, а также территории больниц, школ, дворов и т.д. Впервые она была введена в отечественную практику как теория в 1980–1990 годах.

В связи с быстрым темпом роста городов, происходит вырубка зелёных насаждений, что негативно сказывается на экологическом состоянии населённого пункта. На сегодняшний день город Краснодар является самым «не зелёным» городом-миллионником: при площади 28679,72 га процент озеленения составляет лишь 8,1. Такой вывод можно сделать, основываясь на исследовании АО «ТЕРРА ТЕХ» и корпорации «Роскосмос», которое было проведено летом 2022 года [1, 2].

Они составили диаграмму для шестнадцати крупных городов в соответствии с их процентом озеленённости (рис.1), то есть отношения площади городской застройки к площади зелёных зон и парков [1, 4].



**Рис. 1.** Города-миллионники и их доля зелёных насаждений в процентном соотношении

**1. Климат Краснодарского края.** Краснодарский край – один из самых тёплых регионов России, он находится в двух климатических районах: умеренно-континентальном и субтропическом. Весомое влияние на формирование такого климата оказали несколько факторов: рельеф, солнечная радиация и атмосферная циркуляция, также сыграли роль Чёрное и Азовское моря, расположенные на юго-западе, западе и юге края. Так, с Чёрного моря в летний период года приходят прохлада и осадки, а в зимнее – тёплое воздействие на Северо-западный Кавказ, что делает зиму более мягкой, чем в других регионах. Расположенные у побережья горные хребты служат барьером, который не пропускает холодные ветра и задерживает влагу и тепло, формируя субтропический климат. Сложные географические условия, близость морей, разнообразие ландшафта и высокие хребты гор вносят корректировки в перенос воздушных масс, что вызывает на территории края многообразие климата [4–6].

Рассмотрим температурные режимы. Среднемесячные температуры за январь и февраль схожи и варьируются в зависимости от расположения населенного пункта. Так в Краснодаре она может достигать минус 30, а в Сочи или Туапсе около минус 10. На это большое влияние оказывают горные хребты, которые задерживают холодные фронты. В марте и апреле температура начинает значительно подниматься с увеличением солнечной радиации. Самым жарким месяцем является июль на побережье, благодаря близости акватории температура может достигать плюс 25, а в приморской рекреационной зоне она может достигать плюс 42 [7, 8].

Учитывая все это, можно с уверенностью сказать, что благоприятный климат, в котором находится город Краснодар, позволит создавать парки с различными ландшафтными дизайнами, применяя для этого разнообразные виды растений.

**2. Преимущества градоэкологического каркаса.** Градоэкологический каркас позволяет городу развиваться, улучшая уже имеющуюся инфраструктуру, выглядеть презентабельно перед гостями края. Также можно выделить следующий ряд его достоинств:

1. Регулирование дождевого стока, что поможет уменьшить нагрузку на дождевую канализацию.

2. Очищение воздуха от пыли, смога и химических загрязнений, что особенно актуально в условиях больших городов.

3. Уменьшение зон повышенных температур, которые образуются над промышленными районами и городами в результате выбросов тепловой энергии.

4. Создание дополнительного места обитания для представителей животного и растительного мира. Так, например, крупные городские парки в качестве ядра экологического каркаса являются домом для редких и вымирающих птиц и насекомых, а санитарно-защитные участки автомобильных дорог или набережные могут являться своеобразными коридорами для перемещения биологических видов.

5. Регулирование скорости ветра. Разрывы между кронами деревьев способствуют вертикальному воздухообмену.

6. Выделение кислорода и поглощение углекислого газа.

7. Создание мест для отдыха и времяпровождения.

8. Уменьшение уровня шума.

Все эти положительные качества дополняются некоторыми функциями, которые каркас несёт за собой [6, 9]:

- формирование благоприятной экологической структуры городской среды;
- защита городской среды от разнообразных перепадов климата;
- поддержание устойчивости природной среды;
- защита природной среды от антропогенного влияния человека.

**3. Элементы градоэкологического каркаса.** Для своего существования и полного функционирования градоэкологический каркас обязательно должен включать такие элементы как:

1. Зелёное кольцо города. Это территория, состоящая из зелёных насаждений.

2. Равномерно расположенные парки.

3. Зелёные клинья. Встречаются в Санкт-Петербурге и Москве, они разделяют городскую застройку и ведут к ядру городского центра.

4. Водно-зеленый диаметр вокруг рек и водоёмов. Представляет собой территории общего пользования. Это могут быть бульвары, парки, скверы и т.д., например, водно-зеленый диаметр в городе Минске по реке Свислочь.

Основой экологического каркаса являются природные ядра. Они включают в себя заповедники, крупные природные парки, ботанические сады. Подобные территории наиболее освобождены от негативного влияния антропогенных воздействий. Эти ядра могут находиться как внутри города, так и обрамлять его. Уже от них тянутся своеобразные природные коридоры к другим элементам городской инфраструктуры (рис.2). Разрыв этих связей вследствие строительства ведёт к неблагоприятным последствиям для экологической системы. Нарушение стока, обмеление городских рек, разрушение почвы – всё это может являться последствиями уплотнения городской застройки [10, 11].

Озеленённые участки должны быть обязательно равномерно распределены и правильно спроектированы, ведь их положительные свойства могут обратиться в недостатки, например, зелёные клинья могут создавать как заслон от неблагоприятных ветров, так и коридор для проветривания, что может вызвать ряд проблем в местах не предназначенных для этого.

Огромное значение для экологического каркаса имеют природные экосистемы, к которым относят луга, водоёмы и их прибрежные территории, естественные леса. Все эти системы самодостаточные, сбалансированные, обладающие большим биоразнообразием, поэтому так необходимо сохранить их.

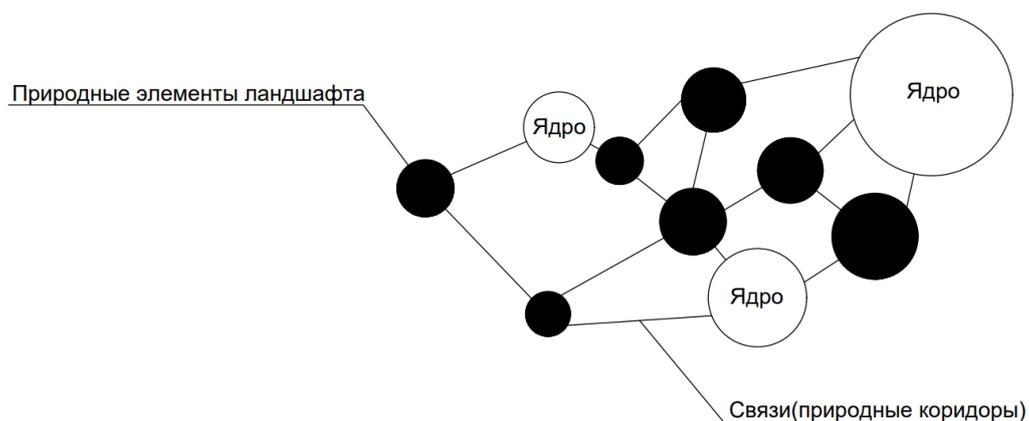


Рис. 2. Схема расположения элементов каркаса [5]

**4. Решение проблем с озеленением.** В Краснодаре есть крупные парки, такие как Чистяковская роща, парк культуры и отдыха Солнечный остров, Ботанический сад имени профессора И. С. Косенко, парк Краснодар, Городской сад. Их видно на карте (рис. 3), но в масштабе города их недостаточно. Если внимательно посмотреть, то можно обратить внимание, что большая часть озеленённых территорий находится за городом, а постоянные вырубки насаждений в нем ещё больше усложняют ситуацию. Так, чаще всего вырубают старые деревья, но молодые растения так и не высаживают на замену и после на место их предполагаемой высадки при ремонте тротуаров стелют плитку или дорожное покрытие [12].

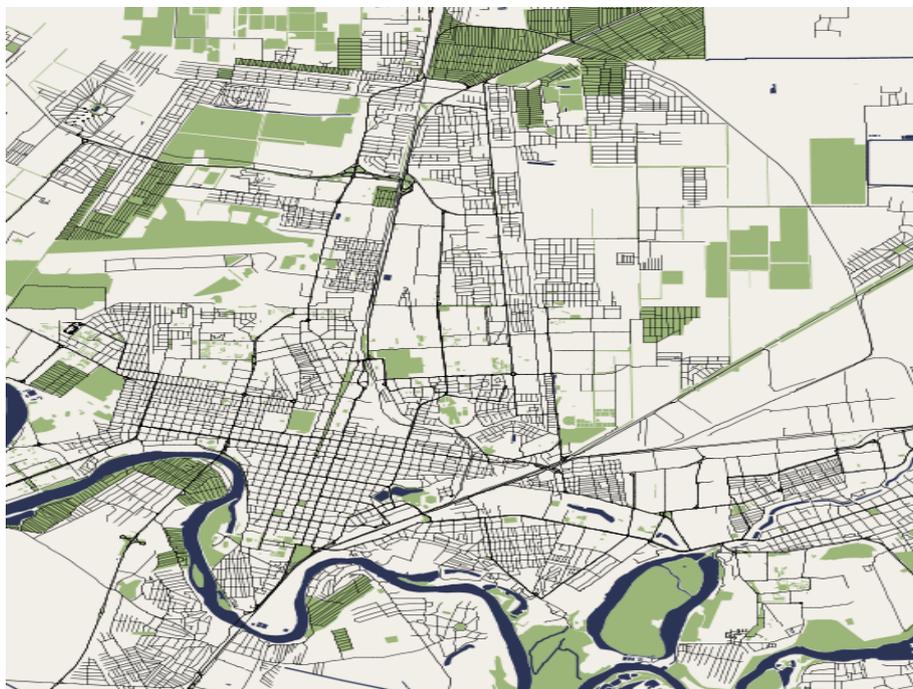


Рис. 3. Карта города Краснодара [1]

Так с каждым годом по улице Северной деревьев становится все меньше. Как решение этой проблемы в более широких участках тротуара можно высадить новые растения или организовать клумбы.

На улице Красной – центральной улице города – можно продлить бульвар до улицы Советской, который изначально начинается у кинотеатра «Аврора» и заканчивается у Театральной площади. Она является узкой и ширины тротуаров для свободного передвижения недостаточно, особенно это заметно по выходным и праздникам. Ситуацию усложняет передвижение там же большого количества велосипедистов и людей с самокатами. Создание бульвара позволит увеличить тротуары, а также создать велодорожки, которые можно отделить друг от друга зелёными насаждениями. Данное планирование улучшит экологическую и эстетическую функции, сделает движение более комфортным, безопасным и приятным [13, 14].

Как решение этой проблемы можно предложить озеленение крыш и вертикальное озеленение, они хорошо впишутся своей необычной архитектурой, позволят решить проблему плотной застройки и улучшить экологическую составляющую города. Так, на рисунке 4 мы видим комплекс из двух башен, расположенных в Милане. Около 900 деревьев, 5000 кустарников и 11000 других более мелких растений покрывают площадь примерно в 30000 квадратных метров. Такое количество растительности, для примера, располагается в среднем на одном гектаре леса [8, 15].



Рис. 4. Дом в Милане с вертикальным озеленением [8]

Проблему недостатка свободной территории для озеленения можно решить сносом построек, не имеющих практическую или культурную ценность для жителей города. На их месте можно создать участки с зелёными насаждениями. Также уже на этапе проектирования жилых комплексов следует уделять особое внимание созданию парков, зон отдыха, скверов, спортивных и детских площадок. Вдобавок, для улучшения экологической составляющей и создания больших пространств для создания зелёных областей можно вынести за пределы города промышленные зоны, а их территорию рекультивировать.

Также возможно задействовать территории, которые сейчас заброшены или не используются. Например, планируется создание «Парка Достижений» площадью 40 га к 2026 году от «Экспограда-Юг» до «Города спорта», который предполагается как самая большая зелёная зона в крае. Его созданию поспособствовали жители города на ежегодном голосовании на сайте краснодарской мэрии за благоустройство зелёных зон в 2023 году за счёт средств федерального бюджета [4, 9].

Учитывая, как город разросся в сторону Западного обхода и за его пределы, это станет большим плюсом для местных жителей, так как на сегодняшний день там нет облагоустроенных территорий [7].

**Выводы.** Подводя итог, можно сказать, что грамотная планировка градоэкологического каркаса в городе Краснодаре поможет его развитию, улучшению условий жизни населения, а также уменьшит ущерб от бессистемной застройки, станет более современной и комфортной. Здоровье жителей населённого пункта напрямую зависит от качества градоэкологического каркаса. Именно поэтому так важно сохранить и преумножить имеющиеся природные богатства для нас и следующих поколений.

#### Библиографический список

1. Шестнадцать зеленых мегаполисов [Электронный ресурс]. URL: <https://geonovosti.terratech.ru/ecology/shestnadsat-zelenykh-megapolisov/> (дата обращения: 12.12.2022).
2. Блюченко И.С. Экология Краснодарского края [Текст]. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2010. 367 с.
3. Сокольская О.Н. Экологические аспекты проектирования зданий и застройки южных городов // Вестник ТТУ. 2011. №2(14). С. 65–68.
4. Сокольская О.Н., Иванченко В.Т., Клименко В.В. Основы теории градостроительства и планировка населенных мест Краснодарского края: учеб. пособие. Краснодар: Изд-во ФГБОУ ВО КубГТУ, 2022, 204 с.
5. Максимова О.Н. Что такое экологический каркас города и зачем он нужен [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5ecfa2679a79475081e84b12> (дата обращения: 03.12.2022).
6. Георгица И.М. Специфика городского экологического каркаса // Ярославский педагогический вестник. 2011. № 3. С. 133–136.
7. Алексеева Т.М. В Краснодаре к 2026 году по нацпроекту построят «Парк достижений» [Электронный ресурс]. URL: <https://kuban24.tv/item/v-krasnodare-k-2026-godu-po-natsproektu-postroyat-park-dostizhenij> (дата обращения: 24.12.2022).
8. Боско Вертикале – вертикальный лес среди каменных джунглей [Электронный ресурс]. URL: <https://cattur.ru/europa/italy/bosko-vertikale-vertikalnyj-les.html> (дата обращения: 24.12.2022).
9. Ковалева Г.Н., Баранская Е.А., Пивоваров А.В. Сохранение и восстановление зеленого пространства исторически сложившейся жилой застройки средней этажности в Краснооктябрьском районе г. Волгограда // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 369–372.
10. Болгов С.А., Соколов А.И., Соколов И.И. Типы рекреационного ландшафта в Нижнем Поволжье // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 346.
11. Сидоренко В.Ф., Соколов А.И., Соколов И.И. Система озеленения малоэтажной жилой застройки // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 412–413.
12. Чернявская Т.А., Птичникова Г.А. Ландшафтная организация и озеленение малоэтажной застройки сельских населенных мест в условиях Нижнего Поволжья // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 429–431.
13. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*). М.: Минрегион России, 2010. 36 с.
14. Трофимчук Д.А. Зеленые насаждения урбандолиндов как способ оптимизации городской среды // Современные проблемы ландшафтоведения и геоэкологии: материалы VI Международной научной конференции (к 100-летию со дня рождения профессора В.А. Дементьева). 2018. С. 241–244.
15. Савельев М.В., Унагаева Н.А., Федченко И.Г. Особенности формирования открытых общественных пространств Красноярска в зоне влияния объектов культурного наследия // Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение. 2021. № 42. С. 135–157.

*Для цитирования:* Шнурникова Е.П., Фотиева В.А., Столбикова А.А. Градоэкологический каркас // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 11–16.

---

## ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

---

УДК 662.998

### ЗАМЕНА ТРУБОПРОВОДОВ В МИНЕРАЛОВАТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ПРЕДИЗОЛИРОВАННЫЕ ТРУБЫ В ПЕНОПОЛИМЕРМИНЕРАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Н. М. Попова, Д. М. Чудинов, М. А. Долбилова, Е. В. Чуприна

---

*Воронежский государственный технический университет*

*Н. М. Попова, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

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

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

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

*М. А. Долбилова, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(473) 271-53-21, e-mail: kirnova.ma@gmail.com*

*Е. В. Чуприна, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(900) 957-31-21, e-mail: liza.chuprina.01@list.ru*

---

**Постановка задачи.** Долговечность, эффективность и эксплуатационная надежность тепловых сетей напрямую зависит от теплоизоляционных материалов. В работе произведена оценка эффективности замены изоляции трубопроводов в минеральной вате на пенополимерминеральную (ППМ). Анализируются показатели эффективности пенополимерминеральной изоляции. В статье дана оценка текущего состояния тепловых сетей Воронежской области.

**Результаты.** Решение существующих проблем так или иначе связано с реализацией мер по повышению энергетической эффективности, которая заключается в замене менее эффективной тепловой изоляции на более современные материалы. Авторы статьи рассматривают замену морально устаревшей теплоизоляции, что обеспечит высокий уровень надежности теплоснабжения и повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения в Воронежской области.

**Выводы.** Эффективным путём достижения минимальных тепловых потерь является применение пенополимерминеральной изоляции, которая является инновационной защитой трубопроводов от разного рода воздействий внешних факторов.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, трубопроводы, тепловая изоляция, энергоэффективность, энергосбережение, показатели эффективности.

**Введение.** Проблемы теплоэнергетики из года в год стоят на одном из первых мест по значимости и сложности решений. Несмотря на новые технологии, их внедрение и освоение, специалистам в области теплоснабжения не удается вывести на должный уровень работу тепловых сетей, что, в какой-то степени, вполне объяснимо, так как работать в условиях недофинансирования довольно непросто [1].

Моральный и физический износ тепловых сетей в Воронежской области также является ключевой задачей специалистов (рис.1).

---

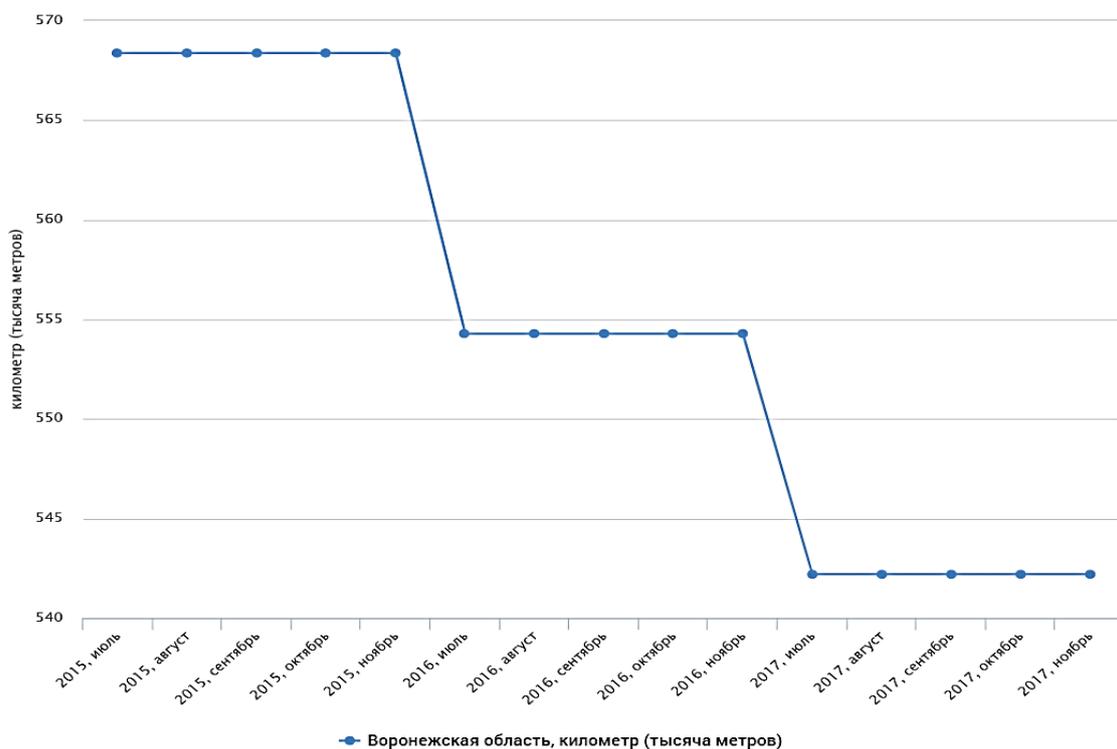


Рис. 1. Протяженность ветхих тепловых сетей, подлежащих замене [2]

Потери тепловой энергии увеличиваются пропорционально протяженности сети (рис.2).

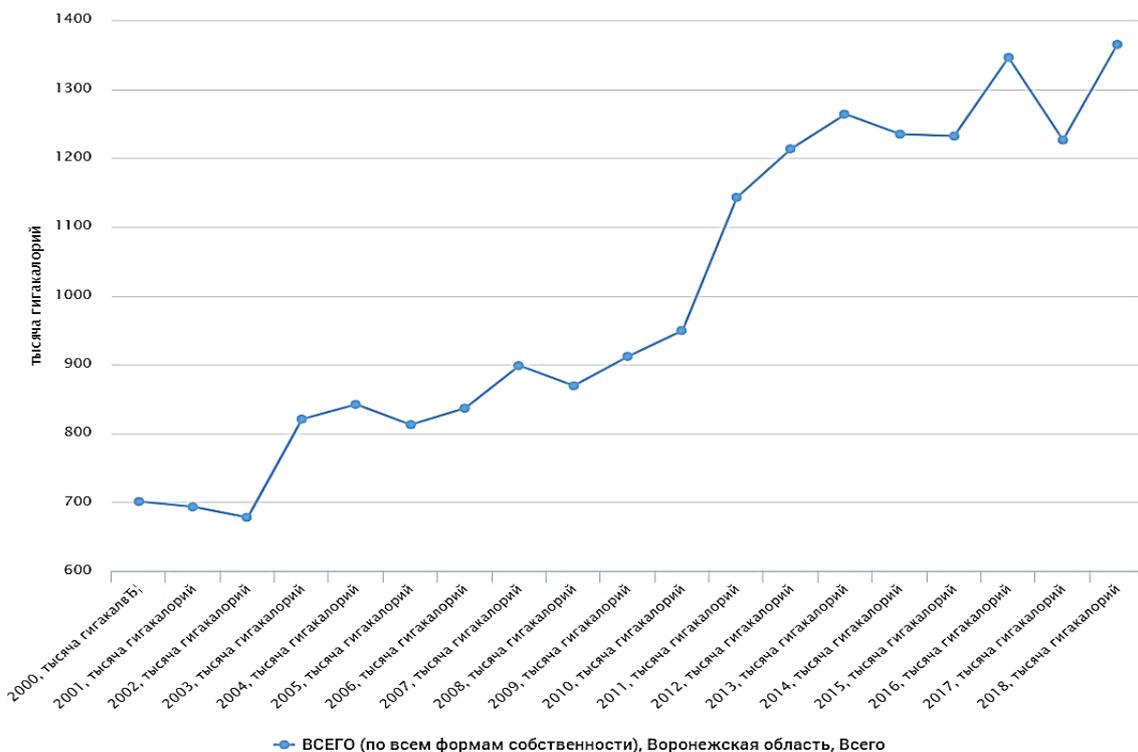


Рис. 2. Потери тепловой энергии [3]

К сожалению, замена устаревшего оборудования и участков теплотрасс происходит локально и, как правило, в самых аварийных её участках, что не решает проблем в данной отрасли, а лишь частично повышает показатели энергоэффективности в работе тепловых сетей. Ежегодно мы наблюдаем увеличение платы за энергопотребление и нельзя не отметить, что все теплопотери при доставке тепловой энергии от источника теплоты до потребителя также предусматриваются в платёжных документах [4, 5].

Как известно, долговечность и эксплуатационная надёжность тепловых сетей напрямую зависит от теплоизоляционных материалов. На сегодняшний день на территории Воронежской области активно идёт замена трубопроводов, изолированных минеральной ватой на предизолированные трубы в пенополимерминеральной (ППМ) изоляции филиалом ПАО «Квадра» – «Воронежская генерация». Рассмотрим данные виды изоляций более подробно и выделим преимущества и недостатки каждой из них.

**1. Энергосбережение.** Эффективным путём повышения энергосбережения в тепловой энергетике является усовершенствование качества теплоизоляционных материалов. К сожалению, на текущий момент тепловые потери через изоляцию трубопроводов тепловых сетей составляет 424 Гкал в год. Одним из путей минимизации потерь тепловой энергии является повышение теплозащитных свойств оборудования и теплопроводов [1]. Так, в Воронежской области по данным Росстата [2, 6], несмотря на ежегодное снижение протяженности ветхих тепловых сетей, подлежащих замене, вопросы с теплопотерями остаются пока неразрешёнными.

К значительным потерям тепла и низкому уровню энергосбережения приводят некоторые факторы внешней среды, такие как тепловлажностной режим, механические повреждения, а также непрофессиональный подход к подбору тепло- и гидроизоляции, нарушение технологии монтажа [1]. Всё это необходимо учитывать при оценке текущего состояния тепловых сетей. Так, весьма эффективным и на наш взгляд обоснованным является замена в Воронежской области трубопроводов, изолированных минеральной ватой, на предизолированные трубы в пенополимерминеральной изоляции [7, 8].

Коэффициент теплопроводности рассмотренного материала напрямую влияет на эффективность теплоизоляционного покрытия. Немаловажными факторами будут следующие основные показатели, которые должны учитываться при грамотном подходе к выбору того или иного материала, а вследствие чего повышение эффективности теплоизоляционного слоя: плотность, влажностные показатели, воздухопроницаемость, условия эксплуатации и их влияние на свойства изоляции [1, 9].

**2. Тепловая изоляция из минеральной ваты.** Минеральная вата на протяжении многих лет использовалась для теплоизоляции магистральных и распределительных тепловых сетях преимущественно в непроходных подземных каналах. Также осуществлялся надземный способ прокладки.

Эксплуатация данного вида изоляции показала, что она не может обеспечить надёжное и экономичное теплоснабжение потребителей. Причиной этого являются многочисленные повреждения теплопроводов из-за наружной коррозии и существенные потери теплоты за счёт увлажнения и нарушения целостности изоляции (рис.3).

Отметим, что сокращение эксплуатационного ресурса напрямую зависит от теплоизоляционных свойств материала. Как известно, минеральная вата является гидрофильной, что однозначно ведёт к преждевременной утрате теплоизоляционных свойств, а это заметное увеличение потерь тепла и необратимые процессы коррозии металла. Ко всему прочему, наличие серы в составе шлаковаты в значительной мере усугубляет разрушение трубопровода [7, 10].

В ряде случаев, работы по изоляции теплопроводов проводят вопреки нормативно-техническим документам. Так, нанесение асбестоцементной штукатурки по металлической

сетке или полимерного материала с проклейкой швов как защитного слоя изоляции не выполняются. Следствием этого является резкое сокращение срока эксплуатации [11].



Рис .3. Тепловая изоляция из минеральной ваты (шлаковата) [9]

В таблице 1 представлены данные об ухудшении теплоизоляционных свойств минеральной ваты [7, 12].

Таблица 1

Ухудшение теплоизоляционных свойств в зависимости от состояния и степени увлажнения тепловой изоляции

№ п/п	Техническое состояние теплоизоляционной конструкции, условия эксплуатации	К, Вт/(м <sup>2</sup> ·град)
1	Незначительное разрушение покровного и основного слоев изоляционной конструкции	1,3 – 1,5
2	Уплотнение изоляции сверху трубопровода и обвисание снизу	1,6 – 1,8
3	Частичное разрушение теплоизоляционной конструкции, уплотнение основного слоя изоляции на 30–50 %	1,7 – 2,1
4	Уплотнение основного слоя изоляции на 75 %	3,5
5	Периодическое затопление канала	3,0 – 5,0
6	Незначительное увлажнение изоляции на 10–15 %	1,4 – 1,6
7	Увлажнение изоляции на 20–30 %	1,9 – 2,6
8	Сильное увлажнение изоляции на 40–60 %	3,0 – 4,5
9	Затопление изоляции в канале	8 – 9

Важно отметить, что степень увлажнения и срок эксплуатации минеральной ваты находятся в обратнопропорциональной зависимости. Особого внимания заслуживает тот факт, что после прямого контакта с водой происходят необратимые процессы – минеральная вата окончательно разрушается.

На сегодняшний день шлаковату практически не применяют для выполнения теплоизоляционных работ, её вытеснили с рынка более современные материалы [13].

**3. Тепловая изоляция из полиполимерминерального материала.** Одним из эффективных путей достижения стабильных показателей в теплоизоляционных материалах является использование полиполимерминеральной изоляции (рис.4).



Рис. 4. Трубопроводы с ППМ изоляцией [9]

Как показывает опыт применения, теплоизоляционные характеристики ППМ изоляции значительно превосходят минеральную вату (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики и свойства материала согласно ГОСТ [4]

Показатель	ППМ-изоляция
Коэффициент теплопроводности	0,044 Вт/(м·°С)
Объёмная масса	250±50 (изоляционный слой –100 кг\м³)
Предел прочности при сжатии	1,2 МПа
Термостойкость	150 °С
Непрерывный дистанционный контроль увлажнения изоляции	Не требуется
Ремонтопригодность	Можно ремонтировать
Защита от механических повреждений	Не требуется
Паропроницаемость	Высыхание происходит быстро, изоляция выдерживает увлажнение
Огнеопасность	Материал не опасен, при попытке поджечь самостоятельно затухает
Токсичность	В слоях используются экологически чистые материалы
Коррозионностойкость	Нейтральный рН

Хочется отметить, что в случае с данным видом изоляции на коэффициент теплопроводности, да и то в незначительной степени, влияют влажность и повышенная температура. Среди положительных качеств следует отметить паропроницаемость и высушивание ППМ изоляции [4]. Так, при температуре теплоносителя 150 °С, она не теряет свои прочностные качества, также данный вид изоляции в достаточном объёме защищает стальной трубопровод от контакта с влагой и водой [14].

Следует отметить, что за последние годы наблюдения не было факта обнаружения повреждений ППМ изоляции от внешней коррозии. Однако, наряду с несомненными достоинствами, следует отметить и недостатки – на заводах-изготовителях периодически нарушают технологии производства, что ведёт к образованию трещин. Бесканальная прокладка будет являться оптимальной для эффективного использования трубопроводов с данным видом тепловой изоляции [5].

Технологии производства не стоят на месте, конструкция трубопроводов в ППМ изоляции постоянно совершенствуется, за счет чего улучшаются его эксплуатационные показатели. Так, например, поверхностный слой не пропускает влагу за счет невысокого показателя паропроницаемости, что, в свою очередь, снижает коррозию металла в процессе эксплуатации. Данный вид не слеживается и не теряет своих свойств на протяжении многих лет службы [4].

Рассмотрим положительные качества ППМ изоляции:

- практически за всё время эксплуатации материал не теряет своих прочностных качеств, толщина слоя остается неизменной;
- выполняет функции защиты от проникновения воды и влаги к стальной трубе, то есть функции гидроизоляции [6];
- низкий коэффициент теплопроводности, следовательно, невысокие теплопотери. Исследования показывают, что, будучи в оболочке из полимерной изоляции, трубы теряют не более 4 % теплоты. Если сравнивать с другими изоляционными материалами, то минеральная вата имеет показатель теплопроводности выше, а значит и потери тепла увеличиваются в 2–3 раза;
- стоимость ее сравнительно ниже, чем другие подобного рода изоляции;
- срок эксплуатации более 30 лет;
- ремонтпригодна, после восстановления не теряет своих физических качеств [4].

Недостатки ППМ изоляции:

- по причине высокой массы материала возрастают цены на его транспортировку. Чтобы установить слои, приходится задействовать спецтехнику;
- тепловые потери ППМ изоляции уступают аналогичным системам пенополиуретановой изоляции;
- используют антикоррозионные средства для обработки теплопровода, так как ППМ изоляция недостаточно герметична.

**Выводы.** На сегодняшний день тип и качество теплоизоляции играют важную роль в вопросах экономической эффективности теплоснабжения. На первый план выходят долговечность и надёжность используемых материалов. Финансовые вложения в тепловые сети должны иметь экономическую целесообразность. Снижение тепловых потерь и повышение прочностных характеристик объектов энергетического строительства являются показателем энергетической эффективности.

Использование минеральной ваты сильно ограничено ввиду её повышенной гидрофильности, и, как следствие, трубопровод подвержен высокой коррозии металла, приводящей к аварийной ситуации и колоссальным тепловым и энергетическим потерям. Но, несмотря на перечисленные отрицательные качества минеральной ваты, она является незаменимым материалом для изоляции высокотемпературных трубопроводов.

Тогда как ППМ изоляция уже на протяжении многих лет ведёт себя как стабильный в работе материал, что безусловно сказывается на экономической стороне вопроса, ведь, минимизируя теплопотери и аварийность в тепловых сетях, мы имеем положительную динамику в развитии теплоэнергетики.

К сожалению, никогда не исчезнут потери тепловой энергии пока имеют место быть халатность и безответственное отношение отвечающих за эксплуатацию тепловых сетей организаций.

Всё это необходимо учитывать при выборе определённого вида тепловой изоляции. Так, весьма эффективным и экономически целесообразным на наш взгляд является выбор ППМ изоляции Воронежской областью. Замена минеральной ваты на пенополимерминеральную изоляцию позволит встать на путь эффективного снижения потерь тепловой энергии и аварийности в тепловых сетях.

#### Библиографический список

1. Белых А.Ф., Фахрисламов Р.З. Проблемы снижения теплопотерь и обеспечение пожарной безопасности конструкций тепловой изоляции // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 7 (19). С. 22–28.
2. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/indicators/search?searchText=Тепловые+сети> – Протяженность ветхих тепловых сетей, подлежащих замене (дата обращения: 19.09.2022).
3. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]. URL: <https://fedstat.ru/indicators/search?searchText=Тепловые+сети> – Потери тепловой энергии (дата обращения: 19.09.2022).
4. Проф трубы: ППМ (пенополимерминеральная) изоляция для трубопроводов [Электронный ресурс]. URL: <https://profpipes.ru/drugoe/ppm-penopolimermineralnaya-izolyatsiya-dlya-truboprovodov.html> (дата обращения: 15.04.2022).
5. Пенополимер. Анализ эффективности современных теплоизоляционных конструкций трубопроводов тепловых сетей [Электронный ресурс]. URL: [https://ppminvest.pro/content/ppm\\_insulation/effectivnost-teplovih-setei](https://ppminvest.pro/content/ppm_insulation/effectivnost-teplovih-setei) (дата обращения: 15.04.2022).
6. НП «АВОК». Исследование свойств ППМ-изоляции подземных трубопроводов [Электронный ресурс]. URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=7199](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7199) (дата обращения: 13.09.2022).
7. Васильев А.Ф., Наумов Д.А. Рекомендации по применению теплоизоляционных материалов и конструкций для трубопроводов, оборудования и емкостей // Новости теплоснабжения. 2001. № 9. С. 41–48.
8. Оценка технического состояния тепловых сетей в РФ / Н.М. Попова, В.Е. Таран, Н.А. Петрикеева, Д.М. Чудинов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2021. № 1 (22). С. 16–21.
9. Сравнительный расчет изоляционных материалов, применяемых в трубопроводных конструкциях / К.А. Григорьева, Е.Е. Ерилова, Н.А. Петрикеева, Д.М. Чудинов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2020. № 4 (21). С. 28–38.
10. Определение теплопроводности и термического сопротивления изоляционного материала Астратек / В.М. Фокин, В.Ф. Таранов, А.В. Ковылин, Е.Н. Воробьев // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы Международной научно-практической конференции. 2009. С. 321–322.
11. Бирюзова Е.А. Повышение энергоэффективности тепловых сетей за счет применения современных теплоизоляционных материалов // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 1. С. 62–66.
12. Вариант решения задачи оптимизации толщины теплоизоляционного слоя в теплоснабжении / Н.А. Петрикеева, Д.М. Чудинов, Е.А. Копытина, Л.П. Мышовская // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 2 (50). С. 21–28.
13. Попов Н.О., Петрикеева Н.А., Копытин А.В. Определение оптимальной толщины теплоизоляционного слоя трубопроводов систем теплоснабжения // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2015. № 1 (18). С. 15–22.
14. Хорошилова Е.Л., Петрикеева Н.А., Попова Н.М. Повышение противокоррозионных свойств защиты газонепроводов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2018. № 2 (11). С. 42–49.

*Для цитирования:* Замена трубопроводов в минераловатной изоляции на предизолированные трубы в пенополимерминеральной изоляции / Н.М. Попова, Д.М. Чудинов, М.А. Долбилова, Е.В. Чуприна // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 17–23.

УДК 662.995

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНВЕКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛА**

Е. В. Плаксина, Р. А. Кумаков, Е. Л. Дьяконенко

*Воронежский государственный технический университет**Е. В. Плаксина, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(950)760-26-31, elena.plaksina2013@yandex.ru**Р. А. Кумаков, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(920)229-91-39, r.kum@yandex.ru**Е. Л. Дьяконенко, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7(960)109-65-38, el.dyakonenko@yandex.ru*

**Постановка задачи.** Современные решения в области теплогенерирующих установок предъявляют повышенные требования к точности расчетов. При тепловом расчете теплогенераторов широко используется графоаналитический метод, предусматривающий использование многочисленных номограмм при определении коэффициента теплопередачи. Значения температур газов на выходе из теплообменной поверхности находятся графическим решением системы уравнений. Использование подобных методов может приводить к ошибкам, которые могут существенно влиять на правильность расчета.

**Результаты.** Проведен расчет конвективных поверхностей нагрева парового котла серии КЕ с применением графического метода, использующего номограммы нормативного метода теплового расчета и нахождение значения температуры газов, и аналитическим методом с использованием уравнений теплопередачи и численного решения системы уравнений. Установлена значительная разница в результатах, достигающая 25 % по значению коэффициента теплопередачи и 34 °С по температуре дымовых газов на выходе из теплообменной поверхности.

**Выводы.** Установлено, что разница в величинах, полученных при использовании графического и аналитического метода расчета конвективных поверхностей котла, может быть значительной и оказывать существенное влияние на технико-экономические параметры.

**Ключевые слова:** паровой котел, тепловой расчет, теплопередача, конвекция, дымовые газы.

**Введение.** Современные инженерные решения в области теплогенерирующих установок невозможно представить без широкого внедрения цифровых и информационных технологий [1]. Широко используются в настоящее время технологии автоматизированного проектирования на базе различных систем, позволяющие использовать уже накопленный опыт в виде типовых инженерных решений. Внедрение информационных технологий непосредственно в процесс создания новых теплогенераторов и модернизации существующих остается по-прежнему необходимым и актуальным [2, 3].

Как известно, целью поверочного теплового расчета конвективных поверхностей нагрева теплогенератора является определение температуры газов на выходе. При отсутствии хвостовых устройств нагрева, температура дымовых газов после последней конвективной поверхности определяет конечную температуру использования потенциала теплоты. В случае использования хвостовых поверхностей, например, экономайзера, то температура газов на входе в экономайзер влияет на его конструкцию [4, 5]. От правильности выбора конвективных поверхностей зависит экономичность котла [5]. Расчет процессов теплообмена в конвективных поверхностях нагрева теплогенераторов является достаточно сложной задачей [6, 7].

Необходимо учитывать сложный характер процессов теплопередачи, включающий радиационную и конвективную составляющие. Важным моментом, влияющим на последующие расчеты, является определение состава и энтальпий продуктов сгорания с учетом изменения коэффициента избытка воздуха по газовому тракту котла [8, 9]. Основным документом, позволяющим проводить расчеты теплогенераторов, является нормативный метод теплового расчета [9, 10]. С целью ускорения расчетов рекомендуется использовать многочисленные диаграммы, графики, номограммы, представленные в методе. Использование такого может вносить субъективность и способствовать накоплению ошибок.

С целью сравнения результатов аналитического (точного) расчета и с использованием номограмм, был проведен тепловой расчет конвективных поверхностей нагрева парового котла типа КЕ паропроизводительностью 4 т/ч.

**1. Методика расчета.** Для нахождения температуры газов за каждой конвективной поверхностью теплообмена необходимо решить систему нелинейных уравнений зависимости тепловосприятий конвективных пучков от температуры газов, полученных по уравнениям теплового баланса  $Q_{\bar{o}}$  и теплообмена  $Q_m$  [11, 12]:

$$\begin{cases} Q_{\bar{o}} = \varphi \left( I'_{kn} - I''_{kn} + \Delta\alpha_{kn} I'_{x\bar{o}} \right) \\ Q_m = \frac{K_{kn} H_{kn} \Delta t_{kn}}{B_p} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сохранения теплоты;  $I'_{kn}, I''_{kn}, I'_{x\bar{o}}$  – энтальпии дымовых газов на входе в конвективный пучок, на выходе из него и воздуха соответственно;  $\Delta\alpha_{kn}$  – изменение коэффициента избытка воздуха по конвективному пучку;  $H_{kn}$  – площадь теплообменной поверхности;  $K_{kn}$  – коэффициент теплопередачи;  $\Delta t_{kn}$  – среднелогарифмический температурный напор;  $B_p$  – расход топлива.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией при поперечном обтекании коридорных гладкотрубных пучков необходимо определять по зависимости

$$\alpha_k = 0,2 C_s C_z \frac{\lambda}{d} \left( \frac{wd}{\nu} \right)^{0,65} \text{Pr}^{0,33}, \quad (2)$$

где  $C_s$  – поправка на геометрическую компоновку пучка, определяемая по формуле

$$C_s = \left[ 1 + (2\sigma_1 - 3) \left( 1 - \frac{\sigma_2}{2} \right)^3 \right]^{-2}, \quad (3)$$

$\sigma_1, \sigma_2$  – относительный поперечный и продольный шаг соответственно ( $\sigma_1 = \frac{s_1}{d}, \sigma_2 = \frac{s_2}{d}$ );  $d$  – диаметр трубы;  $s_1, s_2$  – соответственно поперечный и продольный шаг труб в трубном пучке;  $C_z$  – поправка на число рядов труб по ходу газов (для рассматриваемого котла  $C_z = 1$ );  $\lambda, \nu, \text{Pr}$  – коэффициенты теплопроводности газов, кинематической вязкости и критерий Прандтля соответственно, определяемые при средней температуре среды по справочным данным;  $w$  – средняя скорость дымовых газов в газоходе, определяемая по формуле

$$w = 0,278 \frac{B_p V_{\Gamma} (t_{kn}^{cp} + 273)}{273 F_{kn}}, \quad (4)$$

где  $V_r$  – удельный объем продуктов сгорания;  $F_{kn}$  – площадь живого сечения для прохода дымовых газов в газоходе, м<sup>2</sup> [10, 13];  $t_{kn}^{cp}$  – средняя температура газов в пучке.

Коэффициент теплоотдачи излучением при средней температуре газов  $T$ , определяется по формуле

$$\alpha_{\lambda} = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{a_3 + 1}{2} a T^3 \frac{1 - \left(\frac{T_3}{T}\right)^4}{1 - \frac{T_3}{T}}, \quad (5)$$

где  $a_3$  – степень черноты загрязненных стенок лучевоспринимающих поверхностей, принимаемая для котловых поверхностей нагрева равной 0,8;  $a$  – степень черноты потока дымовых газов при средней температуре, определяемая по формуле

$$a = 1 - e^{-kps}, \quad (6)$$

$e$  – основание натурального логарифма;  $p$  – давление в топке принимаемое 1 кг/см<sup>2</sup>;  $s$  – эффективная толщина излучающего слоя, м для гладкотрубных пучков с числом рядов более трех определяется по формуле

$$s = 0,9d \left( \frac{4}{\pi} \sigma_1 \sigma_2 - 1 \right), \quad (7)$$

$k$  – коэффициент ослабления лучей для трехатомных газов, (м·кгс/см<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>, определяется по формуле

$$k = \left( \frac{0,78 + 1,6r_{H_2O}}{\sqrt{pr_n s}} - 0,1 \right) \left[ 1 - 0,37 \frac{t_{cp} + 273}{1000} \right] r_n, \quad (8)$$

где  $r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$  – суммарная доля трехатомных газов и водяных паров;  $T_3$  – абсолютная температура загрязненной наружной поверхности.

Коэффициент теплопередачи  $K_{kn}$  с учетом значения коэффициента использования теплообменной поверхности  $\zeta = 1$ , определяем по формуле [14, 15]

$$K_{kn} = \psi \zeta (\alpha_{\lambda} + \alpha_{\kappa}), \quad (9)$$

где  $\psi$  – коэффициент тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева.

Нормативный метод теплового расчета рекомендует определять коэффициент тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева при сжигании твердого топлива по специальному графику в зависимости от средней температуры в пучке и загрязняющих свойств топлива. Зависимость  $\psi = f(t_{cp})$  линейная и ее можно представить для умеренно загрязняющих поверхностей и сильно загрязняющих с очисткой в виде уравнения

$$\psi = 0,9 - 4,4444 \cdot 10^{-4} \cdot t_{cp}. \quad (10)$$

**2. Результаты расчетов и их анализ.** При тепловом расчете, принято предварительно задавать температуры на выходе из газохода. Задавались значения для первого пучка 600 °С и 500 °С, для второго – 300 °С и 400 °С. Исходные данные для расчета были взяты по данным авторов [11, 16].

В таблице представлены результаты расчета температуры на выходе из конвективных пучков по аналитическому и графическому методу.

## Результаты расчета конвективных пучков

Величина	Ед. изм	Аналитический метод				Графический метод			
		400 °С	300 °С	600 °С	500 °С	400 °С	300 °С	600 °С	500 °С
$t_{cp}$	°С	633,62	583,62	733,62	683,62	460,5	410,5	729,13	679,1
$I_{\Gamma}$	ккал/кг	2276,11	2276,11	3845,68	3845,68	2460	2460	3800	3800
$I_{ex}$	ккал/кг	1849,305	1371,035	2578,09	2121,352	1860	1380	2610	2150
$Q_b$	ккал/кг	417,526	878,675	1228,35	1668,737	581,8	1042,5	1148,02	1589,47
$\Delta t$	°С	246,95	183,89	528,29	465,63	261,76	196,07	524,47	462,11
$w$	м/с	8,2647	7,8089	8,584	8,158	6,74	6,28	8,616	8,19
$\alpha_k$	Вт/(м <sup>2</sup> К)	56,788	55,183	57,975	56,474	51,45	49,75	57,663	56,209
$s$	м	0,17654	0,17654	0,17676	0,17676	0,1649	0,1649	0,1649	0,1649
$k$	(м·кгс/см <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	0,58995	0,59335	0,5647	0,5813	0,6458	0,6638	0,534	0,5721
$a$	-	0,0989	0,0995	0,0949	0,0976	0,101	0,1037	0,0843	0,09
$\alpha_n$	Вт/(м <sup>2</sup> К)	7,9587	7,1041	9,593	8,815	5,252	4,770	8,430	8,100
$\alpha$	Вт/(м <sup>2</sup> К)	64,7467	62,287	67,568	65,289	56,702	54,520	66,093	64,302
$K$	Вт/(м <sup>2</sup> К)	40,039	39,902	38,777	38,925	30,593	29,953	33,140	32,674
$Q_m$	ккал/кг	956,5833	709,9	1981,89	1753,49	768,46	563,44	1667,82	1448,9
$t_{II}$	°С	-	-	487,22		-	-	521	
$t_{III}$	°С	364,8		-	-	372		-	-

Из таблицы следует, что наибольшая разница по температуре газов наблюдается по первому пучку и она составляет почти 34 °С. Наибольшая разница также наблюдается в расчетах степени черноты газового потока – 11,2 %, коэффициента теплоотдачи излучением – 12,1 %, коэффициента теплопередачи – 14,5 % при температуре 600 °С. Несмотря на то, что отличие в коэффициенте теплопередачи второго пучка составляет по всем значениям температур порядка 25 %, итоговая разница в значениях температур получилась не столь значительной – 7,2 °С. Тем не менее, при изменении температуры уходящих газов (в случае отсутствия хвостовых поверхностей) изменяется значение потери теплоты с уходящими газами, а, следовательно, и КПД котла [17, 18, 19]. По мнению авторов, даже незначительная разница в температуре дымовых газов на входе в экономайзер может повлиять на экономичность теплогенератора [20, 21]. Понижение температуры питательной воды на 7,2 °С может привести к изменению КПД котла и расходу топлива [22].

**Выводы.** Проведен поверочный расчет конвективных поверхностей нагрева парового котла. При этом использовался графоаналитический метод и аналитический, предусматривающий использование уравнений и численное решение систем нелинейных уравнений. С целью исключения возможных ошибок, необходимо использовать аналитическое решение подобных задач, требующее использования информационных технологий.

## Библиографический список

1. Использование цифровых технологий в тепловом расчете теплогенерирующих установок / Д.Н. Китаев, А.Т. Курносов, А.В. Черемисин, З.С. Гасанов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2020. №1(39). С. 114–118.

2. Семенов В.Н., Китаев Д.Н., Овсянников А.С. Актуальные проблемы теплоснабжения муниципальных образований (на примере городского округа город Воронеж) // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2015. №14. С. 100–108.
3. Комплексное развитие систем коммунальной инфраструктуры / В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, П.Г. Грабовый, И.В. Журавлева, Г.Н. Мартыненко, В.Я. Манохин, В.А. Сергеев, А.С. Овсянников // Воронеж: ВГАСУ, 2010. 135 с.
4. Китаев Д.Н., Тульская С.Г. Обоснование оптимальной компоновки экономайзера по техническим критериям // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2022. №4(23). С. 37–43.
5. Китаев Д.Н., Бакай А.С., Моросников В.Ф. Уточнение расчета коэффициента полезного действия парового котла // Высокие технологии в строительном комплексе. 2022. №1. С.36–40.
6. Моросников В.Ф., Китаев Д.Н. Повышение точности теплового расчета теплогенераторов // Научная опора Воронежской области. Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж. 2022. С. 137–139.
7. Черных Е.М., Китаев Д.Н. Математическая модель конвективного теплопереноса при зарядке теплового аккумулятора // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. №6. С. 124–128.
8. Kitaev, D., Tulskaaya, S., Zhmakin, V. (2023). Using Linear Equations in Calculating the Heat Capacities of Gases. In: Vatin, N., Pakhomova, E.G., Kukaras, D. (eds) Modern Problems in Construction. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 287. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-12703-8\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12703-8_26).
9. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.
10. Курносоев А.Т., Китаев Д.Н., Бабич А.С. Конструкции и характеристики теплогенераторов и их топочных устройств. Воронеж: Изд-во ВГАСУ, 2007. 50 с.
11. Макаренко А.В., Иевлев А.Н. Совершенствование расчета конвективных и хвостовых поверхностей парового котла // Студент-Наука: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж, 2022. С. 58–60.
12. Турбин В.С., Сотникова О.А., Петрикеева Н.А. Управление процессами тепло-и массообмена в напорных экономайзерах котельных агрегатов // Известия Тульского государственного университета. Серия: Строительство, архитектура и реставрация. 2006. № 9. С. 269.
13. Петрикеева Н.А., Цуканова О.С., Письменный Д.А. Использование теплоты конденсации продуктов сгорания теплогенерирующих установок систем теплоснабжения // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2009. № 1 (1). С. 107–113.
14. Волкова Ю.В., Петрикеева Н.А. Технологические схемы очистки дымовых газов от оксидов серы // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 2 (7). С. 10–13.
15. Петрикеева Н.А., Кузнецов С.Н. Экологический эффект при полном сгорании топлива в котельных установках // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 108–113.
16. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в гелиоустановках / Т.В. Щукина, Д.М. Чудинов, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 118–121.
17. Петрикеева Н.А., Лавлинская Е.А., Зыкова М.Ю. Аккумуляторы теплоты на фазовом переходе // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2015. № 8. С. 226–233.
18. Петрикеева Н.А. Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 4–2 (17). С. 76–80.
19. Мелькумов В.Н., Китаев Д.Н. Математическая модель конвективного теплообмена при зарядке теплового аккумулятора системы теплоснабжения // Научный журнал строительства и архитектуры. 2017. № 1 (45). С. 40–49.
20. Китаев Д.Н., Курносоев А.Т. Исследование значений КПД мини-ТЭЦ // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2008. Т. 4. № 12. С. 71–73.
21. Расчетные исследования теплообмена в конвективном пучке газотрубного котла / В.А. Кихтенко, И.А. Степашкин, Е.Н. Слободина, А.Г. Михайлов // International scientific research 2017: материалы XXVI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 98–100.
22. Расчетные исследования теплообмена в газотрубном котле / А.Г. Михайлов, Е.Н. Слободина, В.А. Кихтенко, И.А. Степашкин // Инновационное развитие современной науки: проблемы, закономерности, перспективы. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. 2017. С. 100–103.

*Для цитирования:* Плаксина Е.В., Кумаков Р.А., Дьяконенко Е.Л. Аналитический расчет конвективных поверхностей котла // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 24–28.

---

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

---

УДК 69.001.5

### СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ

А. Д. Голядкина, Д. П. Субботин, Н. А. Петрикеева, А. А. Кратько

---

*Воронежский государственный технический университет*

*А. Д. Голядкина, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +7(908)135-14-43, e-mail: nutagolyadkina@mail.ru*

*Д. П. Субботин, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

*Россия, г. Воронеж, тел.: +79304125693, e-mail: dimdim160402@gmail.com*

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

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

*А. А. Кратько, студент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела*

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

---

**Постановка задачи.** В данной статье освещена новейшая технология строительства зданий с помощью 3D-технологий. Представлен зарубежный опыт строительства и развитие данного типа в России. Рассмотрена технологическая возможность использования данного метода строительства в регионах с различным климатом и техническая надежность зданий и сооружений, выполненных 3D-методом.

**Результаты.** Приведено обоснование актуальности автоматизации и ускорения методов строительства. Получена информация о результативности и экономическом преимуществе строительства зданий данным методом, представлены вид и процесс строительства на строительных принтерах.

**Выводы.** Определены достоинства и недостатки применения технологии 3D-печати зданий в индустрии, в результате чего сделаны выводы о перспективности развития применения данных технологий. Даны рекомендации по внедрению метода в строительство.

**Ключевые слова:** 3D-технология, строительный принтер, организация строительства, печать зданий.

**Введение.** С каждым годом население человечества на планете увеличивается. С повышением нормативных требований к зданиям для проживания людей многие жилые, общественные и производственные здания подлежат реконструкции или сносу. Освоение и застраивание территорий приводит к потребности большого объема готовых жилых и производственных зданий, которые будут удовлетворять потребностям эксплуатирующих лиц [1]. Весь мир, в частности Россия, испытывают трудности в строительстве жилья: выбор и подготовка строительных площадок под застройку, реализация строительных проектов в сроки и удовлетворение ими обязательных государственных строительных норм, недостаточный объём вводимого в эксплуатацию жилья для растущих потребностей граждан на различных климатических территориях, большие трудозатраты рабочих на возведение ряда конструкций. Данные проблемы мотивируют людей на поиск новых материалов и технологий [2].

---

Рост жилого многоквартирного и индивидуального фонда представляет всю необходимость скорого развития строительства, возведение зданий и развитие инфраструктуры рядом с жилыми комплексами высокого качества и в кратчайшие сроки.

**1. Понятие о технологии.** Метод 3D-печати зданий – это современная технология строительства, где строитель, управляя машиной 3D-принтером, который имеет «кран-руку», автоматически наслаивает и сжимает слои бетона, пластика и других строительных смесей в фундамент и выстраивает конструкцию. Технология предоставляет возможность строить здания прямо на строительной площадке, позволяя возводить стены любых конфигураций.

Данная технология строительства появилась еще в 1980-х годах, но только за последние десятилетия стала активно развиваться и предоставила настоящий прорыв в строительстве [3, 4].

3D-принтеры имеют большое сходство с обычными струйными офисными принтерами. Программное обеспечение задает команду устройству о размерах конечного продукта. Далее машина начинает выводить материал на подготовленную строительную платформу, наслаивая материал согласно плану здания, основываясь на 3D-модели здания, созданной специализированными программами CAD и BIM. В 3D-принтерах часто используют жидкие металлы, пластик, цемент и вариации разных материалов, которые на воздухе остывают, высыхают и затвердевают, формируя требуемую конструкцию [5].

**2. Принцип действия и виды 3D-принтеров.** Строительные 3D-принтеры бывают следующих конструктивных типов:

1. Портальный принтер (рис.1): конструкция представляет собой раму, у которой по осям XY перемещается печатная головка машины. Для подвешивания головки к раме задействуют порталы (телескопические направляющие аппарата по XYZ осям). Для перемещения порталов используют высокоточные шаговые двигатели.



Рис. 1. Организация строительства с помощью портального 3D-принтера [2]

2. Delta-принтеры (рис.2): конструкция принтера позволяет создавать более сложные объемные объекты за счет того, что они не привязаны к трехмерным направляющим. Их печатающие головки висят на тонких рычагах, закрепленных за вертикальные направляющие.

Дельта-принтеры, как и классические картезианские 3D-принтеры, работают в системе координат XYZ. Принципиально отличаются они тем, что иначе ориентируются и перемещают печатную головку в пространстве – у них три «руки» на линейных приводах,

каждой из которых задается свое значение подъема по направляющей. Для вычисления необходимых команд используется тригонометрическая функция, основанная на углах, что позволяет очень точно позиционировать экструдер.

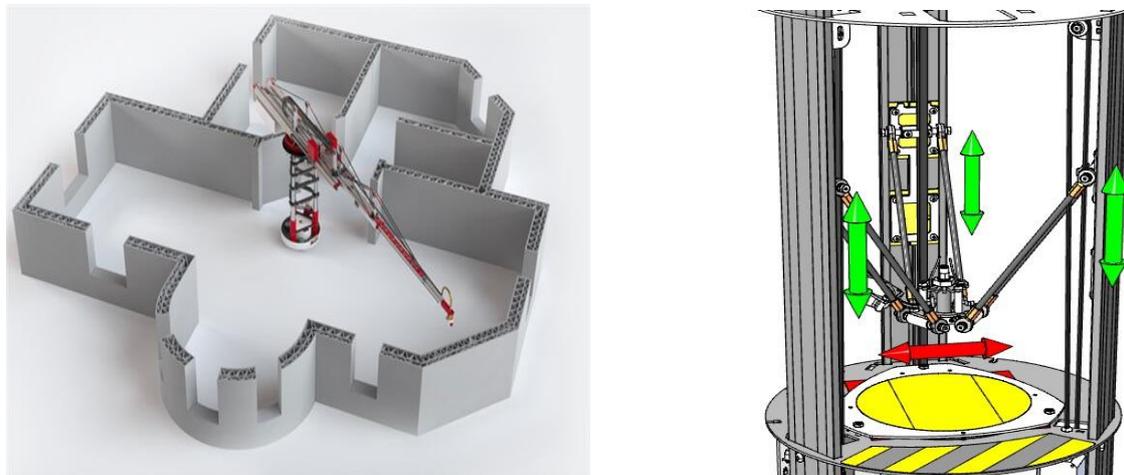


Рис. 2. Организация строительства с помощью Delta 3D-принтера [3]

3. Робот-принтер (рис.3): его конструкция представляет собой робота или систему роботов, по конструкции приближенных к промышленному манипулятору, управляемому программным обеспечением компьютера.

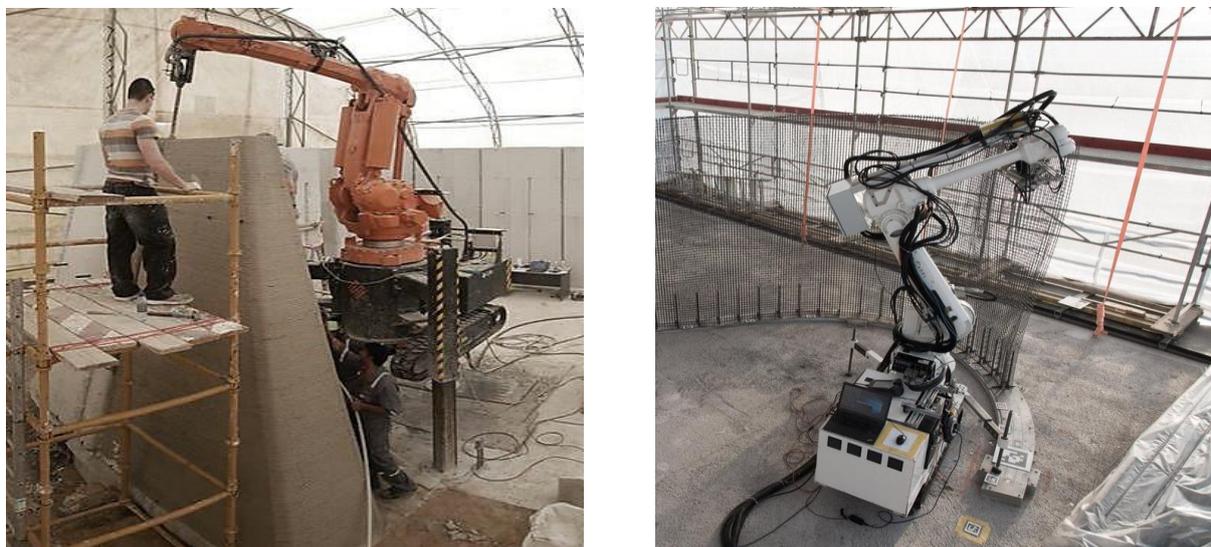


Рис. 3. Организация строительства с помощью 3D-принтера-робота [3]

Строительные 3D-принтеры используются тремя способами:

- а) компактные постройки можно распечатать целиком;
- б) объемные постройки могут возводиться из отдельных элементов, напечатанных принтером в цеху;
- в) внутренние стены могут быть распечатаны принтером внутри возводимой постройки на строительной площадке.

**3. Материалы, используемые в принтерах.** Самым частым материалом для 3D-печати в строительстве являются смеси на основе бетона. Каждая компания разрабатывает индивидуальный состав смеси, ориентируясь на устройство и сопло принтера, а также специфику готового изделия. Главными параметрами смеси являются: прочность, скорость застывания и набора прочности, пластичность [5, 6].

Для того, чтобы избежать проблем прохождения материала через экструдер (основная часть, выпускающая и создающая форму материала), бетон делают такой консистенции, которая при мелкозернистой структуре не будет растекаться, а ложиться ровными слоями. Материал должен обладать быстрым схватыванием для сохранения формы, однако если процесс будет происходить на слишком высокой скорости, то накладываемые принтером слои утратят химическую активность и не сформируют в месте соприкосновения единую структуру. Также если бетон начнет схватываться чересчур быстро, он забьет сопло и принтер выйдет из строя. Прочность бетона повышается за счет добавления пластифицирующих веществ. Благодаря им смесь становится более подвижной, а водоцементное соотношение уменьшается [6, 7].

На рис.4 показан натуральный вид строительства с применением строительного 3D-принтера и готового здания, выполненного данным методом.



Рис. 4. Строительство с применением 3D-принтера [7]

Преимущества метода:

- безотходное производство – расход смеси аппаратом производится по needs строительства, не оставляя излишек строительного материала;
- значительное снижение трудозатрат;
- повышение безопасности строительства путем сокращения нахождения человека на строительной площадке;
- повышение темпов строительства зданий;
- воплощение различных архитектурных решений;
- уменьшение расходов путем сокращения работников и экономного расхода материалов и электроэнергии;
- высокое качество, равное традиционным методам строительства.

Недостатки метода:

– потеря рабочих мест для строителей;  
– малое количество специалистов для эксплуатации принтеров;  
– использование более качественного сырья для приготовления нужной консистенции материала для правильной эксплуатации машин;  
– сложность с хранением, транспортировкой и монтажом оборудования;  
– техническая невозможность широкого производства принтеров на данный момент времени [7].

В мире есть несколько подобных крупных объектов (без учета жилых домов), которые активно функционируют в настоящее время:

- офисное здание муниципалитета Дубая (ОАЭ);
- офис будущего (ОАЭ);
- дома, созданные 3D-принтером компании ВинСун (Китай);
- номер в Льюис Гранд Хотел (Филиппины).

В России для застройки жилых домов с помощью 3D-принтеров были закуплены 1,5 га земли в Ярославской области в близости поселка Тутошна. Согласно предварительной оценке, себестоимость квадратного метра такого жилья составляет 20 тыс. руб.

Для домов, построенных 3D-принтером с помощью данной технологии, выполняются и фундаменты, утепление, прокладка коммуникаций, а сами здания могут выполняться с различными архитектурными решениями [8, 9].

**Выводы.** В данной статье освещена новейшая технология строительства и рассмотрены преимущества метода строительной 3D-печати, которая поможет решить множество проблем строительства, актуальных на данный момент. Экономическая выгода, уменьшение трудозатрат и времени на возведение зданий жилого и общественного назначения, не уступающих техническим характеристикам зданий, построенных традиционным методом, делают рассматриваемый способ рентабельным среди застройщиков и открывают новые возможности для широкого выхода на рынок строительства.

#### Библиографический список

1. Баженова Е.С., Солодилова Л.А. Комплексная организация малоэтажной жилой застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 5. С. 39–41.
2. Мониторинг объемов жилищного строительства / Минстрой России [Электронный ресурс]. URL: [minstroyrf.gov.ru](http://minstroyrf.gov.ru) (дата обращения: 19.09.2022).
3. Бадьин Г.М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. СПб.: Изд-во БХВ-Петербург, 2011. 422 с.
4. Ведяков И.И., Соловьев Д.В. Новые типы бескаркасных зданий и перспективы их развития // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 10. С. 27–29.
5. Бикбау М.Я. Новые комплексные технологии строительства жилья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2011. № 1. С. 30–32.
6. Величко Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов: учеб. пособие. М.: Изд-во ЛКИ, 2014. 496 с.
7. Перспективы применения 3D-печати в строительном комплексе Российской Федерации / Строительство уникальных зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: [spbstu.ru](http://spbstu.ru) (дата обращения: 26.01.2023).
8. Беляков С.И. Перспективы развития производственного потенциала строительных предприятий в современных условиях // Недвижимость. Экономика. Управление. 2009. № 1. С. 54–57.
9. Голядкина А.Д., Петрикеева Н.А., Чудинов Д.М. Энергетический эффект при 3D-строительстве зданий и сооружений // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. Тюмень, 2022. С. 20–22.

*Для цитирования:* Строительство зданий с помощью 3D-технологий / А.Д. Голядкина, Д.П. Субботин, Н.А. Петрикеева, А.А. Кратько // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 29–33.

УДК 528.4

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ  
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ**

И. А. Хабарова, Д. А. Хабаров, Т. А. Телюкина, И. В. Бакаев

*Государственный университет по землеустройству**И. А. Хабарова, канд. экон. наук, доц. кафедры градостроительства и пространственного развития  
Россия, г. Москва, тел.: +7(499)261-48-40, e-mail: irakhabarova@yandex.ru**Государственный университет управления**Д. А. Хабаров, ст. преподаватель кафедры управления в здравоохранении и индустрии спорта  
Россия, г. Москва, тел.: +7(495)371-56-55, e-mail: khabarov177@yandex.ru**Государственный университет по землеустройству**Т. А. Телюкина, студент кафедры градостроительства и пространственного развития  
Россия, г. Москва, тел.: +7(499)261-48-40, e-mail: tatiana.telukina@mail.ru**И. В. Бакаев, студент кафедры градостроительства и пространственного развития  
Россия, г. Москва, тел.: +7(499)261-48-40, e-mail: ilia\_bacaev@mail.ru*

**Постановка задачи.** Земляные работы являются одним из основных элементов промышленного, транспортного, гидротехнического, жилищно-гражданского строительства. Для эффективной реализации подобных работ необходимо соответствующее геодезическое сопровождение, которое включает в себя комплекс операций.

**Результаты.** Авторами рассмотрено и проанализировано геодезическое сопровождение при проведении земляных работ в промышленном и гражданском строительстве. Также проанализированы существующие технологии проведения земляных работ.

**Выводы.** Отмечено, что отклонения при черновой и окончательной планировках отличаются, в связи с чем необходимо знать, какой тип планировки выполняется организацией для правильного геодезического сопровождения разработки дна котлована.

**Ключевые слова:** земляные работы, изыскания, грунт, сооружения, строительство, геодезическое сопровождение, геодезическая марка.

**Введение.** Необходимо отметить, что в г. Москва в настоящее время геодезические изыскания при проведении различных земляных работ подразумевают под собой комплекс мероприятий, осуществляемый в преобладающем большинстве строительных объектов. При этом обратим внимание на то, что разработка котлованов целесообразна и необходима при возведении зданий и сооружений, выемки грунта для прокладки тоннелей метрополитена, планировки земляных масс под основание будущих объектов капитального строительства и др. Для эффективной реализации подобных работ необходимо соответствующее геодезическое сопровождение, которое включает в себя следующее: геодезическую съемку поверхностей, расчет объемов земляных масс, осуществление выноса в натуру поворотных точек проекта котлована и иное [1, 2].

На основе вышеизложенного, целесообразно отметить, что земляные работы – комплекс строительных работ, который включает разработку грунта, перемещение его и укладку в определённое место (при этом в ряде случаев сам процесс укладки может сопровождаться разравниванием и уплотнением грунта). Также добавим, что земляные работы являются одним из основных элементов промышленного, транспортного, гидротехнического, жилищно-гражданского строительства.

При этом под циклом земляных работ принято понимать проектирование инженерных сооружений из грунта (в качестве примера следует привести плотины, железные и автомобильные дороги, траншеи и т.д.), устройство оснований зданий и сооружений, планировку территорий под будущую застройку и удаление земляных масс для вскрытия месторождений полезных ископаемых [3].

**1. Технологии разработки грунта.** Земляные работы в промышленном и гражданском строительстве выполняются, как правило, в случае устройства траншей под фундаменты проектируемых зданий и сооружений и под ряд подземных коммуникаций, а также в случае возведения земляного полотна дорог и планировки площадок.

Отметим, что в зависимости от длительности использования земляные сооружения бывают: постоянные (например, насыпи дорог) и временные (например, насыпи для временных дорог). Также обратим внимание на то, что уже разработано большое количество способов реализации земляных работ как в промышленном, так и гражданском строительстве. Как правило, принято использовать способ «резанья», основная цель которого – это отделение необходимого грунта от всего его плотного тела. В этом случае целесообразно применение землеройных и землеройно-транспортных машин (например, экскаваторов, бульдозеров и др.) [4, 5].

При реализации ряда земляных работ самой распространенной единицей техники принято считать одноковшовый экскаватор с «обратной лопатой», который осуществляет разработку грунта «к себе» (рис. 1).



Рис. 1. Экскаватор с «обратной лопатой» Hitachi 490 [1]

Данный тип экскаватора, как правило, предназначается для разработки грунта, расположенного ниже уровня стоянки, при этом в промышленном гражданском строительстве разработку проводят «сверху вниз». Дополнительным преимуществом использования экскаватора с обратной лопатой принято считать его большую мощность, которая позволяет осуществлять последовательную разработку более плотных грунтов (например, глины или мерзлого грунта) без принесения относительного вреда своей конструкции [5, 6].

При этом экскаватор в одно и тоже время с разработкой грунта в котловане реализует погрузку материала в автосамосвал с целью утилизации на полигон или создания кавальера. С помощью обратной лопаты экскаватор проводит разработку грунта «на себя» с торцевой или боковой проходкой. В случае торцевого забоя экскаватор необходимо переместить по

оси отрываемой им траншеи или же котлована, осуществляя попеременную разработку грунта то с одной, то с другой стороны в зависимости от того, куда подходят транспортные средства [7]. Так, боковой забой может быть образован при разработке с одной стороны оси движения экскаватора (рис. 2).

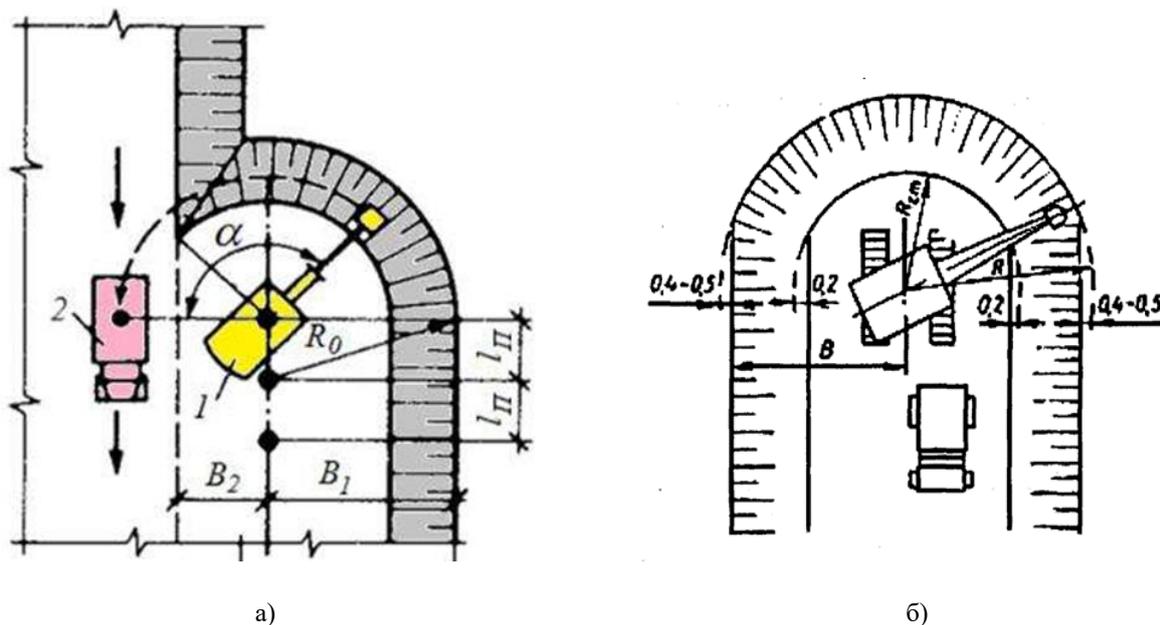


Рис. 2. Разработка грунта экскаватором: а) боковой забой; б) лобовой (торцевой) забой [1]

Обратим внимание на глубину разработки экскаваторов с обратной лопатой. Она достигает 8 метров и находится в прямой зависимости от величины самого экскаватора. Однако, в случае разработки станций метрополитена, например, сама глубина большей части котлованов в разы больше и может быть порядка 50 метров. В таком случае экскаваторы принято располагать друг за другом т.е. «ступеньками» [8, 9]. Подобный способ позволяет рыть котлованы любой глубины (рис. 3).

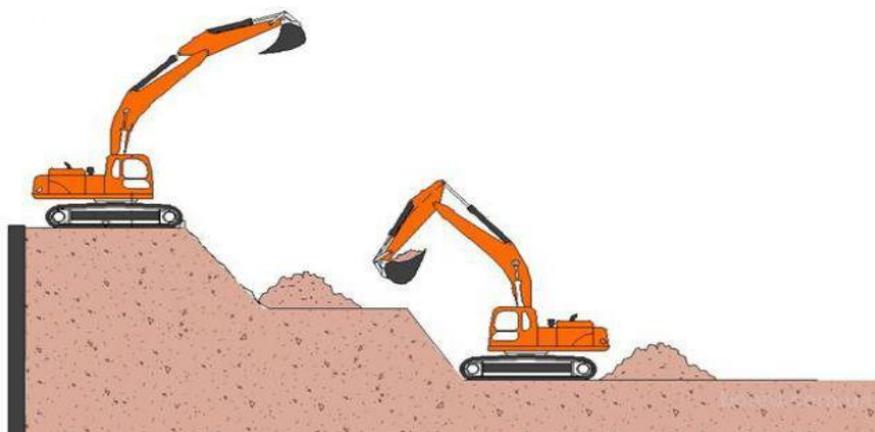


Рис. 3. Поуровневая разработка глубокого котлована [1]

Далее целесообразно рассмотреть искусственное водопонижение уровня грунтовых вод. Сущность данного метода заключается осуществлении непрерывной откачки воды из

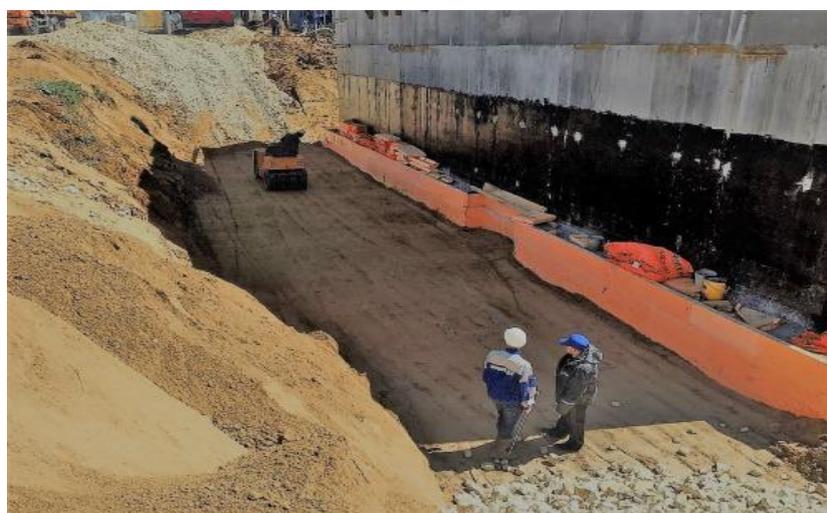
специальных скважин, которые располагаются непосредственно с самой выемкой. В таком случае для осуществления мероприятий по откачке воды принято использовать иглофильтровые установки. Расположение иглофильтров обычно осуществляется вдоль траншеи или по периметру котлована. Причем в случае понижения уровня грунтовых вод более чем на 5 метров, иглофильтры принято располагать ярусами (рис. 4).



**Рис. 4.** Система иглофильтровых установок [2]

Далее рассмотрим обратную засыпку. Ряд мероприятий, связанных с засыпкой образовавшихся промежутков между откосами и стенами цокольного этажа называют обратной засыпкой котлована. При этом обратная засыпка выполняется только после завершения монолитных работ по устройству фундаментов или возведения цокольного этажа. Выполняется материалом, обеспечивающим достаточную плотность и эффективное отведение грунтовых вод [10, 11].

Такие работы принято проводить несколькими единицами техники, такими, как: экскаватор (необходимый для подачи грунта), бульдозер или погрузчик (для перемещения грунта), виброплита (для уплотнения грунтов). Здесь же необходимо отметить, что ряд факторов, таких как механический состав, начальная плотность и влажность, толщина уплотняемых слоёв непосредственно влияют на саму уплотняемость грунта (рис.5).



**Рис. 5.** Уплотнение промежуточного слоя обратной засыпки [2]

Проведение мероприятий по контролю плотности грунта производится с помощью определения объемной массы его скелета благодаря отбору проб с помощью плотномеров [12, 13]. Анализируя рисунок 5, необходимо понимать, что обратная засыпка будет осуществляться песком послойно, с уплотнением каждого слоя, вплоть до проектной отметки засыпки, примерно до верха откоса.

**2. Геодезическое сопровождение.** Далее целесообразно рассмотреть геодезическое оборудование, преимущественно используемое при проведении земляных работ в промышленном и гражданском строительстве. Геодезические съемки и работы по выносу в натуру поворотных точек котлована выполняются организацией, осуществляющей комплекс земляных работ. На практике такие съемки одновременно осуществляют также организации, являющиеся генеральным подрядчиком и организации - заказчики на строительном объекте.

Отдельно необходимо оговорить своевременность геодезических исполнительных съемок согласно договору и плану производства работ, однако первостепенными являются осуществление первой и последней геодезической съемки [14].

Также отметим, что при осуществлении исполнительной съемки принято применять ряд геодезических приборов и способов их применения, обеспечивающих необходимую точность проведения геодезических работ. При этом на разных этапах строительства существуют разные требования к точности, которые регламентируются проектом производства геодезических работ (ППГР) согласно строительным правилам СП 126.13330.2017.

Плановое и высотное положение объектов съемки необходимо определять от знаков планово-высотной внешней разбивочной сети, точек внутренней сети или точек пересечения разбивочных осей. Геодезическо-разбивочную основу (ГРО) для строительного объекта предоставляют специализированные организации. В Москве, например, это ГБУ «Мосгоргеотрест». Далее на основе данных треста создается и уравнивается геодезическая планово-высотная база строительного объекта путем переноса координат на геодезические марки, от которых в дальнейшем производятся геодезические работы (рис. 6) [5, 6].



Рис. 6. Геодезические марки [6]

Сами результаты съемок подлежат выборочному контролю с помощью проведения измерений нескольких точек в натуре и сравнения их с этими же данными в съемке. Особое внимание уделяется фиксированию «скрытых работ», то есть съемке объектов, подлежащих впоследствии засыпке землей, а также найденным в процессе разработки котлована конструкциям, не предусмотренных проектом.

Съемку и согласование этих сооружений, как правило, заканчивают до их засыпки землей [1, 2, 15]. Согласование же принято проводить путем активирования не предусмотренных проектом конструкций с учетом вычета их из финального объема котлована. При этом съемки наиболее часто выполняются электронным тахеометром или несколькими приборами одновременно.

**Выводы.** На основе вышеизложенного отметим, что договором на производство земляных работ типы планировки основания могут быть разделены между организациями. При этом отклонения при черновой и окончательной планировках отличаются, в связи с чем необходимо знать, какой тип планировки выполняется организацией для дальнейшего правильного геодезического сопровождения разработки дна котлована.

Контроль отметки может производиться геодезистом при помощи тахеометра методом тригонометрического нивелирования. Однако, как правило, геодезист выносит в необходимом месте репер – точку с известной высотой – от которой при помощи оптического нивелирования отметку контролирует производитель работ.

#### Библиографический список

1. Дементьев В.Е. Современная геодезическая техника и ее применение. М.: Академический проект, 2008. 591 с.
2. Основные инженерно-геодезические изыскания при строительстве сооружений / Р.В. Загретдинов, Р.В. Комаров, А.Е. Сапронов, М.Г. Соколова. Казань: Казан. ун-т, 2020. 98 с
3. Куршов Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография: учебник для студентов высших учебных заведений. 3-е изд. М.: Академия, 2009. 173 с.
4. Геодезия / Е.Б. Ключин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман. 11-е изд., перераб. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 496 с.
5. Кочетова Э.Ф. Инженерная геодезия в автомобильном строительстве: учеб. пособие. Н. Новгород: Нижегород. гос. архитектур.- строит. ун-т, 2016. 92 с.
6. Шевченко А.А., Смолина А.И., Гуцалова А.А. Проблемы геодезических изысканий линейных объектов и способы их устранения // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2016. № 10. С. 49–59.
7. Шемякина Т.Ю., Герасимов О.А. Методические аспекты проведения строительного надзора и контроля в современных условиях строительства // Вестник университета. 2014. № 14. С. 280–286.
8. Бутаева Е.М. Государственное регулирование градостроительной деятельности и безопасность. Право и безопасность. 2009. № 4. С. 46–53.
9. Дудлер И.В., Хайме Н.М., Лярский С.П. Методология инженерных изысканий для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2013. № 2. С. 115–129.
10. Малахов А.В. Применение устройств позиционирования в землеустройстве // Славянский форум. 2017. № 3 (17). С. 309–313.
11. Аковецкий В.Г., Гутников В.А. Технологические аспекты цифровой экономики: от геоинформационной среды проекта через управляющее решение к управляющему воздействию // Градостроительство. 2016. № 5 (45). С. 7–18.
12. Столярова О.О. Инженерные изыскания // Студенческий вестник. 2018. № 10–4 (30). С. 54–56.
13. Анопин В.Н. Особенности выполнения геодезических работ для рекультивации ландшафтов малоэтажной застройки г. Волгограда // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: материалы Международной научно- практической конференции. 2009. С. 20–21.
14. Комплексное развитие системы коммунальной инфраструктуры муниципального образования: коллективная монография / В.Н. Семенов, Д.Н. Китаев, П.Г. Грабовый, И.В. Журавлева, Г.Н. Мартыненко и др. Воронеж : Воронежский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2010. 131 с.
15. Мартыненко Г.Н., Китаев Д.Н. Перспективы развития системы газоснабжения городского округа г. Воронеж на период до 2035 г. // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 3 (51). С. 11–21.

*Для цитирования:* Предложения по осуществлению геодезических изысканий при проведении земляных работ / И.А. Хабарова, Д.А. Хабаров, Т.А. Телюкина, И.В. Бакаев // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 34–39.

---

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

---

УДК 694.1

### НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДЕРЕВЯННЫХ СБОРНЫХ ДОМОВ

А. Н. Иорданян, Е. П. Шнурникова

---

*Кубанский государственный технологический университет*

*А. Н. Иорданян, студент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий им. А. В. Титова  
Россия, г. Краснодар, тел.: +7(988)315-40-43, e-mail: iordanyanarman@yandex.ru*

*Е. П. Шнурникова, ст. преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий  
им. А.В. Титова*

*Россия, г. Краснодар, тел.: +7(900)244-16-68, e-mail: shnurnikova@mail.ru*

---

**Постановка задачи.** В данной статье рассматриваются особенности конструктивных систем возведения деревянных сборных домов. Особое внимание уделено причинам появления данного вида конструкции и ее характеристикам. Выявлены типы взаимодействия современных форм и материалов индивидуальной сборной застройки с традиционными приемами колористического решения деревянного дома.

**Результаты.** Проанализированы три конструктивные системы сборных деревянных домов, которые достаточно интересны по своим техническим и экономическим характеристикам.

**Выводы.** Важнейшими условиями строительства являются сжатые сроки проведения работ, экономия и качество возведения зданий, чем и обуславливается возведение деревянных сборных домов. Об этом свидетельствует спрос таких быстровозводимых сборных объектов.

**Ключевые слова:** конструктивные системы, сборный дом, сооружения, строительство, древесина.

**Введение.** Сейчас будущее строительства деревянных домов актуально как никогда. Новые строительные решения уже опробованы и вполне способны удовлетворить требования, необходимые для того, чтобы их можно было определить во всех отношениях как безопасные, антисейсмические, экологически чистые, устойчивые и эффективные с энергетической точки зрения.

Сборный дом – в прошлом синоним дома низкого качества, безличного в своей воспроизводимости. Теперь он может стать идеальным решением. Причин тому много: сборная конструкция имеет заранее определенную стоимость, вдвое сокращает время и, прежде всего, является надежной (со значительной экономией на затратах, на управление строительной площадкой) и безопасной, потому что он уже проверен и сертифицирован на заводе по материалам и сборке [1, 2].

Деревянные дома отличаются тем, что их можно построить за несколько недель работы на месте. Расходы на управление строительством, помощь, разрешения, аренду, коммунальные услуги и т. д. упрощаются и, следовательно, резко сокращаются связанные с этим неудобства для клиента.

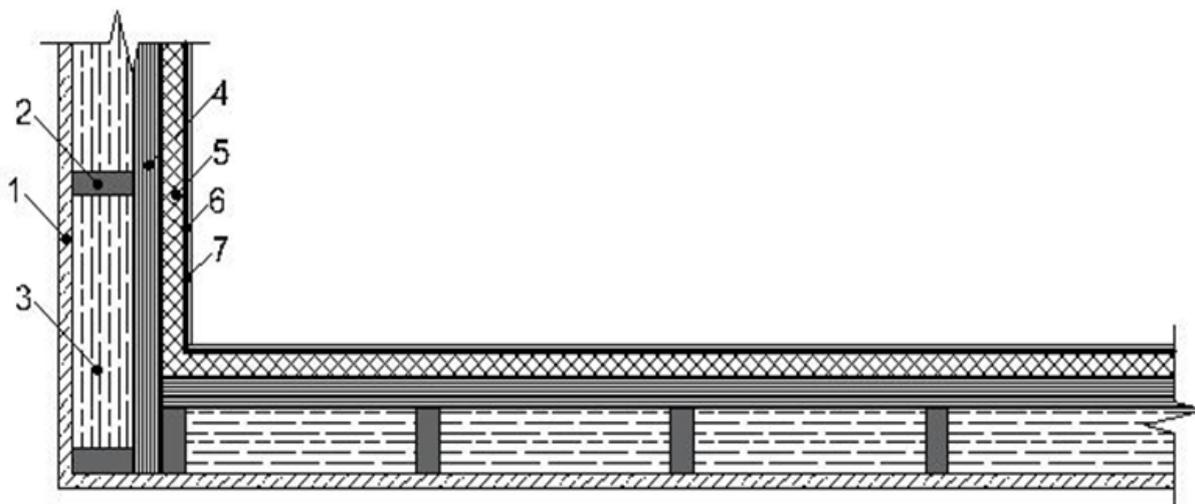
---

Таким образом, традиционные методы давно используют в практике строительства, но специальные методы позволяют существенно снизить затраты и повысить надёжность возводимых сооружений.

**1. Конструктивные системы.** Древесина – превосходный строительный материал, который теперь может предложить полные и гибкие строительные системы, простые и быстрые в сборке, прочные, безопасные, сейсмостойкие. Обладают отличными изоляционными характеристиками, способными поддерживать идеальную температуру, уменьшая шум и излучение [3, 4].

Конструктивные системы, которые рассмотрены ниже, были разработаны Итальянской фирмой «Wood Beton», которая с 1989 года не прекращала разработку инноваций с использованием деревянных и бетонных смешанных строительных систем.

Первой системой является так называемая X-Agia, представленная на рисунке 1.

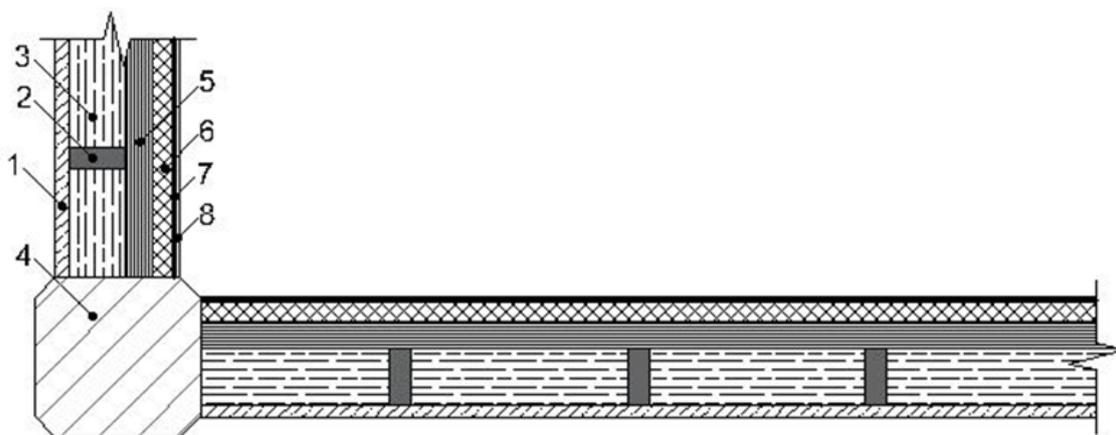


**Рис. 1.** Конструктивная система X-Agia: 1 – цементная штукатурка; 2 – деревянная балка; 3 – ДСП; 4 – брус KVH; 5 – утеплитель; 6 – пароизоляция; 7 – гипсокартон [2]

Благодаря своей структуре система способна предложить отличные энергетические, акустические и другие характеристики. Внутренняя несущая конструкция выполнена из дерева KVH. Конструкционный брус KVH представляет собой балку, сращенную по длине из цельных ламелей на мини-шип до заданной длины [1], которая гарантирует высокую прочность стены в то время как внутренние изоляционные слои обеспечивают отличные термоакустические характеристики, достижимые для обычных традиционных строительных систем из каменной кладки значительно большей толщины [5, 6].

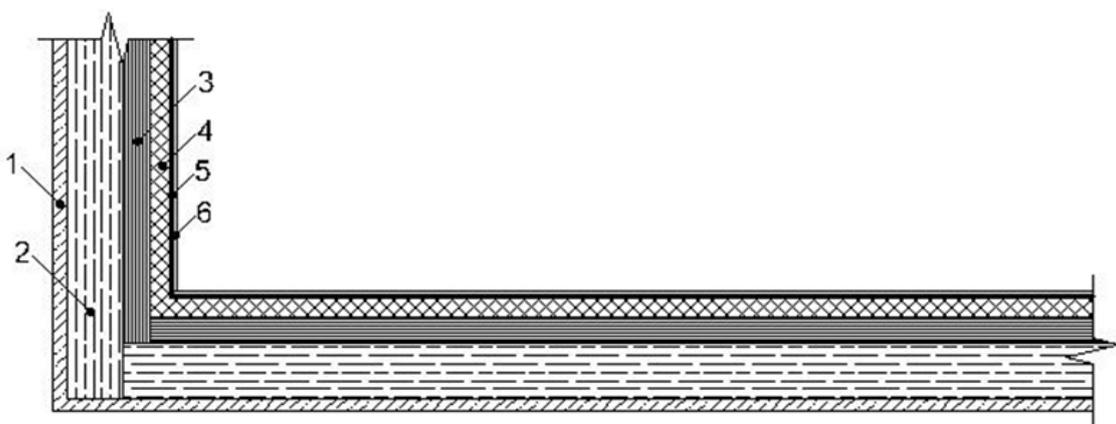
Второе решение – это смешанная система из стали и дерева, показанная на рисунке 2. Оно предполагает концепцию стены, которая обеспечивает большую гибкость архитектурного дизайна, учитывая то, что вертикальные стальные опорные конструкции более точны, чем деревянные.

Оцинкованная сталь также является материалом с отличными статическими характеристиками. Более высокое качество смешанной системы из дерева и стали остается ее эффективной конструктивной особенностью, что делает ее подходящим материалом для строительства зданий с большими пролетами и подверженными большим нагрузкам, и все это по очень конкурентоспособной цене [6, 7].



**Рис. 2.** Смешанная система из стали и дерева: 1 – цементная штукатурка; 2 – деревянная балка; 3 – ДСП; 4 – стальное крепление; 5 – брус KVN; 6 – утеплитель; 7 – пароизоляция; 8 – гипсокартон [2]

Последний вариант – это система X-Lam, изображенная на рисунке 3. По-английски CLT – Cross Laminated Timber [2, 8], то есть панели из цельного дерева с перекрещивающимися слоями, соединенные полиуретановым клеем без формальдегида. Вариант сочетает в себе характеристики традиционных массивных конструкций с полезными для здоровья экологическими свойствами древесины, улучшая стандартные тепловые свойства. Инерция стены, благодаря большей массе, позволяет возводить устойчивые и безопасные здания.



**Рис. 3.** Конструктивная система X-Lam: 1 – цементная штукатурка; 2 – ДСП; 3 – брус KVN; 4 – утеплитель; 5 – пароизоляция; 6 – гипсокартон [2]

Существенными преимуществами X-Lam являются размерная стабильность и универсальность, которые позволяют возводить стены, полы и крыши для любого типа зданий от индивидуальных домов до крупных многоэтажных сооружений, расположенных в сейсмоопасных районах [9, 10].

**2. Сооружения с конструктивной системой X-Lam.** В 2014 году по проекту, разработанному Умберто Занетти из студии ZDA (Zanetti Design Architettura), строительной фирмой «Wood Beton, Null Group SpA», Италия, была построена частная резиденция Пирогово – деревня, находящаяся в городском округе Мытищи Московской области.

Резиденция расположена на территории гольф-клуба «Пирогово» в Москве, в природной среде, состоящей из лесов и речных бассейнов. L-образная планировка возвышается на металлических колоннах, что позволяет расположить ее среди существующих деревьев на узком вытянутом участке, и в то же время обеспечивает 360-градусный обзор сада и поля для гольфа (рис.4). Данный проект – финалист Прайса «Золотая медаль за итальянскую архитектуру 2015» [3, 4].



Рис. 4. Западная и восточная части резиденции [4]

Надстройка здания полностью изготовлена из поперечно-ламинированных панелей из массива дерева типа X-Lam, компоненты которых формируются лазерным резаком непосредственно из файлов 3D-CAD с использованием фрезерных станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Тщательное проектирование всех архитектурных и системных компонентов привело к созданию полностью сборного здания, которое было собрано на заводе, демонтировано, транспортировано и повторно собрано на месте, где оно было уложено поверх фундамента площадки и подключено к инженерным сетям площадки [11, 12]. Фундаменты выполнены из отлитых на месте бетонных опор, фундаментов и краевых балок.

Заводское изготовление не только не ограничило архитектурный проект, но и фактически сделало возможным его усложнение, позволив жестко контролировать качество, время и затраты [13–15].

**Выводы.** Таким образом, становится понятно, что деревянное сборное домостроение в будущем перспективно как никогда. Создание новых конструктивных систем и решений в строительном секторе является основой будущего строительства, так как такие системы и решения помогают уменьшить затраты и время возведения строения, не теряя своих технико-экономических показателей.

Типология конструктивных систем, предложенная в статье, не претендует на всеобъемлемость и может быть дополнена в ходе следующих исследований дерево-металло-бетонными зданиями, зданиями с использованием пластиков и структурных композитов, которые в настоящее время не распространены в архитектурной практике, но являются развивающимися технологиями и в ближайшее время могут получить достаточно широкое применение.

Для некоторых типов зданий, предложенных в типологии, можно выделить подтипы: так, объемно-блочные здания могут быть разделены на здания с блоками из массивных деревянных панелей и на здания с блоками из стеновых каркасов; может быть детализирована типология стоечно-балочных и каркасно-щитовых конструкций.

Все перечисленные типы конструктивных систем деревянных зданий могут быть предметом дальнейших исследований.

#### Библиографический список

1. Сайт завода «АРТ ХОЛЬЦ» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.artholz-dom.ru/produktsiya/konstruktionnyj-brus> (дата обращения: 19.09.2022).
2. Сайт компании «Интервесп» – крупный поставщик деревообрабатывающего и металлообрабатывающего оборудования от ведущих мировых производителей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.intervesp-stanki.ru/tehnology/x-lam/> (дата обращения: 25.10.2022).
3. Онлайн библиотека современной архитектуры «Divisare» [Электронный ресурс]. URL: [https://divisare.com/projects/305087-zda-umberto-zanetti-yuri-palmin-private-residence-in-pirogovo\\_russia](https://divisare.com/projects/305087-zda-umberto-zanetti-yuri-palmin-private-residence-in-pirogovo_russia) (дата обращения: 25.10.2022).
4. Строительная фирма «Wood Beton, Null Group S.p.A» - Iseo (BS). Проектирование и производство быстровозводимых конструкций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.woodbetoncase.it/realizzazione/villa-moderna-mosca/> (дата обращения: 21.10.2022).
5. Никольский М.С., Казаков Ю.Н. Рациональные конструктивно-технологические решения быстровозводимых коттеджей для загородного домостроения на основе деревянных панелей // Вестник гражданских инженеров. 2009. № 4 (21). С. 61–67.
6. Бударин Е.Л. Энергоэффективные конструкции и материалы в архитектуре экологического доступного малоэтажного жилища // Современная наука и инновации. 2017. № 4 (20). С. 164–173.
7. Голядкина А.Д., Мартыненко Г.Н., Петрикеева Н.А. «Живые» материалы в строительстве // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2022. № 3 (28). С. 32–37.
8. Создание клееной древесины повышенной прочности на основе клеев, подвергнутых совместному воздействию ультразвука и электрического поля / В.М. Попов, О.Р. Дорняк, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Научный журнал строительства и архитектуры. 2019. № 3 (55). С. 28–35.
9. Петрикеева Н.А., Березкина Л.В. Влияние инсоляции на интенсивность теплопоступлений в жилые помещения // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. № 2 (3). С. 100–103.
10. Энергосберегающие мероприятия в многоквартирных жилых домах / Д.М. Чудинов, Т.В. Щукина, Н.А. Петрикеева, Н.М. Попова // Высокие технологии в строительном комплексе. 2019. № 1. С. 32–36.
11. Петрикеева Н.А., Садовников А.Н., Никулин А.В. Пути снижения энергопотребления зданиями // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 1 (6). С. 13–17.
12. Петрикеева Н.А., Тюленева О.В., Кучеров Н.Н. Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий при работе систем теплогазоснабжения и вентиляции // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 1 (6). С. 9–12.
13. Халтурина Л.В., Халтурин Ю.В. Современные тенденции развития объемно-блочного домостроения // Ползуновский альманах. 2020. Т. 2. № 2. С. 81–86.
14. Борзова О.Н., Овсянина В.В. Опыт малоэтажного жилищного строительства зарубежных стран // АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ В XXI ВЕКЕ: материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет». 2016. С. 361–364.
15. Соловьева А.А., Кузьменков А.А. Развитие модульного деревянного домостроения в Республике Карелия // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: материалы научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2022. С. 88–92.

Для цитирования: Иорданиян А.Н., Шнурникова Е.П. Новые конструктивные системы деревянных сборных домов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1(30). С. 40–44.

---

## ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (В СТРОИТЕЛЬСТВЕ)

---

УДК 544.4

### ЗАВИСИМОСТЬ МИНИМАЛЬНОЙ ОГNETУШАЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ ОГNETУШАЩЕГО ПОРОШКА

П. В. Комраков, И. Н. Герасимова, А. В. Смирнов, А. А. Погодин, С. А. Бабкин

*Академия Государственной Противопожарной Службы МЧС России**П. В. Комраков, канд. техн. наук, проф. кафедры процессов горения и экологической безопасности  
Россия, г. Москва, тел.: +7(495)617-26-23, e-mail: pkomrakov69@yandex.ru**И. Н. Герасимова, ст. преподаватель кафедры процессов горения и экологической безопасности  
Россия, г. Москва, тел.: +7(495)617-26-23, e-mail: teegera@mail.ru**ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной  
обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и  
ликвидации последствий стихийных бедствий»**А. В. Смирнов, начальник сектора отдела автоматической пожарной сигнализации  
Россия, г. Балашиха, тел.: +7(495)524-81-54, e-mail: badcasper@gmail.com**А. А. Погодин, мл. науч. сотр. отдела автоматической пожарной сигнализации  
Россия, г. Балашиха, тел.: +7(495)524-81-54, e-mail: p0godin64@mail.ru**Воронежский институт повышения квалификации ГПС МЧС России**С. А. Бабкин, старший преподаватель кафедры специальной подготовки  
Россия, г. Воронеж, тел.: +7 (473)236-33-00, e-mail: babkinsk@mail.ru*

**Постановка задачи.** Эффективность применения огнетушащих порошков зависит от размера их частиц. Одним из перспективных способов повышения эффективности огнетушащих порошковых средств является подбор и совместное применение частиц различной дисперсности. В работе рассматривается тушение склонных к тлению твёрдых материалов с легковоспламеняющейся жидкостью порошковым огнетушащим составом с различным диаметром частиц и их смесями в различных пропорциях.

**Результаты.** Проведена серия экспериментов по определению минимальной огнетушащей концентрации порошков с различным диаметром частиц и их смесями в различных пропорциях.

**Выводы.** Полученные численные значения параметра эффективности тушения позволили сделать выводы о целесообразности и эффективности использования порошковых составов с заданными характеристиками для тушения различных видов горючих материалов.

**Ключевые слова:** эффективность тушения, порошковые средства, огнетушащие составы, дисперсность, порошок, концентрация, параметр эффективности.

**Введение.** В настоящее время с появлением новых технологий, веществ и материалов остро встал вопрос о корректировке общепринятых методов применения огнетушащих веществ (средств), которые должны иметь: универсальный характер огнетушащего действия, относительно небольшую себестоимость, универсальность применения. Большинству этих требований соответствуют огнетушащие порошки (ОП) и методы их подачи.

Огнетушащие порошки представляют собой тонко измельченные минеральные соли (бикарбонат натрия, гидрокарбонат калия, диаммоний сульфат и др.) с различными технологическими добавками, которые препятствуют слеживаемости и комкованию, улучшают текучесть. В отечественных огнетушащих порошках в качестве таких добавок используется в основном высокодисперсный диоксид кремния (аэросил), который вводится в количестве 1,5–2,5 % в состав порошка [1–3].

Высокая эффективность огнетушащих порошков объясняется высокой способностью к ингибированию (через увеличение энергию активации процесса горения, которое приводит к снижению тепловыделения в системе, что в итоге приводит к угасанию пламени). Достоинство этого механизма заключается в том, что процесс прекращения диффузионного пламенного горения происходит за достаточно короткое время (от единиц до десятков секунд в зависимости от размеров очага горения и вида горючего вещества).

В процессе тушения пламени, кроме ингибирования химических реакций, для полного прекращения горения (тления) твердых веществ важное значение играет эффект изоляции поверхности горения. Это происходит за счет образования пленки из расплава частиц порошка, которая препятствует контакту пламени с продуктами пиролиза и деструкции твердого горючего вещества [4, 5].

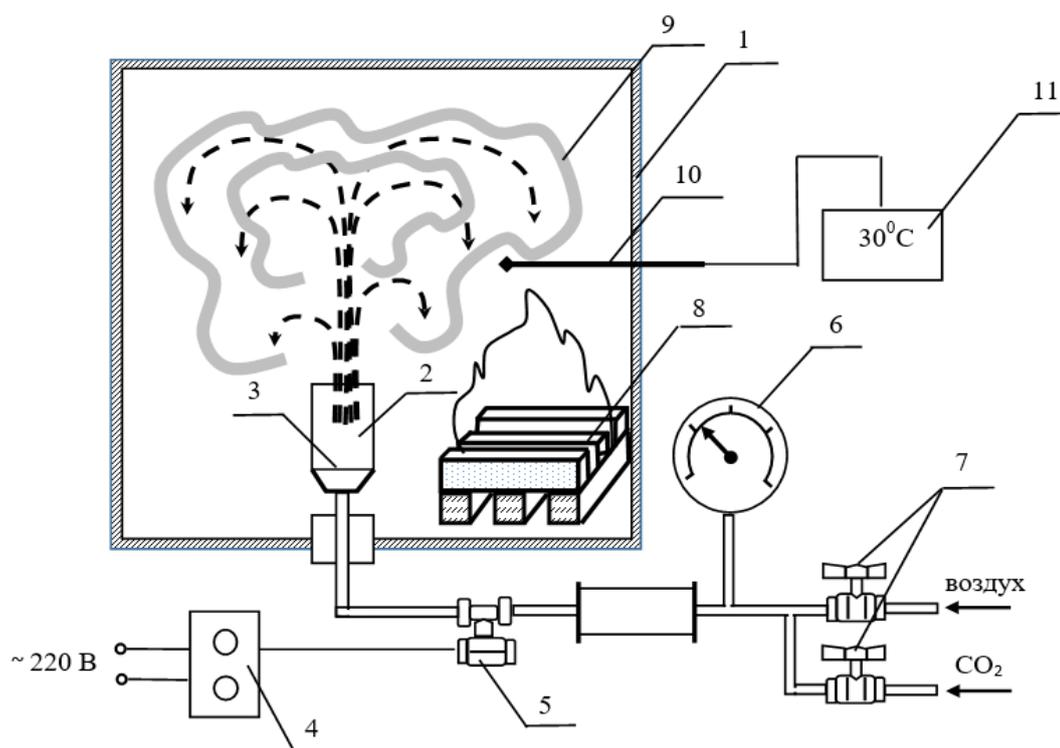
Учитывая большую инерционность теплообменных процессов, можно предположить, что за время тушения температура поверхности горючего вещества уменьшится не на много, то есть скорость процесса тушения пламени гораздо больше, чем скорость охлаждения поверхности горения. Это может затруднить процесс тушения твердых горючих материалов, так как вещества, склонные к тлению, могут повторно воспламениться.

Эффективность применения огнетушащих порошков зависит от размера частиц порошка. Одним из перспективных способов повышения эффективности огнетушащих порошковых средств является подбор и совместное применение частиц различной дисперсности. Правильно подобранный размер (диаметр) частиц порошка может существенно повлиять на суммарный эффект ингибирования и на изоляцию паров горючего материал от зоны горения [6, 7].

**1. Методика определения минимальной огнетушащей концентрации в зависимости от дисперсности огнетушащего порошка.** Для установления закономерностей и проверки прогнозируемых результатов необходима разработка методики, включающей серию исследований общего влияния мелких и крупных дисперсных фракций порошка на реакцию горения с последующей систематизацией результатов [4, 5]. Это позволит внести определенный порядок в развитие представлений о механизме их действия, решить ряд практических задач по разработке подачи частиц разной дисперсности порошковых средств тушения [8] в область горения. Лабораторные исследования в этом направлении проводились на кафедре процессов горения и экологической безопасности Академии ГПС МЧС России.

Цель экспериментальной работы заключалась в том, чтобы в макете помещения, имитирующего внутренней пожар, проследить влияние огнетушащего порошка с различным размером частиц на тушение твердого горючего материала (древесины), склонного к тлению, на огнетушащую концентрацию [9, 10].

Экспериментальная установка (рис.1), на которой проводилась данные исследования, включала в себя следующие компоненты: рабочая камера кубической формы объемом 0,1203 м<sup>3</sup> с проемом 0,07×0,1 м для регулирования газообмена, импульсный модуль для подачи огнетушащего порошка. Рабочая камера оборудована термодатчиком и устройством регистрации температуры.



**Рис. 1.** Схема экспериментальной установки по определению огнетушащей концентрации порошковых составов: 1 – рабочая камера; 2 – составная трубка для порошка; 3 – мембрана; 4 – пульт управления; 5 – электромагнитный клапан; 6 – манометр; 7 – вентили для подачи воздуха или азота под давлением; 8 – модельный очаг пожара; 9 – выброс порошка; 10 – термопара; 11 – устройство регистрации начальной температуры газовой среды

В рабочую камеру устанавливался модельный очаг пожара класса А и класса В. На рисунке 1 представлена общая схема данной установки по определению эффективности огнетушащих порошков при тушении веществ различного агрегатного состояния, на рисунке 2 – ее внешний вид.



**Рис. 2.** Внешний вид рабочей камеры установки

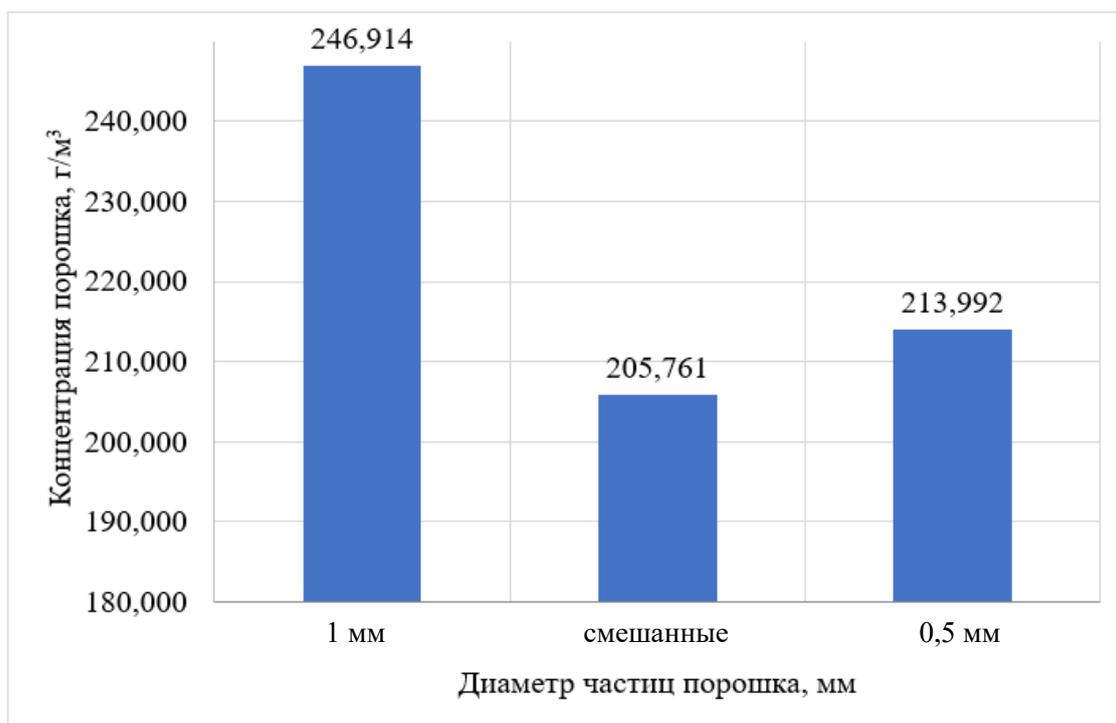
В ходе проведения экспериментов производили тушение горючей нагрузки класса пожара А путем подачи порошковых огнетушащих составов с различным диаметром частиц (1 мм и 0,5 мм) и их смесями в различных пропорциях [11, 12].

**2. Расчёт огнетушащей концентрации порошка для различных материалов.** По полученной минимальной массе порошка, при которой происходило тушение, рассчитывали огнетушащую концентрацию  $\varphi_{огн}$ , г/м<sup>3</sup>, для указанной дисперсности порошка.

$$\varphi_{огн} = \frac{m_{пор}}{V_{кам}} \quad (1)$$

где  $m_{пор}$  – масса порошка, поступившего в камеру сгорания, г;  $V_{кам}$  – объем камеры сгорания, м<sup>3</sup>.

На основе экспериментальных данных была построена гистограмма зависимости минимальной огнетушащей концентрации порошка от размера частиц при тушении древесины (рис. 3).



**Рис. 3.** Гистограмма зависимости концентрации огнетушащего порошка от диаметра частиц порошка при тушении деревянного штабеля

По полученным результатам выполнен расчет показателя эффективности тушения модельного очага пожара класса А – при объемном тушении помещения (рабочей камеры).

Показатель эффективности тушения определяем по формуле:

$$П_{эм} = \frac{V_{к.сг}}{m_{он} \cdot \tau} \quad (2)$$

где  $V_{к.сг}$  – объем камеры сгорания,  $м^3$ ;  $\tau$  – время тушения пожара, с;  $m_{он}$  – масса огнетушащего порошка, г.

При этом показатель эффективности рассчитывался только для результатов с минимальной огнетушащей концентрацией.

На основе расчетов показателей эффективности тушения была построена гистограмма зависимости показателя эффективности тушения от размера частиц огнетушащего порошка (рис. 4).

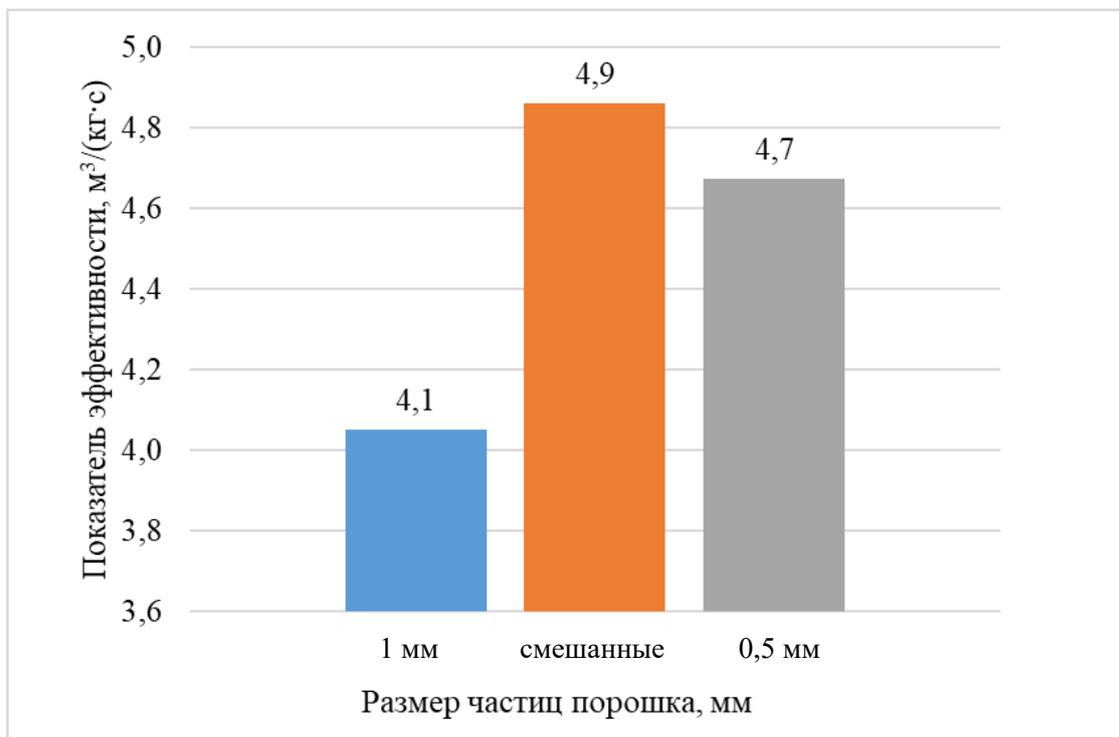
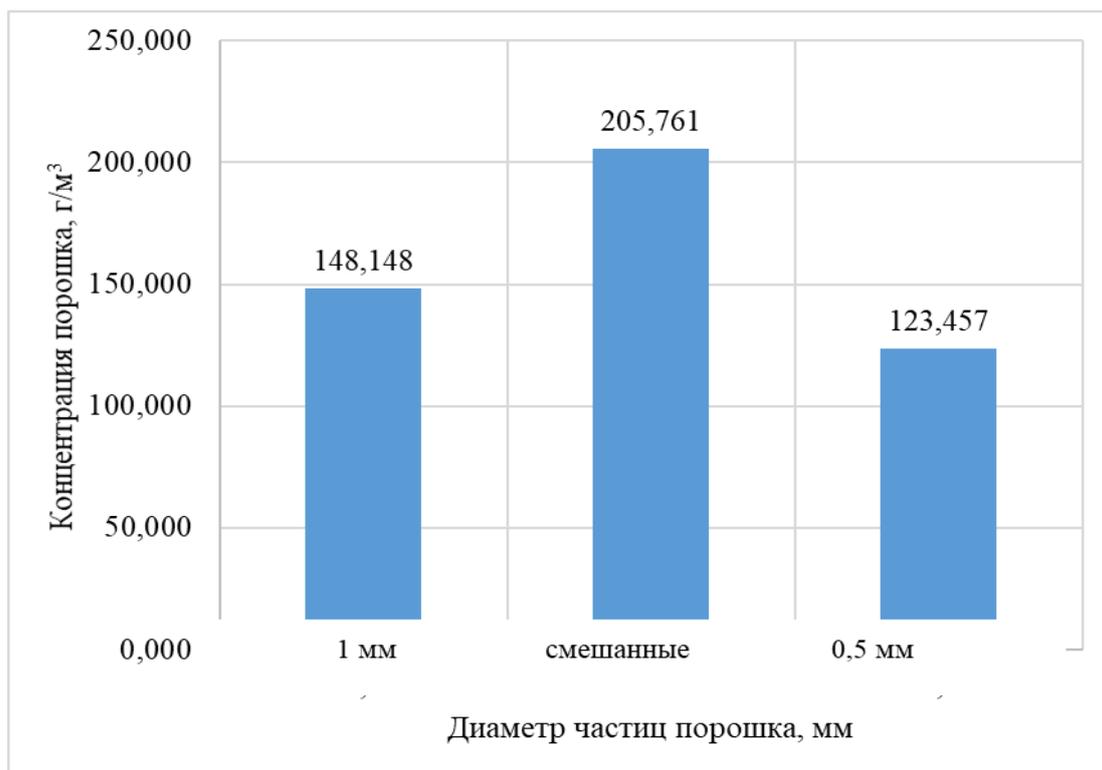


Рис. 4. Гистограмма значений показателя эффективности тушения порошковыми составами при тушении деревянного штабеля

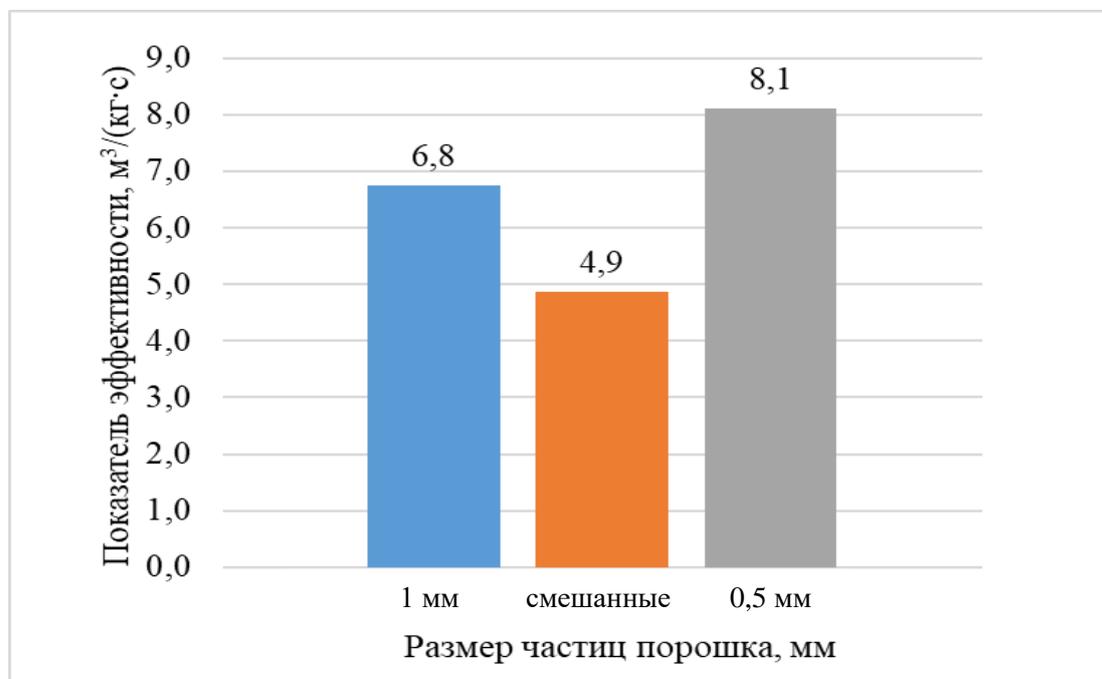
Для проведения экспериментов по определению параметров тушения огнетушащими порошками легковоспламеняющихся жидкостей к описанной ранее установке добавили емкость с горючей жидкостью. В качестве горючей жидкости использовалось 15 мл гептана.

Минимальную огнетушащую концентрацию  $\varphi$  и параметр эффективности тушения  $П_{эп}$  определяли по тем же формулам, что и при тушении древесины [13, 14]. На основе экспериментальных данных была построена гистограмма зависимости минимальной огнетушащей концентрации порошка от размера частиц при тушении гептана (рис. 5).

По полученным результатам выполнен расчет показателя эффективности тушения модельного очага пожара класса В – при объемном тушении помещения (рабочей камеры). На основе расчетов показателей эффективности тушения была построена гистограмма зависимости показателя эффективности тушения от размера частиц огнетушащего порошка (рис. 6).



**Рис. 5.** Гистограмма зависимости концентрации огнетушащего порошка от диаметра частиц порошка при тушении гептана



**Рис. 6.** Гистограмма зависимости показателя эффективности тушения от диаметра частиц порошка при тушении гептана

**Выводы.** В результате проведенных экспериментов по оценке влияния различных диаметров частиц и их смесей на огнетушащую способность порошковых огнетушащих составов, можно сделать следующие выводы.

При тушении легковоспламеняющихся жидкостей наиболее эффективными показали себя частицы мелкой фракции огнетушащего порошка диаметром 0,5 мм. Это объясняется тем, что необходимыми и достаточными условиями прекращения горения паров горючей жидкости являются снижение температуры гомогенного горения до температуры потухания и снижение температуры поверхности зеркала жидкости до температуры вспышки. Что и удается сделать мелкодисперсным порошкам.

При тушении твердых горючих материалов, склонных к тлению (например, древесина), больше всего оправдали прогноз порошки с частицами разного диаметра (смешанный состав), так как для полного прекращения горения необходимыми и достаточными условиями являются: снижение температуры зоны гомогенного горения до температуры потухания, а также достижение температуры поверхности горючего материала ниже температуры пиролиза. В этом случае совместное использование частиц разной дисперсности позволяют этого достичь с наибольшим параметром эффективности тушения.

#### Библиографический список

1. Баратов А.Н., Иванов Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. М.: Химия, 1979. 366 с.
2. Баратов А.Н., Вогман Л.П. Огнетушащие порошковые составы. М.: Стройиздат, 1982. 72 с.
3. Пожарная опасность строительных материалов / А.Н. Баратов, Р.А. Андрианов, А.Я. Корольченко и др. М.: Стройиздат, 1988. 380 с.
4. Водяник В.И., Проничева Н.М. Исследование огнепреграждающего эффекта при тушении пламени дисперсными материалами // Проблемы взрывобезопасности технологических процессов: материалы Всесоюзной научно-технической конференции. 1980. С. 98–99.
5. Абдурагимов И.М., Елисеев М.А. Исследование теплофизических свойств порошковых составов при тушении диффузионного газового факела // Динамика пожаров и их тушение. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987. С. 184–192.
6. Вайсман М.Н., Земск Г.Т. Новые огнетушащие порошковые составы: экспресс-информация. М.: ВНИИПО, 1980. 11 с.
7. Баранова Л.П. Средства тушения пожаров: обзор патентных материалов. М.: ВНИИПО, 1970. 50 с.
8. Кузнецов С.Н., Петрикеева Н.А. Экологическая безопасность воздушной среды помещений с выделением вредных веществ различной плотности // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 82–90.
9. Волкова Ю.В., Петрикеева Н.А. Технологические схемы очистки дымовых газов от оксидов серы // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2012. № 2 (7). С. 10–13.
10. Определение суммарной безразмерной концентрации выбросов загрязняющих веществ / Э.Н. Лысенко, Н.А. Петрикеева, Н.В. Шуменко, Ю.С. Денисова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2010. № 1 (2). С. 244–248.
11. Петрикеева Н.А., Кузнецов С.Н. Экологический эффект при полном сгорании топлива в котельных установках // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. № 1 (29). С. 108–113.
12. Бухтояров Д.В. Лабораторные испытания и методика определения огнетушащей концентрации порошковых составов при их подаче сверху // Пожарная безопасность. 2010. № 3. С. 130–132.
13. Метод определения огнетушащей эффективности порошков с переменным содержанием кислорода в зоне горения / В.М. Жартовский, С.В. Жартовский, О.В. Кириченко, А.М. Тищенко // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 6. С. 77–79.
14. Взаимодействие ударной волны взрыва метана с облаком порошкового ингибитора / Д.Ю. Палеев, О.Ю. Лукашов, И.М. Васенин, Э.Р. Шрагер и др. // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2017. № 3. С. 377–381.

*Для цитирования:* Зависимость минимальной огнетушащей концентрации от дисперсности огнетушащего порошка / П.В. Комраков, И.Н. Герасимова, А.В. Смирнов, А.А. Погодин, С.А. Бабкин // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. 2023. № 1 (30). С. 45–51.

## ***ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ***

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

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

1.1. *Введение* предполагает:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Название иллюстраций (10 пт., обычный) дается под ними после слова Рис. с

порядковым номером (10 пт., полужирный). Если рисунок в тексте один, номер не ставится. Все рисунки и фотографии желательно представлять в цветном варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение не менее 300 dpi. Избегайте тонких линий в графиках (толщина линий должна быть не менее 0,2 мм). Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Автор согласен с тем, что редакция журнала имеет право:

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

– производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи;

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

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