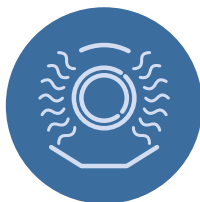




18

Пиратский
флаг рынка ПО
в России



29

Двухзонный
газолучистый
обогреватель



42

0 методиках
расчёта
систем VRF



69

Российское
образование
в сфере ВИЗ

NED

New Engineering Discoveries ©



НАШ ХОЛОД

Бренды «КОРФ» и «НЕД» представляют
холодильное оборудование завода
ООО «ТехноГрупп»,
произведенное в России



40-41 стр.

Завод ООО «ТехноГрупп»
серийно выпускает чиллеры,
компрессорно-конденсаторные блоки, шкафные
и межрядные прецизионные кондиционеры,
выносные конденсаторы, драйкулеры и гидромодули.

 technogroup

HEAT & ELECTRO MACHINERY

Международная выставка оборудования
для промышленности и теплоэнерго-
снабжения гражданских объектов
и предприятий различных отраслей

24–26.10.2023

ЦВК «Экспоцентр», Москва



Итоги выставки 2022 года:

4 864 целевых посетителя

120 участников из России, Республики
Беларусь, Киргизии, Ирана, Китая

10 отраслевых мероприятий
деловой программы



Забронируйте стенд на главной
отраслевой выставке

machinery-fair.ru

GA GEFERA MEDIA

BAHI EXPO 2023

ВЫСТАВКА – КОНФЕРЕНЦИЯ

Отопительное и инженерное
оборудование



Подробнее
о мероприятии

Краснодар

30 марта

Санкт-Петербург

25 апреля

Нижний Новгород

7 июня

Екатеринбург

13 июля

Москва

Дата уточняется



Приходите на выставку
и получите шанс выиграть
**главный приз –
газовый котел BAH!**



[Российский рынок программного обеспечения намерен поднять пиратский флаг?](#)

Ещё совсем недавно российские власти были настроены против использования ПО зарубежных IT-компаний, покинувших рынок РФ. Но сейчас мы наблюдаем ситуацию серьёзного разворота: те же ответственные лица говорят о возможности использования зарубежных продуктов при определённых условиях...

18



[О расчётной производительности станций водоподготовки](#)

Первым вопросом, возникающим при разработке станций водоподготовки, является определение их расчётной производительности. От грамотности расчёта зависит качество проектирования всего водозаборного узла. Однако в нормативных документах отсутствуют чёткие указания о задании расчётной производительности станций водоподготовки...

22



[Двухзонный тёмный газолучистый обогреватель: о методике расчёта](#)

Предложена конструкция двухзонного тёмного газолучистого обогревателя для отопления промышленных и общественных зданий, отличающаяся наличием оригинального U-образного трубчатого излучателя, расположенного в вертикальной плоскости и снабжённого двухсторонним рефлектором с наклонными боковыми поверхностями.

29



[Анализ методик расчёта фактической производительности блоков VRF-систем](#)

В 2004 году автор этой статьи проанализировал недостатки расчётных методик VRF-систем и предложил для расчёта свою «методику баланса производительности внутренних и наружных блоков». Но и сегодня известны как минимум пять разных подходов к расчёту одинакового класса оборудования...

42



[Анализ Постановления Правительства РФ от 27 мая 2022 года №963](#)

Рассмотрены основные положения Постановления Правительства РФ №963 «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства РФ». Дан анализ представлен разработчиками изменений и др.

53



[Специализация российских вузов в сфере ВИЭ-энергетики](#)

В России 13 вузов и один научный центр РАН готовят специалистов с высшим образованием по направлению «Нетрадиционная и возобновляемая энергетика». В статье представлен обзор деятельности данных учреждений. Проанализирована их обеспеченность литературой, лабораторным оборудованием, приведены результаты научной деятельности.

69

Ballu ГЛАВНЫЙ
ПО КЛИМАТУ 20 ЛЕТ

boho

Серия сплит-систем со сменной
тканевой панелью на любой вкус



реклама



ПРИМЕРЬ
СВОЙ ЦВЕТ

В честь 20-летия Ballu 2023 год объявлен
годом инновационных технологий
и модных дизайн-решений

Совместный дизайн Ballu и нейросети Midjourney

Ballu

главный
по климату 20 лет



A+++

КЛАСС ЭНЕРГО-
ЭФФЕКТИВНОСТИ

5 лет

ЭКСКЛЮЗИВНОЙ
ГАРАНТИИ



УПРАВЛЕНИЕ
ПО Wi-Fi

boho

МЕНЯЙ ЦВЕТА, А НЕ КОНДИЦИОНЕР



УНИКАЛЬНАЯ ФОРМА ЖАЛЮЗИ

Жалюзи поворачиваются на 180°. Благодаря их уникальной форме возможно направлять поток воздуха вдоль потолка или пола.



ВСТРОЕННЫЙ ИОНИЗАТОР

Насыщает воздух аэроионами, которые улучшают физическое и психологическое состояние, очищают воздух от вредных частиц.



СМЕННАЯ ТКАНЕВАЯ ПАНЕЛЬ

В базовой комплектации сплит-система поставляется с панелью в сером цвете Moon Grey. Панель другого цвета можно заказать у поставщика.

Учредитель и издатель

ООО Издательский дом «МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ»
(адрес: 143085, Московская обл., Одинцовский р-н,
раб. пос. Заречье, ул. Тихая, д. 13, корп. 2)

Директор

Константин Михасев

Главный редактор

Александр Николаевич Гудко

Технические редакторы

Сергей Брух, Александр Говорин

Руководитель отдела рекламы

Татьяна Пучкова

Ответственный секретарь

Ольга Юферева

Дизайн и верстка

Роман Головко

Редакционная коллегия

Председатель:

С.Д. Варфоломеев, член-корр. РАН, д.х.н., проф., ИБХФ РАН

Сопредседатели:

А.С. Сигов, акад. РАН, д.ф.-м.н., проф., МИРЭА

Ю.Ф. Лачуга, акад. РАН, член презид. РАН, д.т.н., проф.

Заместитель председателя:

И.Я. Редько, д.т.н., проф., ИБХФ РАН

Секция «Сантехника»

В.А. Орлов*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

Е.В. Алексеев, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

Ж.М. Говорова, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

Секция «Отопление и ГВС»

М.В. Бодров*, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ННГАСУ»

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., ГГТУ им. П.О. Сухого

П.И. Дячек, д.т.н., проф., БНТУ (Республика Беларусь)

А.В. Разуваев, д.т.н., доцент, проф., БИТИ НИЯУ «МИФИ»

Секция «Кондиционирование и вентиляция»

М.В. Бодров*, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ННГАСУ»

Т.А. Дацюк, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»

Г.М. Позин, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «СПбГУТД»

В.И. Прохоров, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

Секция «Энергосбережение»

В.Ф. Матюхин*, д.т.н., проф., Центр МИРЭА

О.А. Сотникова, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «ВГТУ»

С.К. Шерязов, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «ЮрГПУ»

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., ГГТУ им. П.О. Сухого

Секция «ВИЭ»

В.В. Елистратов*, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «СПбГПУ»

П.П. Безруких, д.т.н., акад.-секр. секции «Энергетика» РИА

В.А. Булузов, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «КубГАУ»

М.Г. Тагунов, д.т.н., проф., ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

А.Б. Невзорова, д.т.н., проф., ГГТУ им. П.О. Сухого

В.Г. Николаев, д.т.н., директор НИЦ «Атмограф»

С.В. Грибков, к.т.н., с.н.с., ФГУП «ЦАГИ», акад. РИА

Секция «Биоэнергетика»

Р.Г. Васильев*, д.б.н., проф., президент ОБР

Ю.Ф. Лачуга, акад. РАН, член презид. РАН, д.т.н., проф.

В.В. Мясоедова, д.х.н., проф., ФГБНУ «ФИЦ ХФ РАН»

А.Н. Васильев, д.т.н., проф., ФГБНУ «ФНАЦ «ВИМ»

* Руководитель секции.

Адрес редакции: 143085, Московская обл., Одинцовский р-н, раб. пос. Заречье, ул. Тихая, д. 13, корп. 2

Тел/факс: +7 (495) 665-00-00

E-mail: media@mediatechnology.ru

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-56668.

Подписной индекс: П1895.

Перепечатка фотоматериалов и статей допускается лишь с письменного разрешения редакции и с обязательной ссылкой на журнал (в том числе в электронных СМИ). Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов. Редакция не несет ответственности за информацию, содержащуюся в рекламных объявлениях.

Адрес в Интернете

www.c-o-k.ru, www.forum.c-o-k.ru

Отпечатано в типографии

«Тверской Печатный Двор» (адрес: 170518, Тверская обл., Калининский р-н, с. Никольское, д. 26)

Тираж 15 000 экз. Цена свободная.

Выпуск № 254 (02/2023). Дата выхода: 20.03.2023.

С.О.К.® — зарегистрированный торговый знак.

ISSN 1682-3524

Новости

4

Интервью

[Производство совершенствуется «цифрой»](#)

8

[Новая глава истории компании «Нижегород-нефтегазпроект» началась с перехода на «Платформу nanoCAD»](#)

12

ВМ-проектирование

[Применение ТИМ на примере раздела ОВиК](#)

14

[Российский рынок программного обеспечения намерен поднять пиратский флаг?](#)

18

[Разработка моделей инженерных систем зданий и сооружений с использованием BIM-технологий](#)

20

Сантехника и водоснабжение

[О расчётной производительности станций водоподготовки](#)

22

[Почему производители редукторов давления воды не выпускают нормальные квартирные гидроредукторы?](#)

24

Отопление и ГВС

[Двухзонный тёмный газолучистый обогреватель: разработка и совершенствование методики расчёта](#)

29

[BAXI и De Dietrich: бонусные программы и приложения для профессионалов](#)

32

[LUNDA — уверенный рост и постоянное развитие!](#)

34

[Генераторный газ из твёрдых коммунальных отходов как топливо для отопительных установок](#)

36

[Влияние особенностей строительства населённых пунктов на температуру окружающего воздуха в холодный период года](#)

38

Кондиционирование и вентиляция

[Холод, произведенный в России](#)

40

[Анализ методик расчёта фактической производительности внутренних и наружных блоков VRF-систем](#)

42

Энергосбережение и ВИЭ

[Анализ Постановления Правительства РФ от 27 мая 2022 года № 963](#)

53

[Выбор оптимального теплоизоляционного покрытия трубопроводов сжиженного природного газа](#)

58

[О возможности развития геотермальной энергетики Республики Бурятия](#)

62

[Комбинированная ПЭТВ-диоксид-углеродная тепловая изоляция](#)

66

[Специализация российских вузов в сфере возобновляемой энергетики](#)

69

References

80

Одной строкой

Компания Kermit обновила технический каталог по стальным панельным радиаторам. Новая редакция включает в себя технические параметры всей линейки панельных радиаторов, нормативную тепловую мощность каждого радиатора при различных температурных режимах, а также краткие инструкции по монтажу радиатора в зависимости от выбранного крепления.



В этом году среди компаний — производителей вентиляционного оборудования, принявших участие в конкурсе «Мастер Renga» (организатор — Renga Software), компания «Ровен» стала победителем в номинации «ВИМ-проекты». Были получены награды сразу за два проекта, представленные специалистами отдела программных решений.

В рамках импортозамещающего проекта компания ООО «Тракс» планирует производство отечественных компрессоров. Компания получила льготный заём Фонда развития промышленности размером 1,02 млрд руб. на приобретение российского оборудования.



Производственный комплекс АДЛ расширяется. В скором времени в городе Коломне будет построен четвёртый цех завода. Земельный участок для проекта выделен распоряжением губернатора Московской области Андрея Воробьёва.

С января 2023 года российский производитель промышленных водонагревателей из нержавеющей стали ГК «Нортех», запустил выпуск бытовой серии моделей объемом 200, 300 и 500 л. Стандартные модели с электрической частью и модели с косвенным нагревом.

BAXI

Новый котёл BAXI ECO Nova: готов к подключению бойлера



Компания проанонсировала настенный газовый котёл BAXI ECO Nova — это бестселлер бренда BAXI на российском рынке.



До 2023 года котлы ECO Nova выпускались исключительно в двухконтурном исполнении с двумя теплообменниками: на отопление и горячее водоснабжение. С этого года бренд BAXI выпустил на отечественный рынок ещё две модели ECO Nova в одноконтурном исполнении мощностью 24 и 31 кВт. Давайте разберёмся, что это за новинка и в чём её уникальность.

В подавляющем большинстве случаев в оборудовании эконом-класса используется ком-

позитная гидравлическая группа, а в котлах ECO Nova она сделана из латуни. Также котёл оснащён циркуляционным насосом Grundfos с напором водяного столба 5 м в котлах мощностью 10–24 кВт и 6 м в котлах 31 кВт, вентилятором SIT и надёжной электронной платой производства Honeywell International.

В новых одноконтурных котлах ECO Nova 1.24F и 1.31F установлен трёхходовой клапан с мотором, а в корпусе котла предусмотрен отдельный выход для подключения внешнего накопительного бойлера косвенного нагрева. В комплект поставки входит погружной датчик температуры контура ГВС.

Одним из преимуществ котлов ECO Nova являются их компактные размеры: габариты ECO Nova 1.24F — 480×840×350 мм, ECO Nova 1.31F — 530×900×440 мм.

-  Полностью готов к подключению бойлера
-  Трёхходовой клапан с мотором и датчиком температуры в комплекте
-  Лучшая цена за одноконтурный котел в модельном ряду BAXI

Источник: ООО «БДР Термия Рус»

«Ридан»

ECL-3R – российский контроллер для теплоснабжения

Новый контроллер ECL-3R пришёл на смену линейке Danfoss ECL 310/210. Как и его предшественник, ECL-3R предназначен для автоматизации систем теплоснабжения зданий с централизованной подачей тепла. Он может управлять системой отопления, включая контур подпитки, и ГВС.

ECL-3R — конфигурируемый контроллер, что позволяет настроить схему приложения под индивидуальные потребности пользователя. В линейке шесть модификаций: базовая версия 368 предназначена для управления контуром системы отопления и ГВС. Для управления двумя системами отопления представлена версия 361. Если есть необходимость в поддержании давления, то доступны одноконтурные модификации: 317-я для контура ГВС и 331-я для системы отопления. Для управления насосной группой в линейке представлена версия Pumps, а системы с дополнительными датчиками можно диспетчеризировать с помощью версии MM.



Инструкции по быстрому запуску, подробные руководства по монтажу и эксплуатации, схемы подключений, паспорта и сертификаты можно найти на странице ECL-3R в каталоге, а также в разделе «База знаний» на официальном сайте компании «Ридан».

Контроллер имеется в наличии на складе «Ридан».

Источник: ООО «Ридан»

ВТС

Новые вентиляционные агрегаты от компании ВТС



Компания ВТС представила новые линейки вентиляционных агрегатов. Первая из них — подвесные вентиляционные агрегаты ВТС S. С-ВТС S — базовая серия с номинальным расходом воздуха 900–5100 м³/ч и с традиционным перекрёстноточным теплообменником с байпасом для эффективного использования тепловой энергии вытяжного воздуха. Модель имеет все необходимые характеристики для вентиляции помещений, низкую стоимость и идеально подойдёт для коммерческих объектов.

Основу ассортимента составляет оптимальная комплектация — стандартная серия ВТС S (750–5000 м³/ч) с перекрёстноточным пластинчатым нагревателем для применения в системах ВКВ помещений любого типа и назначения. ВТС S — отличное соотношение цены и качества.

Для объектов с повышенными требованиями к энергоэффективности предлагается серия агрегатов с тепловым насосом ВТС S HP. Модель ВТС S HP с воздухопроизводительностью 500–4000 м³/ч имеет встроенный тепловой насос с высоким коэффициентом COP.

Подвесные установки ВТС Compact S работают с противоточным гексагональным пластинчатым рекуператором, имеющим высокую энергоутилизационную эффективность. Эти вентиляционные машины способны обрабатывать от 500 до 4000 м³/ч приточного воздуха.

Вторая линейка — каналные вентиляторы. D-ВТС — прямоугольные и Y-ВТС — круглые каналные вентиляторы для систем ВКВ, применяемые при повышенных расходах и высоких давлениях воздуха. Благодаря их компактной конструкции они могут быть установлены в любом положении и на любом воздуховоде. Корпус вентиляторов изготовлен из высококачественной оцинкованной стали с антикоррозионными свойствами.

Важные параметры каналных вентиляторов: низкий уровень шума; оптимальное сечение вентилятора; возможность эксплуатировать вентиляторы в любом положении; класс изоляции обмоток F (температура до 155 °С); степень защиты электродвигателя IP55; напряжение питания электродвигателя — 230 В; регуляторы скорости вращения (опционально); материал корпуса вентиляторов — высококачественная коррозионно-стойкая оцинкованная сталь; техническое обслуживание — без демонтажа оборудования.

Доступны опциональные элементы: воздушные клапаны, воздушные фильтры, гибкие вставки. Более подробная информация — на сайте компании.

Климат

Определены меры по адаптации к изменениям климата до 2025 года

Национальный план мероприятий второго этапа адаптации к глобальным изменениям климата рассчитан до 2025 года и содержит 17 мероприятий. Мероприятия помогут не допустить негативного влияния на отрасли экономики и качество жизни людей, сообщает Российская Ассоциация Ветроиндустрии.

Документ подразумевает: совершенствование механизма страхования с учётом рисков стихийных бедствий; создание и внедрение новых технологических решений по изучению климата; формирование перечня лучших российских и международных практик адаптации отраслей экономики к предстоящим климатическим изменениям; ежегодное проведение мониторинга и оценки эффективности действующих мер.

Для развития системы управления климатическими рисками будет: составлен перечень

существующих и перспективных данных, получаемых с помощью космических аппаратов; создан специальный информационный ресурс со сценариями изменений климата на территории России; проведена оценка возможного экономического ущерба от климатических воздействий и составлен сводный перечень климатически уязвимых объектов. В арктической зоне планируется: провести мониторинг состояния и устойчивости грунтов в пределах населённых пунктов и производственных объектов; подготовить по его результатам необходимые предложения в области технического регулирования.

Кроме того, в области климатических рисков и адаптации отраслей экономики к климатическим изменениям разработают программы для вузов, профессиональной переподготовки и повышения квалификации.

Одной строкой

Учёные НИУ «МЭИ» создали собственный прототип щелочного электролизёра воды, который позволит отказаться от зарубежных технологий.

22 линейки встраиваемых, напольных и настенных конвекторов Techno были переиспытаны в аккредитованных лабораториях. В результате 30 проведённых испытаний большинство приборов Techno показали увеличение мощности в среднем от 15 до 35%, что подтверждают полученные протоколы испытаний.



2 февраля 2023 года Экспертный совет Фонда развития промышленности (ФРП) одобрил выделение льготного займа 550 млн руб. резиденту технопарка «Русклимат ИКСэл» — компании «Роял Термо Рус» — на реализацию инвестиционной программы, благодаря которой удастся в полтора раза увеличить объёмы производства радиаторов отопления.

Завод FDplast — российский производитель систем водоснабжения, отопления и канализации — на рынке уже 20 лет. История завода началась в 2002 году с запуска производства полипропиленовых труб и фитингов для систем водоснабжения и отопления.



В ближайшие два года власти выделят 15 млрд руб. для перевода муниципальных котельных на использование пеллет. Об этом заявил Президент РФ Владимир Путин 10 февраля 2023 года на совещании по вопросам развития лесопромышленного комплекса (ЛПК) на Устьянском лесопромышленном комплексе в Архангельской области.

Солнечные электростанции под управлением ГК «Хевел» в России выработали более 1,3 млрд кВт·ч в 2022 году, что эквивалентно годовому энергопотреблению 360 тыс. домохозяйств.

Источник: РАВИ.

Одной строкой

Илон Маск, выступая по видеосвязи на Всемирном правительственном саммите в Дубае, высказал мнение, что переход от ископаемых источников энергии к возобновляемым не состоится в ближайшее время и займёт несколько десятилетий.

Компания «Газпром теплоэнерго Московская область» планирует в 2023 году ввести в эксплуатацию более 30 объектов теплоэнергетики в шести городских округах Московской области: Сергиево-Посадском, Пушкинском, Серпухов, Клин, Солнечногорск, Воскресенск.



Согласно отчёту Международного энергетического агентства (МЭА), мировой спрос на электроэнергию будет ежегодно расти на 3% в 2023–2025 годах. Эксперты считают, что в 2022 году спрос на электрическую энергию вырос только на 2% из-за энергетического кризиса. Международное энергетическое агентство прогнозирует, что в ближайшие несколько лет до 90% всей новой энергогенерации будет поступать из возобновляемых источников и АЭС. К 2025 году на ВИЭ будет приходиться 35% мирового производства электроэнергии.

Вся потребляемая электроэнергия на острове Крит будет производиться за счёт возобновляемых источников энергии к 2030 года. Об этом заявил министр охраны окружающей среды и энергетики Греции Костас Скрекас.

В 2022 году глобальные инвестиции в экологически безопасную («зелёную», «чистую») энергетику достигли рекордного показателя в \$ 1,1 трлн, увеличившись более чем на \$ 250 млрд по сравнению с результатами 2021 года.

По информации Европейской ассоциации ветроэнергетики WindEurope, в 2022 году инвестиции в ветроэнергетику в Европе упали, а заказы на новые ветряные турбины снизились на 47% по сравнению с 2021 годом.

Китай демонстрирует впечатляющие результаты внедрения солнечных электростанций в стране. С 2015 по 2022 годы в КНР удалось нарастить выработку солнечной энергии в девять раз — с 43,2 до 392,61 ГВт.

«Русклимат»

«Русклимат» представил продукцию в Совете Федерации



На выставке перспективных бизнес-проектов региона, которая прошла в верхней палате парламента в рамках Дней Владимирской области, Торгово-промышленный холдинг (ТПХ) «Русклимат» представил продукцию шести инвестиционных проектов будущих резидентов особой экономической зоны (ОЭЗ) «Владимир». Являясь основным драйвером создания новой ОЭЗ в регионе, холдинг продолжит развитие климатического кластера во Владимирской области.

ТПХ «Русклимат» продемонстрировал и новый для себя продукт — зарядные станции для электромобилей. Разработку всей компонентной базы реализует Научно-исследовательский институт (НИИ) «ИКСЭЛ», расположенный в Технопарке «Русклимат ИКСЭЛ». В Совете Федерации представили «медленные» и новейшие «быстрые» станции, которые позволяют зарядить электромобиль до 100% всего за 20–30 минут. Контроллеры быстрой зарядной станции являются высокотехнологичным продуктом и до ухода европейских брендов в промышленных масштабах в России не производились.

Председатель Совета Федерации Валентина Матвиенко дала положительную оценку развития бизнеса на территории Владимирской области, высоко оценила промышленный потенциал технопарка «Русклимат ИКСЭЛ» и приняла приглашение посетить производства заводов-резидентов.

Источник: ТПХ «Русклимат».

«Русклимат»

Минпромторг России дал старт климатической технике Augus

Замминистра промышленности и торговли Михаил Иванов познакомился с образцами климатического оборудования под премиальным брендом Augus, представленные торгово-производственным холдингом «Русклимат» в Москве, в МВЦ «Кронус Экспо».

Климатическая техника под брендом Augus разработана в России конструкторами собственного R&D-центра ТПХ «Русклимат». Дизайнерское бюро холдинга создало уникальные образцы приборов премиум-класса, несущих в себе «ДНК бренда».

Основные товарные категории климатической техники Augus будут производиться предприятиями ТПХ «Русклимат» во Владимирской области и Республике Удмуртия. Большая часть материалов и комплектующих — от российских поставщиков. Локализация составит не менее 70%.

Символика Augus будет использоваться на климатических устройствах для дома и офиса на основании лицензионного соглашения



с ФГУП «НАМИ», разработчиком автомобилей Augus и владельцем товарного знака Augus. На стенде были представлены первые полнофункциональные прототипы продукции:

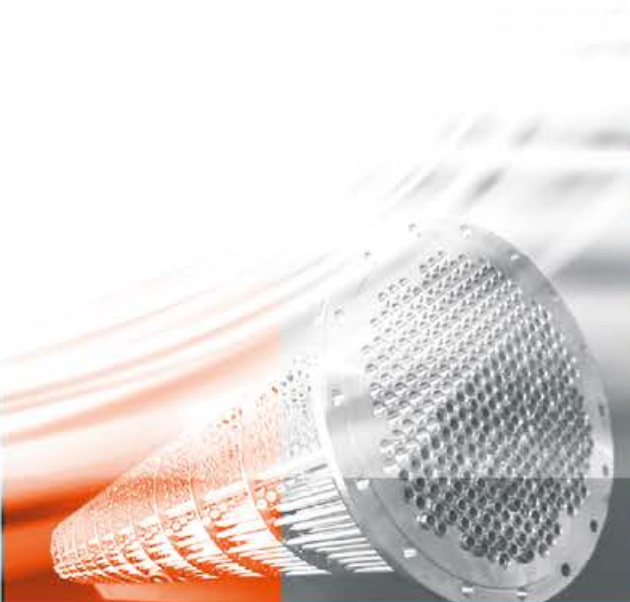
1. Решения для кондиционирования дома и офиса: инверторные сплит-системы, мульти-сплит-системы, колонный кондиционер с притоком свежего воздуха.
2. Водонагревательная техника с авторским дизайном, передовой технологией нагрева, интеллектуальной алгоритмической системой самообучения, позволяющей устройству подстраиваться под персональные привычки пользователя.
3. Тепловая техника: интеллектуальные электрические конвекторы с самой высокой энергоэффективностью в классе среди подобных приборов; конвективно-инфракрасная электропанель.

Источник: ТПХ «Русклимат».



24–26 ОКТЯБРЯ 2023
МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

HEAT&POWER



**8-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ПРОМЫШЛЕННОГО КОТЕЛЬНОГО, ТЕПЛООБМЕННОГО
И ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**



Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+7 (495) 252 11 07
heatpower@mvk.ru



ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
heatpower-expo.ru

Производство совершенствуется «цифрой»

Цифровизация — базовый ориентир на среднесрочную перспективу для всей отечественной индустрии на пути к достижению страной известной национальной цели — цифровой трансформации экономики. На этом пути предприятия не только добиваются прогресса, но и сталкиваются с определёнными трудностями. Проекты гармоничного внедрения «цифры» создают разработчики платформенных решений по цифровой трансформации предприятий, предлагающие технологии, способные справиться со всеми проблемами. Именно в этой области работает [ГК «СиСофт» \(CSoft\)](#), директор по развитию которой Вадим УШАКОВ и станет сегодня нашим собеседником.

Беседовала Елена ВЛАДИМИРОВА

❖ Вадим Валерьевич, что означает термин «умный завод»?

— Определений у этого относительно нового понятия сегодня немало. В целом можно сказать, что «умный завод» — предприятие, где информационные системы и оборудование автономно взаимодействуют друг с другом по заданным параметрам и алгоритмам, и таким образом происходит управление производственным процессом, в который сотрудники почти не вмешиваются, а только наблюдают, что позволяет избежать ошибок, связанных с так называемым «человеческим фактором».

Всё это достигается благодаря платформенным решениям, которые объединяют в единую систему производственные структуры и программное обеспечение для сбора и анализа информации.

Это всё некие элементы цифровой трансформации, но не цельная система, которая действует на основе платформенного решения, синхронизированного с системой менеджмента качества (СМК) данного предприятия.

«Умный завод» характеризуется наличием именно самодиагностируемой системы, которая позволяет на разных этапах жизненного цикла улавливать различные тенденции (например, к снижению эффективности), выявлять новые рынки и сверять с текущей ситуацией и со свободными мощностями для создания инновационных продуктов, предвидеть новые направления развития. Существенная разница, правда?

Создание «умного завода» — дело хлопотное, требующее изучения бизнес-процессов предприятия, их оптимизации.



Нередко вместо термина «умный завод» применяется понятие «цифровой завод». Оно на слуху, но по личному опыту знаю, что кто-то выражение «цифровой завод» вообще понимает как предприятие, где есть электронные печатные устройства. Другие же имеют в виду использование при производстве либо электроники в каких-то процессах, либо электронных расчётов, позволивших снизить затраты на текущую деятельность, либо применение каких-то других электронных приёмов, например, создание цифрового двойника предприятия.



Иными словами, необходима подготовка. Только после этого может сложиться достоверная картина, в рамках которой можно реализовать достойное решение.

Хочу подчеркнуть, что в [ГК «СиСофт»](#) не принято идти от терминов и понятий. Наша модель общения с клиентами — следовать за теми задачами, которые они ставят перед нашими специалистами, учитывать особенности развития компании заказчика и видеть её перспективу. И здесь я хотел бы попенять на красочную рекламу, которая обещает «быстро и эффективно внедрить», «модернизировать» и т.д. На самом деле многое, что предлагается для предприятия, может быть вообще неосуществимо.

Мы начинаем работать исходя из той цели, к которой предприятие хочет прийти. А в состоянии ли оно достичь этой цели в рамках цифровизации? Если технологически, организационно и, что немаловажно, психологически предприятие не готово к преобразованиям — это выяснится при обследовании. Мы всегда предлагаем так называемую «дорожную карту», чтобы предприятие с нашей помощью подготовилось к цифровой трансформации. Рисуем, так сказать, траекторию успеха — от простого к сложному.

Опыт создания классического «умного завода» трудно переоценить. У нас он есть, и, по-видимому, это пока единственное такое предприятие в стране. Работа была длительной, но адекватное руководство завода всё выдержало. Был получен не просто набор цифровых двойников, а система автоматического фиксирования информации от станков о количестве проведённых операций. Через призму оценки загрузки оборудования руководство теперь получает прозрачную картину работы сменного мастера, начальника отделения, директора по производству. Вводя в цифровую копию физического процесса новые данные, можно прогнозировать изменения и определять, что надо сделать для оптимизации реальных процессов и оборудования, а в итоге — добиться наибольшего эффекта в деятельности предприятия.

Итак, предприятие, собирающееся заняться своим цифровым преобразованием, должно отвечать определённым требованиям. Какие это требования?

— Первое условие, которое должно быть учтено, — финансовая устойчивость. Наш опыт реализации проектов цифровой трансформации на предприятиях и в организациях говорит о том, что соискателю нельзя браться за такое преобразование, если он испытывает финансовую неопределённость. Обычно это бывает, когда нет достаточного количества заказов или стабильный пакет заказов не покрывает в полном объёме содержание компании, а видимая перспектива роста продаж отсутствует. Значит, если не исправить такую ситуацию, в обозримой перспективе предприятие будет слабеть. В таком случае нет смысла начинать цифровизацию.

Предприятие должно оценить, действительно ли его продукция востребована на рынке, действительно ли у него есть экономические перспективы. Если же оно находится в ситуации, когда надо лишь выживать, то цифровизация не поможет превратить его в преуспевающее. Тем более что цифровая трансформация — это



дополнительные затраты. А вот, как говорится, «добить» нестабильное предприятие цифровизация может. Хозяйствующий субъект должен вначале научиться зарабатывать, а уже потом заниматься оптимизацией производственной системы — это азы любой экономической теории.

Управлять изменениями на предприятии — зачастую то же, что идти по своему рода «минному полю». Цифровизация резко увеличивает требования к управляющему персоналу. Столкнувшись с нововведениями, люди, не имеющие опыта работы на предприятии с достаточно высоким уровнем цифровизации, теряются.



Их очень тяжело «перевести на новые рельсы». Они говорят: мне лучше походить, постоять у станка, поговорить с рабочим. А цифровизация подразумевает, что личный контакт мы в какой-то степени заменяем неким количеством функций, которые ускоряют процессы, снижают трудоёмкость.

Ещё одним важным условием, необходимым для успешного преобразования в «умный завод», является наличие действующей системы менеджмента качества. Слово «действующая» означает, что предприятие не просто проходит очередную ежегодную переаттестацию системы. Действующая СМК подразумевает описание процессов таким образом, чтобы было ясно, как создаются условия, способные обеспечить непрерывное улучшение процесса. Ведь чтобы функционирование организации было успешным, необходимо управлять ею системным и наглядным образом.

Вместе с тем важной составляющей работы является управление в соответствии с ГОСТами. Потому что, какими бы инновационными наши промышленные предприятия ни были, как бы они сего-

дня ни назывались, свою историю они начинали ещё в советские времена. Все понимают, что тогда ГОСТы писались строго для выполнения, и отступление от них каралось. А СМК — это всё-таки вольная трактовка менеджмента качества, управления качеством, за отклонение от которой наказания не последует. И если на вопрос о том, на какие стандарты качества ориентируется предприятие, следует ответ: «стандарты, мол, ISO», то нельзя исключать, что качество предлагаемой продукции «колеблется» — сегодня есть, завтра нет... И предприятие уже привыкло, что это — не проблема.

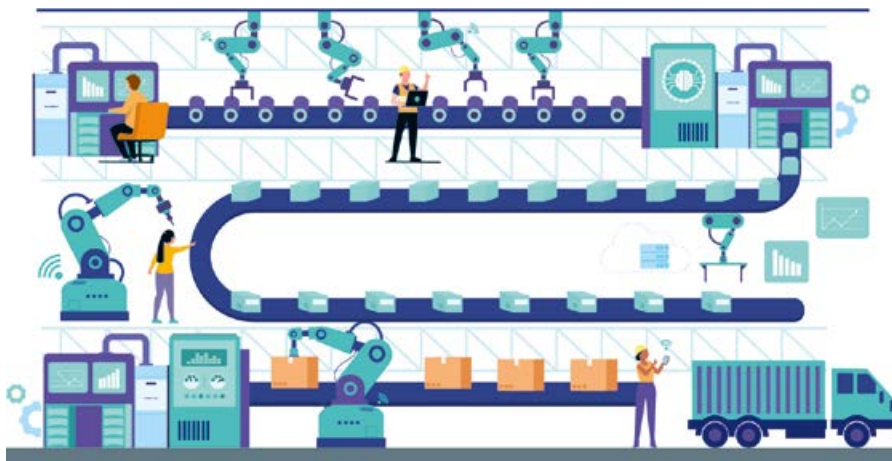
Соискатели статуса «умный завод» должны понимать, что СМК при цифровизации претерпевает очень серьёзные изменения. Не менее 70 процентов алгоритмов работы внутри предприятия при законченном цифровом облике трансформируется. Часть изменений проявятся сразу на старте, часть — в рамках пилотного проекта на ограниченной территории. Далее — в текущих процессах при опытной эксплуатации, затем — в серийной промышленной эксплуатации. И на последнем этапе начинается работа по изменению самой системы менеджмента качества.

Если в процессе внедрения СМК не менялась, то значит цифровизацию сделали для галочки. На Западе сначала меняется система менеджмента качества и лишь затем проводится автоматизация. Но у нас на это времени нет, а есть опыт — действовать без раскочки. В штате [Группы компаний «СиСофт»](#) много специалистов по оптимизации производственных систем с опытом такой работы в промышленности. Это, скажу без ложной скромности, даёт нам большое преимущество перед конкурентами.

На предприятии, которое собирается пройти цифровую трансформацию, обязательно должен быть заинтересованный заказчик. Кроме того, следует назначить ответственных за трансформацию. Обязательно должна быть создана официальная команда из представителей завода и компании — исполнителя проекта.

Бывает так, что предприятию вменено внедрение инновационных цифровых процессов, а формального заказчика нет, но он должен быть. Есть примеры, когда заказчик — это совет директоров, который делегирует полномочия и назначает руководителя проекта по цифровой трансформации. Заказчик создаёт постоянный проектный офис на предприятии, составляет список ответственных специалистов по выполняемым ролям, которые мы рекомендуем, и включает их в процесс. По каждому подразделению или процессу назначаются ответственные специалисты, которые решают те или иные задачи и, соответственно, несут ответственность за их. Каждое неисполнение вызывает необходимость провести анализ и внести корректировки, так как невозможность выполнения тех или иных запланированных задач может быть обусловлена спецификой производства, ранее не замеченной при формировании плана работ, а не просто слабой исполнительской дисциплиной.

Очень плохо, если на предприятии подходят к выполнению проекта цифровой трансформации формально и решают проблемы методом разносов. Процесс цифровизации, вне зависимости от его уровня, всегда сложный, и действительно, некоторые вопросы, кажущиеся простыми, по факту весьма тяжело реализуются. Поэтому корректировка — это нормальный процесс, и важно понимать, что подчинённый в зоне ответственности, по сути, несёт двойную нагрузку. Ведь у него есть текущая работа, за которую он получает зарплату. А ему вменяется ещё и дополнительная нагрузка в виде параллельного процесса. А если ещё возникнет необходимость переделывать сам процесс, ему придётся «днествовать и ночествовать» на заводе. Получая от вышестоящего руководителя очередной выговор, специалист может терять мотивацию. За этим следуют классические для подхода «бережливого производства» восьмой и девятый виды потерь: эмоциональное выгорание и потеря инициативы. Задача руководителя проекта — поддержать работника, занятого в проекте. На самом деле, многое здесь решается не за счёт удорожания проекта, а на основе благоприятной психологической атмосферы внутри коллектива.



•• С чего проект начинается? Какие этапы проходит?

— Предусмотрены чёткие и логичные шаги, которые должны привести к оптимальным результатам. Если оставить за скобками предварительные переговоры, то первый этап — это, конечно же, установочное совещание, на котором обсуждается предварительный график работ или, иными словами, «дорожная карта». По сути, создаётся траектория успеха, как её видит предприятие. Затем мы «приземляем» задачи уже на реально существующую площадку. И далее переходим к самому процессу преобразования.

Опора основного этапа проекта — внимание руководителя предприятия, которому необходимо даже при максимальной загрузке не менее одного раза в месяц вникать в происходящие дела — люди должны видеть его участие. А ещё лучше — назначить приказом руководителя по цифровой трансформации с полномочиями, равнозначными заместителю руководителя предприятия. Это очень высокий статус. Наделение сотрудника такими полномочиями в рамках проекта будет расцениваться коллективом как очень значимое назначение. Генеральный директор должен со своим назначенцем часто обсуждать текущее состояние проекта — участвовать в цифровизации. Тем самым он покажет, что вовлечён в процесс. И этот специалист будет присутствовать на совещаниях, вникать во все процессы, даже те, которые пока не затронуты проектом. Тогда и другие руководители на предприятии оценят значимость проекта.

•• Какая технология применяется сотрудниками ГК «СиСофт» при реализации проектов по трансформации?

— Внедрение технологии цифровой трансформации промышленного предприятия осуществляется на основе нашей платформы класса PLM [Product Lifecycle Management, управление жизненным циклом продукции. — Прим. ред.]. Эта ци-

фровая платформа уникальна именно как отечественная разработка. Других таких «единоплатформенных» российских решений класса PLM нет.

Получилось так, что вначале созданную нами платформу рынок как бы и не принял. Потенциальным потребителям казалось, что она включает в себя избыточный функционал. Это затруднило первое знакомство с нашей платформой потенциальных потребителей и заказчиков, в том числе руководителей ведомств и министерств. Пришлось разъяснять, что предложенный нами формат платформы PLM вообще намного шире, чем тот функционал, к которому их, по сути, приучили западные разработчики. На Западе PLM — это конструкторская программа для проектирования и PDM [Product Data Management, управление данными об изделии. — Прим. ред.] для работы с нормативно-справочной информацией.

Два года я был сильно «бит» на всех совещаниях, в том числе на высоких уровнях, из-за такого недопонимания. Мои оппоненты приводили в пример западные промышленные предприятия, которые не усложняют ситуацию с PLM-системами, которые у них только «CAD плюс PDM». А я спорил, потому что есть контракты, сопровождающие жизненный цикл изделия, и как быть с ними? Учсть жизненный цикл сложного изделия — обязательное условие при формировании подобных контрактов. Это как раз то, что было включено в функционал нашей цифровой платформы.

К счастью, в текущем году в рамках интенсивного импортозамещения данный вопрос стали широко обсуждать, и я на одном из совещаний даже услышал, что в России, мол, практически нет программ класса PLM. Причём не в западном понимании, когда платформа включает конструкторское ПО и программы по управлению нормативно-справочной информацией, а именно в понимании сопровождения контрактов жизненного цикла.

То есть от зарождения идеи, управления всеми стадиями в процессе подготовки производства, на производстве, а также получения обратной информации с мест эксплуатации.

Сегодня на нашу платформу очень большой спрос на рынке. Изменили своё мнение даже те предприятия, которые первоначально не интересовались таким перспективным решением и искали в первую очередь иностранные продукты.

Одним из преимуществ нашей разработки является то, что это монолитное решение. Любые изменения в разных модулях фактически отображаются в единой системе. Соответственно, нет проблем с интеграцией. Если бы производитель выпускал множество разных программ, пусть даже прекрасно работающих отдельно, — всегда возникают проблемы интеграции, передачи данных, какая-то информация теряется. При использовании нашего ПО такого не происходит. И не побоюсь заявить, что нашему решению сегодня нет аналогов на рынке по охвату процессов в единой платформе.

Мы — очень крупная организация с богатой историей, с большим количеством компаний, которые являются либо нашими филиалами, либо партнёрами, работающими в рамках общей системы. Мы готовы поддерживать любые проекты и кастомизировать их под заказчика.

Мне приятно сказать и о том, что преимущество платформы ещё и в открытом API. То есть, приобретя наш продукт, предприятие фактически после обучения специалистов может при необходимости менять его — с нашим сопровождением или самостоятельно.

⚡ Говоря об оптимальном функционале платформы PLM для отечественных клиентов, какие конкретные качества вы, к примеру, имеете в виду?

— Вначале надо заметить, что в целом наша PLM-система позволяет управлять нормативно-справочной информацией, проектировать технологические процессы, управлять технологической подготовкой, складским хозяйством, документооборотом, в том числе технической документацией и настраиваемыми протоколами управления. Разумеется, в её функционал входят управление производством, планирование производства, управление зданиями и сооружениями, состоянием оборудования, планирование и контроль проведения планово-предупредительных работ (ТОиР и ППР). Не забудем упомянуть и возможность управлять качеством продукции — причём не только в процессе производства, но и по-

средством информации, поступающей из мест эксплуатации. Управлять можно всеми процессами, в том числе сбытом и закупочной деятельностью.

Это очень важно, особенно там, где предъявляются особые требования к качеству изделия, к примеру, в авиационном кластере. И наша платформа позволяет пользователям в рамках управления качеством не просто фиксировать события, а моделировать оптимальное управление всем жизненным циклом изделия, получая циклограммы каждой отдельной детали, каждого отдельного процесса. Так формируется паспорт изделия, который предоставляется эксплуатанту, поскольку он должен быть уверен в каждом производственном процессе и иметь возможность в любой момент исследовать материалы архива, что, кстати, тоже один из элементов управления архивом.



⚡ «Умное производство» — важная часть нового технологического уклада «Индустрия 4.0»

И ещё одно инновационное решение — промышленный интернет вещей. Именно благодаря IIoT в ситуационный центр попадает не просто отчёт о состоянии оборудования в определённый момент, а сама динамическая «картинка» работы оборудования в режиме онлайн. Это позволяет специалистам и руководителям подразделений оценивать наработку, а также то, какие процессы происходят и что предвидится в ближайшее время.

⚡ А чего заказчику следует опасаться в связи с цифровой трансформацией предприятия на базе вашей платформы?

— Да, собственно говоря, никаких подводных камней во внедрении платформы PLM нет. С её помощью мы, по сути, только переносим существующую информацию, которая была сформирована в условиях применения иностранно-

го программного обеспечения, в отечественные программы. Но те предприятия, которые затягивают с переходом на российское ПО, могут получить проблемы. Для переноса остаётся всё меньше времени, аккаунты у большинства иностранного ПО закрыты для отечественных пользователей, обновлений не происходит. В таких условиях можно только выживать, но не развиваться.

⚡ Создание вашей платформы для цифровой трансформации предприятий завершено или её развитие продолжается и далее?

— Это актуальная для нас тема. Платформа бурно развивается, появляются новые модули. Наши разработчики отслеживают многие инновационные направления — те, которые могут быть спорными сегодня, но затем будут приняты к реали-

зации. И, соответственно, может быть получен какой-либо эффект.

Сегодня мы оцениваем все направления и потенциальные решения. Если видим, что решение интересное и сочетается с нашим мировоззрением, мы, конечно же, реализуем его хотя бы в виде «пилотов».

Не могу нашу инновационную работу назвать красиво — НИОКРом, но всё же ГК «СиСофт» имеет значительный запас по инновациям. Нас сегодня ничем удивить нельзя. И ничто нас не остановит в развитии. За плечами — богатая история работы и успеха на рынке.

Наши специалисты постоянно оценивали сильные и слабые стороны иностранного программного обеспечения. Сейчас заграничное ПО уходит, практически уже ушло. И нам останавливаться нельзя. ●

Новая глава истории компании «Нижегород-нефтегазпроект» началась с перехода на «Платформу nanoCAD»

Для реализации задач проектирования в компании ООО «Нижегороднефтегаз-проект» (ННГП) была выбрана российская «Платформа nanoCAD». Лицензии предоставила фирма «АркСофт» — поставщик ИТ-решений и сервисов, авторизованный партнёр ООО «Нанософт разработка». Об особенностях перехода на российское программное обеспечение компании с 70-летней историей рассказывает Андрей ШИБЯКИН, руководитель группы ИТ ООО «ННГП».

❖ Когда предприятию потребовалось решать вопрос замены САПР и почему выбрали «Платформу nanoCAD»?

— Как и многие другие российские проектные компании, мы использовали для выпуска 2D-документации AutoCAD от американского поставщика Autodesk. Но, когда зарубежный разработчик стал отзываться лицензии у отечественных пользователей, на повестке дня появился вопрос о замене САПР. Не хотелось доводить до ситуации, с которой столкнулась, например, проектная организация, работавшая над чертежами Крымского моста. Компания подпала под санкции, а её программное обеспечение просто перестало работать. Хорошо, что к тому времени мост уже успели построить.

Торопила нас с выбором нового решения и директива правительства о необходимости перехода государственных компаний на отечественное программное обеспечение до 2021 года. Импортозамещение идёт преимущественно в области цифрового проектирования и моделирования, но наша организация искала замену 2D САПР, так как это основной компонент для разработки проектов. Вместе с тем хотелось снизить затраты на ПО, соблюдая золотой баланс «цена/качество».

Надо отметить, что в качестве альтернативы мы рассматривали только «Платформу nanoCAD» как единственный в РФ зрелый аналог AutoCAD. Дело в том, что многие сотрудники нашего обособленного подразделения (ОП), открывшегося в 2020 году в городе Ставрополе, уже имели опыт работы в «Платформе» и были знакомы с её функционалом.

❖ Как проходило тестирование нового ПО на предприятии?

— Вопрос о замене существующей САПР на «Платформу nanoCAD» наши специалисты начали прорабатывать, ещё когда наша организация входила в состав проектного блока ООО «Лукойл-Нижегород-ниинептегазпроект». В 2018–2019 годах мы точно использовали лицензии в тестовом режиме.

В 2021 году, уже с намерением фундаментально произвести импортозамеще-



❖ Андрей Шибякин, руководитель группы ИТ ООО «Нижегороднефтегазпроект»

ние, мы начали полноценное тестирование продуктов на «Платформе nanoCAD». Компания «АркСофт», официальный партнёр ООО «Нанософт разработка», предоставила нам 50 временных лицензий, а также оказала полную поддержку в процессе внедрения. Для проведения тестирования выбрали один из филиалов ОП в Ставрополе. Дистанционно установили инженерам подразделение «Платформу nanoCAD» с модулем «СПДС».

Сравнивали российскую САПР с её американским аналогом AutoCAD 2017 по нескольким критериям: скорость открытия файлов, аналогичность интерфейса и частота возникновения ошибок.

❖ Что же показало тестирование?

— Тестирование показало, что время открытия файлов у обеих САПР одинаковое, однако файлы большого объёма (несколько сотен мегабайт) nanoCAD открывает быстрее. Фактически замеряли секундомером. Например, если файлы с генеральным планом AutoCAD открывал от одной до двух минут, то в «Платформе nanoCAD» загрузка проекта занимала от 30 секунд до минуты.

Интерфейс «Платформы» мало отличается от её зарубежного аналога, так что по этому критерию от тестовой группы мы получили единогласное одобрение. Вопрос с «периодом адаптации» нового софта автоматически минимизировался.

О компании ООО «Нижегороднефтегазпроект»

ООО «Нижегороднефтегазпроект» (ННГП) — российская инженеринговая компания, выполняющая широкий спектр работ по проектированию, обоснованию инвестиций, поставке оборудования, управлению строительством (причём не только в области нефтегазопереработки и нефтехимии), разработке технологий и программного обеспечения. Компания была образована в 2019 году в результате реорганизации проектного блока ООО «Лукойл-Нижегородниинептегазпроект».



Фото: ПАО «ЛУКОЙЛ», lukoil.ru

● ● Нефтехимическое предприятие ООО «Ставролен»

Что касается работы продукта в целом и частоты возникновения ошибок, участники тестирования отметили стабильность и высокую производительность «Платформы» даже при одновременной работе с большими объемами информации. Единственной нерешённой проблемой оставался перенос проектов (в частности, по генеральному плану). Файлы, которые создавались в американской САПР, увеличивались в размере и замедлялись в процессе работы. А при выполнении некоторых операций происходили зависания в самой «Платформе». Со всеми проблемами мы обращались в техподдержку компании «АркСофт», которая оперативно нам помогала. Благодаря этому все сложности удалось быстро устранить без потери информации по проекту.

● ● Итак, тестирование прошло успешно. Какие же продукты решили закупить?

— Да, тестовая группа осталась довольна работой нового ПО. Уже в декабре 2021 года мы закупили у компании «АркСофт» 200 годовых сетевых лицензий «Платформы nanoCAD» с модулем «СПДС», а также восемь лицензий nanoCAD GeonICS с модулями «Топоплан» и «Генплан» для всей компании, включая филиалы в Ставрополе, Дзержинске, Казани, Томске, Нижнем Новгороде и Москве.

● ● Расскажите о стратегии внедрения продуктов линейки nanoCAD.

— Полноценное внедрение мы начали в январе 2022 года. Требовалось выбрать вариант размещения серверов лицензирования: отдельные для каждого офиса или единый на всю компанию.

Я, как руководитель группы ИТ, принял решение разделить базирование сер-

веров в обособленном подразделении в Ставрополе, где разместили 50 лицензий «Платформы» с модулем «СПДС», и в ОП в Нижнем Новгороде, где расположился отдельный сервер на остальные 150 лицензий «Платформы nanoCAD» и лицензии nanoCAD GeonICS.

Такое решение было обусловлено тем, что ОП в Ставрополе находится далеко от головного подразделения в Нижнем Новгороде, причём канал связи между ними часто рушился по вине провайдера. Потеря связи грозит срывом сроков по проекту, что для нашей компании совершенно недопустимо: мы дорожим своей репутацией, которую зарабатывали на протяжении стольких лет.

● ● Можете ли вы привести примеры объектов, спроектированных с применением «Платформы nanoCAD»?

— Конечно. Например, для ООО «Ставролен» — нефтехимического предприятия, которое занимается производством полиэтилена и полипропилена в городе Будённовске Ставропольского края, мы провели работу по разработке базового проекта на технологию получения широкой фракции лёгких углеводородов (ШФЛУ) и этановой фракции из сырьевого газа, а также способствовали техническому перевооружению азотно-кислородной станции №1,2, предназначенной для производства простых и сложных эфиров, подготовив рабочую документацию.

Кроме того, на предприятии организовали модернизацию существующих и строительство новых мощностей с учётом ввода в эксплуатацию Сарматского нефтегазоконденсатного месторождения (имени Ю. С. Кувыкина), расположенного в Каспийском море.

● ● Как сотрудники предприятия восприняли новый программный продукт? Сильно ли замена ПО повлияла на производительность работы?

— Незначительно. Фактически наши инженеры самостоятельно обучались работе в «Платформе nanoCAD». Вначале были сложности, так как новая САПР всё же отличается от предыдущей. Специалисты, у которых были трудности с освоением программы, получали помощь от более опытных пользователей внутри компании. Однако большинство наших сотрудников уже уверенно работали в «Платформе nanoCAD», поэтому за месяц удалось восстановить прежний темп. Кроме того, на протяжении этого времени нам была обеспечена техподдержка.

● ● Вы сказали, что лицензии «Платформы» и техподдержку предоставила компания «АркСофт». Какую роль она сыграла в процессе внедрения?

— Специалисты «АркСофт» курировали весь процесс внедрения: дали подробные инструкции по самостоятельной установке и развёртыванию лицензий, оказывали грамотную техподдержку пользователям и ИТ-специалистам. Благодаря такому подходу мы можем автоматически создавать рабочие места, просто «подцепляя» их к серверу лицензий, что упростило работу системным администраторам. Кроме того, компания сделала нам выгодное ценовое предложение. Мы благодарим коллег из «АркСофт» за проделанную работу!

● ● Какие перспективы у «Платформы nanoCAD» на российском рынке САПР?

— По моему мнению, на сегодня это самое удачное решение для проектирования и цифрового моделирования в России. Если раньше мы не рассматривали всерьёз «Платформу nanoCAD», как альтернативу проверенной временем американской САПР, то сейчас это продукт уже достаточно зрелый, чтобы составить достойную конкуренцию любой системе автоматизированного проектирования. Продукт компании «Нанософт разработка» имеет в своём арсенале большой ассортимент решений, закрывающих при импортозамещении практически весь спектр инженерных задач.

Следует отметить, что для работы нашей компании «коробочного» функционала программы оказалось в целом достаточно. Причём мы сразу начали использовать продукт в реальных проектах.

С уверенностью могу сказать, что со сменой зарубежного ПО на отечественное мы начали писать новую главу истории нашего предприятия. ●



Применение ТИМ на примере раздела ОВиК

Технологическое развитие строительной отрасли России является необходимым для повышения эффективности использования ресурсов и конкурентоспособности в технологиях строительства. Задан курс на цифровизацию строительной отрасли. Технология BIM (Building Information Modeling — информационное моделирование зданий и сооружений) или её российский аналог ТИМ (технологий информационного моделирования) уже не являются новшеством в строительстве, но их внедрение в строительной отрасли затруднено по ряду причин.

В профессиональных кругах постоянно идут споры о реализации технологий информационного моделирования. Однако ТИМ развивается и подталкивает к изменению процессы строительства. В данной работе будут продемонстрированы общие принципы создания информационной модели раздела отопления, вентиляции и кондиционирования на этапе проектирования строительного объекта для формирования представления о применении ТИМ.

Методологической основой данной работы являются исследования отечественных и зарубежных авторов в области информационного моделирования строительных объектов.

Решение задач исследования производится с применением основ информационного моделирования, экспериментальных методов и методов проектирования

(прямые аналитические методы синтеза, а также существующие эвристические методы проектирования).

Для решения задач капитального строительства нового объекта необходимо учитывать все возможные факторы, влияющие на решение поставленных задач. Если рассматривать строительство

В профессиональных кругах постоянно идут споры о реализации технологий информационного моделирования. Однако ТИМ развивается и подталкивает к изменению процессы строительства. В данной работе будут продемонстрированы общие принципы создания информационной модели раздела отопления, вентиляции и кондиционирования на этапе проектирования строительного объекта

с точки зрения системотехники [1], то оно представляет собой открытую систему, состоящую из множества подсистем, которые взаимодействуют с предприятиями других отраслей, сферой различных услуг и природной средой.

Таким образом, необходимо определить и учесть наиболее важные факторы, показатели и взаимосвязи, влияющие на рассматриваемый объект.

Рецензия эксперта на статью получена 23.01.2023 [The expert review of the article was received on January 23, 2023]

УДК 001.891.57; 004.942; 005.41. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Применение ТИМ на примере раздела ОВиК

А. А. Гусарова, аспирант; М. А. Гордеев-Бургвиц, к.т.н., профессор, кафедра механизации и автоматизации строительства, [Московский государственный строительный университет \(НИУ МГСУ\)](#)

Технологии информационного моделирования в строительной отрасли в России постепенно вводятся в применение. Демонстрация практического опыта применения данных технологий является важным для формирования понимания форм применения данных технологий и обмена опытом. Цель статьи состоит в общем описании этапов создания информационной модели объекта в части раздела отопления, вентиляции и кондиционирования.

Ключевые слова: ОВиК, информационная модель, BIM, ТИМ.

UDC 001.891.57; 004.942; 005.41. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03).

Application of TIM on the example of the HVAC section

A. A. Gusarova, postgraduate student; M. A. Gordeev-Burgvits, PhD, the Department of Mechanization and Automation of Construction, [National Research Moscow State University of Civil Engineering \(NRU MGSU\)](#)

Information modeling technologies in the construction industry in Russia are gradually being introduced into use. Demonstration of practical experience in the application of these technologies is important for the formation of an understanding of the forms of application of these technologies and the exchange of experience. The purpose of the article is to provide a general description of the stages of creating an information model of an object in terms of the heating, ventilation and air conditioning section.

Key words: HVAC, information model, BIM, TIM.

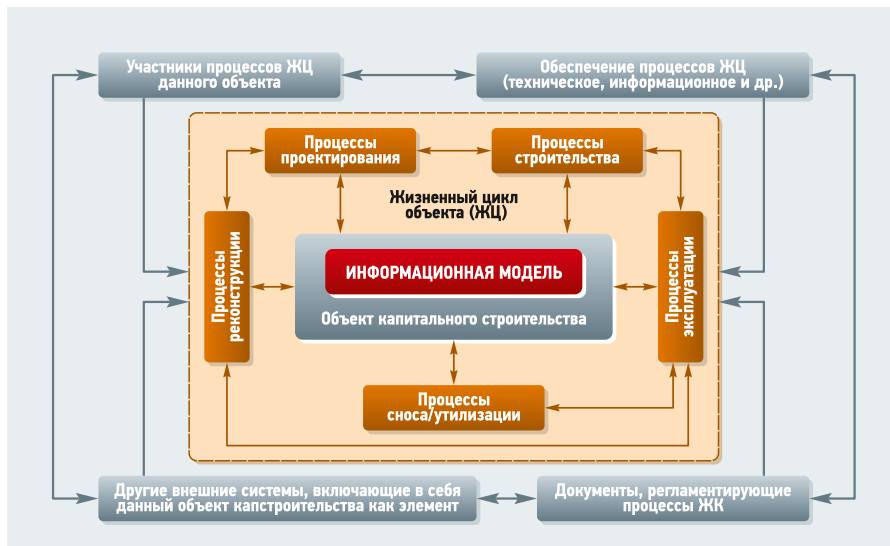


Рис. 1. Схема связей объекта капитального строительства

объект повторного применения, характеризующийся типовыми или стандартными параметрами (габариты конструкций, высотность, архитектура и др.). Объекты повторного применения могут разрабатываться в больших проектных организациях, где для удобства проектирования применяются типовые решения, что формирует типовой объект для его повторного применения. Развитие таких объектов связано с изменениями планировочных решений в части квартирографии, применением новых технических решений, модернизации устаревших решений. На данный момент это развитие затрудняет стандартизацию всех процессов проектирования. Например, изменение квартиро-

В данном случае главным объектом является объект капитального строительства, который рассматривается как система, состоящая из таких подсистем, как:

- инженерно-технические (конструктивные элементы, инженерные элементы, технологическое оборудование и др.);
- человеко-машинные (коллективы исполнителей, использующие машины разного типа);
- организационно-технологические (организационные структуры, новые технологии и методы);
- социально-экономические (экономические и социальные взаимоотношения);
- а также организационно-информационные взаимосвязи между всеми указанными подсистемами.

Информационная модель (ИМ) жилого здания может являться базой для управления данным объектом строительства на всех этапах его жизненного цикла (ЖЦ). Информационная модель способна аккумулировать данные о всех взаимодействиях между различными элементами, объектами и субъектами, связанными с ЖЦ объекта строительства.

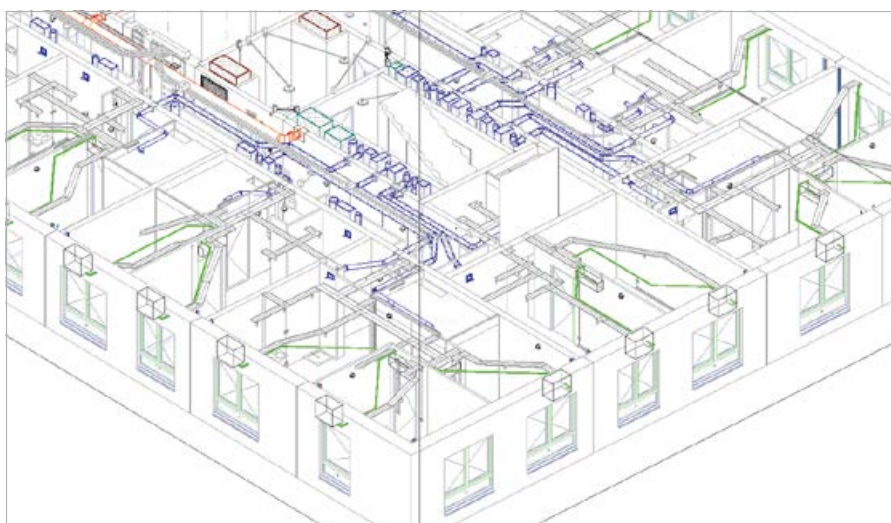


Рис. 2. Цифровая информационная модель жилого здания

На рис.1 представлена общая схема взаимосвязей разных процессов и элементов, связанных с объектом капитального строительства [2]. В качестве объекта исследования рассматривается цифровая информационная модель типового здания многоквартирного дома (рис. 2). Под типовым зданием подразумевается

графию влечёт за собой изменения в размещении инженерных сетей здания, куда накладываются ограничения по наличию свободного места в пространстве здания и конструктиву. Однако наличие типовых и стандартизированных элементов позволяет выявить закономерности для автоматизации процессов и анализа таких объектов. Цифровая информационная модель объекта состоит из связанных в одну информационных моделей подсистем данного объекта.

Объект капитального строительства (в данном случае — многоквартирный жилой дом) проходит разные этапы жизненного цикла «концепция — проектирование — строительство — эксплуатация — демонтаж». В табл.1 представлены основные этапы жизненного цикла объекта с кратким описанием.

На разных этапах ЖЦ имеются свои особенности развития инженерных систем проекта, появляются новые данные, которые необходимы для решения различных задач в процессе всего жизненного цикла объекта.

Этапы жизненного цикла объекта капитального строительства

табл. 1

Этап	Содержание
Инженерные изыскания	На данном этапе формируются исходные данные и требования [перечень систем; технические условия (ТУ); технические требования (ТЗ); состав томов проектной документации (ПД)]. Эскизный проект системы определяет количество компонентов и позволяет сформировать коммерческое предложение на основе примерной спецификации.
Проектирование	Стадия П. Предусматривает детальное описание технических решений по конкретному объекту, создание чертежей будущей системы и составление смет на систему. Экспертиза проекта. Стадия Р. Детализация стадии Р, комплект документации, предоставляющий исчерпывающую информацию для строительно-монтажных работ.
Строительство (включая ввод в эксплуатацию)	Организация строительно-монтажных работ. Закупка материальных ресурсов. Технический надзор. Формирование исполнительной документации проекта. Сдача-приёмка объекта в эксплуатацию. Ввод готового объекта в эксплуатацию.
Эксплуатация (и текущие ремонты)	Организация комплекса работ по содержанию, обслуживанию и ремонту здания (сооружения).
Реконструкция и капитальный ремонт	Улучшение первоначальных характеристик объекта, восстановление основных средств объекта.
Снос и утилизация объекта	Ликвидация объекта капитального строительства путём разрушения, разборки или демонтажа объекта с организацией мероприятий по утилизации строительного мусора.

В соответствии с общей последовательностью развития проекта каждый этап развития (или жизненного цикла) является базой для предыдущего. На каждом этапе есть определённые лица, заинтересованные в развитии и управлении проектом, и определённые задачи. Важно рассматривать основные задачи разных этапов ЖЦ объекта для того, чтобы определить состав данных в ИМ для возможности качественного анализа с целью принятия наилучших решений, связанных с управлением этим объектом [3].

Например, на этапах концепции и проектирования важно определить возможность реализации инженерных систем и правильно оценить затраты. ТИМ способствует решению таких задач и имеет следующие достоинства:

- позволяет осуществлять совместную работу между различными специалистами смежных инженерных систем на этапе проектирования, что повышает актуальность информации, циркулирующей между смежными разделами;
- позволяет автоматизировать различные рутинные процессы при проектировании;
- благодаря наглядной визуализации способствует более быстрой проверке корректности принятых инженерных решений, чем при двухмерной модели;
- позволяет сократить время на корректировки и внесение изменений в проект;
- позволяет более наглядно продемонстрировать инженерные решения для строителей и др.

ТИМ имеет и некоторые недостатки:

- необходима доработка функциональности программного обеспечения для выпуска проектной документации и расчётных операций;
- сложность в освоении программного комплекса;
- стоимость программных комплексов;
- необходимы изменения в организации самого процесса проектирования и взаимодействия между заинтересованными сторонами и др.



Однако специалистами по технологии информационного моделирования проводится работа над устранением указанных недостатков.

В качестве примера применения технологии информационного моделирования можно рассмотреть развитие раздела «Отопление, вентиляция и кондиционирование» (ОВиК). В части проектирования систем ОВиК в цифровой информационной модели объекта инженерам доступны актуальные данные о помещениях, конструктиве, используемых материалах на объекте и другая информация, необходимая для расчётов и принятия технических решений для обеспечения потребностей объекта.

Разработку модели ОВиК можно выполнять согласно списку комплектов, которые формируются при создании данной проектной модели. Для разработки каждого комплекта необходимо использовать определённую технологию, разработанную BIM-специалистами. Также в последние годы формируется нормативная база для информационного моделирования в строительстве [4–7]. Только единая технология позволит составить корректную информационную модель для её дальнейшего анализа и применения в процессах ЖЦ объекта.

Например, задание на отверстия к инженерам-конструкторам от инженера ОВиК можно передавать как отдельным разделом ОВиК, так и в составе сводного задания от инженерных систем объекта.

В качестве задания могут передаваться ссылки на хранилища цифровых информационных моделей по каждой системе.

Общий алгоритм передачи задания от ОВиК к смежному разделу в среде информационного моделирования заключается:

- в подготовке и оформлении задания ОВиК для смежного раздела;
- в передаче ссылки на модель ОВиК для её подгрузки в качестве связи в модель смежного раздела;
- в получении согласования / комментариев (при наличии) от специалиста смежного раздела;
- в корректировке задания ОВиК (при необходимости);
- в оповещении об изменениях в задании специалиста смежного раздела.

Аналогичное взаимодействие происходит и с другими специалистами.

Сводная цифровая информационная модель объекта капитального строительства собирается автоматически в формате из моделей всех разделов проекта. Все модели координируются для конечной совместимости в единой модели и проверяются на коллизии и соответствие составу данных.

Итак, были продемонстрированы общие принципы практического формирования цифровой информационной модели инженерных систем на этапе проектирования объекта.

В РФ интенсивно развивается направление информационного моделирования в строительстве. Существуют исследования и проекты с использованием ТИМ [8–11]. Также имеются проблемы и ограничения в развитии данного направления, но перспективы ТИМ очевидны, поэтому все текущие проблемы постепенно решаются. Важно понимать, что ТИМ меняет подход во взаимодействии разных специалистов на всех этапах жизненного цикла объекта, и этот подход следует изучать, корректировать и использовать для повышения эффективности управления и работы над проектами. ●

1. Гинзбург А.В., Шилова Л.А., Адамцевич А.О. Систематика строительства: учеб.-метод. пособие. — М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2019. 45 с.
2. Талапов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM // Известия вузов. Строительство, 2016. №4. С. 108–114.
3. Чегодаева М.А. Функциональность информационной модели на этапах проектирования, строительства и эксплуатации здания // Молодой учёный, 2016. №25. С. 102–105.
4. Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения

- о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства: Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 №1431 (ред. от 27.05.2022).
5. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла / Дата введ.: 01.07.2020.
6. ГОСТ Р 57563–2017. Моделирование информационной модели объектов / Дата введ.: 01.01.2017.
7. Кондусова В.В. Повышение эффективности функционирования САПР на основе разработки методологии информационной поддержки жизненного цикла наукоёмких изделий: Автореф. дис. докт. техн. наук по спец. 05.13.12. — Оренбург: ОГУ, 2019. 32 с.

8. Астафьева Н.С., Кибирева Ю.А., Васильева И.Л. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017. №8. С. 41–62.
9. Шарманов В.В., Мамаев А.Е., Бoleyко А.Е., Золотова Ю.С. Трудности поэтапного внедрения BIM // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2015. №10. С. 108–120.
10. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // Архитектура и современные информационные технологии, 2010. №1.
11. Юматова Э.Г. Информационное моделирование в строительстве. Технология Revit. — Нижний Новгород: ННГАСУ, 2022. 81 с.

References — see page 80.



МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ВОДНОЙ ОТРАСЛИ

12-14
СЕНТЯБРЯ
2023

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО



Место встречи
профессионалов водной отрасли
с поставщиками технологий,
оборудования и услуг для решения
водохозяйственных задач

Принять участие



ООО «ЭВР» | РЕКЛАМА

Организатор:  ExpoVision
Rus

WWW.ECWATECH.RU



Российский рынок программного обеспечения намерен поднять пиратский флаг?

Ещё совсем недавно российские власти были решительно настроены [1, 2] против использования программного обеспечения зарубежных IT-компаний, которые решили покинуть рынок РФ. Прозвучало много заявлений высокопоставленных чиновников о том, что отечественные вендоры справятся с возникшими вызовами и предоставят достойную замену иностранному софту. Однако сейчас мы наблюдаем ситуацию серьёзного разворота: те же ответственные лица говорят о возможности использования зарубежных продуктов при определённых условиях.

Автор: Елена СВЕТЛАЯ

Откат назад

Что же случилось? Почему так кардинально изменился взгляд на ситуацию? Судя по всему, во властных структурах испугались, что российские IT-компании не справятся с поставленной задачей, что их продукты и решения не смогут стать адекватной заменой иностранному софту. Эти опасения вылились в конкретные инициативы.

Если исходить из поступающей информации, в Минцифре России приняли решение подготовить законопроект о принудительном лицензировании зарубежного ПО, разработчики которого прекратили свою работу в РФ. Министерство предлагает механизм, позволяющий российским пользователям переводить оплату за использование ПО на специальные счета до востребования владельцами софта. Одновременно будет решено его фактически нелегальное применение.

С точки зрения правообладателя, такое предложение — легализация использования нелегального ПО на государственном уровне. При этом не было проведено никакой оценки наличия в том или ином продуктом сегменте отечественных аналогов, а также степени их зрелости. Не секрет, что есть отрасли, где отечественные продукты не только не уступают зарубежным, но зачастую и превосходят их. И теперь мы хотим лишить разработчиков такого ПО стимулов для развития?

Напомним, что Указом Президента РФ В. В. Путина [1] с 31 марта 2022 года государственным заказчикам запретили закупать иностранное ПО для использования на объектах критической информационной инфраструктуры без согласия правительства. И вот теперь такой откат. Не противоречит ли новая инициатива указу Президента России? Особенно если вспомнить, что любой объект критической инфраструктуры не может существовать в вакууме и должен быть интегрирован с другими системами и объектами.



Базовые принципы

В отрасли мнения относительно этой инициативы разделились: одни считают, что она замедлит импортозамещение, другие — позволит сохранить работоспособность критических IT-систем. Но на ситуацию следует посмотреть глубже, а не только с чисто прагматических позиций данного момента. Нужно думать о фундаментальных основах и принципах функционирования всего рынка IT-услуг в стране. Ведь речь идёт о большом периоде времени, а не только о решении сиюминутных задач. Если возобладает такой узкий подход, то негативные последствия могут оказаться значительно больше выгод, которые получим (получим ли?) сегодня.

Повторим уже высказанную мысль, так как она носит принципиальный, можно сказать, даже фундаментальный характер. Для успешного функционирования рынка главное — это базовые принципы, заложенные в его основу на долгий период. Какими они будут, так и пойдёт дальнейшее развитие. Можно получить краткосрочный эффект, но затем оказаться в ситуации, когда это развитие резко застынет. В РФ так уже бывало неоднократно. Так что стоит подумать, следует ли в очередной раз наступать на те же грабли.

В одной многими чтимой книге сказано: «Какою мерою мерите, такую и вам будет отмерено». Если мы, по сути дела, узаконим воровство импортного ПО со стороны российских пользователей, то почему думаем, что они и по отношению к отечественным продуктам станут вести себя иначе? Взять, к примеру, ситуацию с ВИМ и ТИМ. Власти в лице Минстроя активно внедряют использование технологии информационного моделирования в работе строительных компаний. Если мы хотим, чтобы отечественные вендоры получали деньги от продаж своего продукта, то следует исключить случаи «пиратства» российского ПО. Но, когда мы сами, точнее, по велению свыше, создаём такой нелегальный механизм, где гарантия, что он коснётся исключительно иностранцев? Потребители, научившись и привыкнув бесплатно присваивать чужой труд, со временем эту практику распространят и на своих соотечественников. И даже не по злему умыслу, а по причине невероятной привлекательности получать нужное, не платя за него. Все же знают по себе, как это приятно и как затягивает.

Другой негативный фактор данного предложения, о котором, судя по всему, не задумываются его инициаторы. Потребитель, получив право на «трофейный» зарубежный продукт, выпадает из круга покупателей отечественного ПО.



Это подрывает финансовую устойчивость российских IT-компаний, сокращает их возможности по финансированию новых, столь необходимых разработок. В итоге рынок неизбежно начнёт проседать, вместо развития получим застой и упадок.

У кого не надо спрашивать совета

Какой можно сделать вывод о возможных последствиях реализации предложений Минцифры? Пиратство чужого ПО нанесёт ущерб отечественным компаниям сразу по нескольким позициям. Во-первых, рынок с самого начала начнёт развиваться по искажённым принципам. А это чревато долгосрочными негативными последствиями.

Во-вторых, такая ситуация лёт воду на мельницу сбежавших вендоров, поскольку за ними остаётся часть рынка со всеми вытекающими проблемами, такими, например, как отсутствие нормальной техподдержки.

Позиция основной части российских вендоров уже определена. Наряду с другими объединениями, её глашатаем стала Ассоциация разработчиков программных продуктов (АРПП), которая выступила против освобождения от ответственности за использование зарубежного софта.

По мнению членов этой организации, легализация ПО должна идти через механизмы защиты интеллектуальной собственности. Сначала станем нарушать права иностранцев, затем рано или поздно перекинемся и на своих соотечественников. Так бывает всегда, и не просматриваются причины, почему в данном случае удастся избежать подобных последствий.

Тезис второй — если мы нарушаем чужую интеллектуальную собственность, то, в свою очередь, у её владельцев возникает полное право нарушать нашу. А как же экспортные намерения? Ведь мы хотим со своими продуктами выходить и на зарубежные рынки.

Надо понимать, что от внедрения упомянутой инициативы софт не перестанет

быть пиратским (со стороны правообладателя), и, следовательно, вряд ли его правообладатели будут на это спокойно смотреть. Возможностей реагировать у них предостаточно — от ввода сознательных ошибок в расчёты до банального уничтожения данных на ПК. Первая ласточка уже прилетела, и связана она с отказом от поддержки русского языка и будущим отсутствием русскоязычных интерфейсов в ряде ПО.

Есть и более глубокие последствия возможной реализации этого предложения. Возникнет программная чересполосица: одни решения будут реализованы в одних программах, другие — в других. В таком случае теряется смысл унификации, она становится трудно достижима. А сегодня это — важнейшая задача интеграции всех программных систем.

Если мы нарушаем чужую интеллектуальную собственность, то, в свою очередь, у её владельцев возникает полное право нарушать нашу

Возникает, возможно, главный вопрос: действительно ли наши IT-компании смогут самостоятельно закрыть потребности отечественного рынка в ПО? Сошлёмся на мнение одного из компетентных специалистов в этом вопросе, исполнительного директора компании «СиСофт Разработка» (входит в ГК «СиСофт»), главы комитета по стандартизации в области промышленного и гражданского строительства АРПП «Отечественный софт» Михаила Бочарова: отечественные производители программных продуктов давно и успешно заместили аналогичное импортное ПО в области САПР (к вопросу о ВІМ и ТІМ), и попытки «трофейть» их — не что иное, как желание западных вендоров вернуться в Россию хотя бы таким способом.

Принимать такие судьбоносные решения необходимо крайне осторожно и дифференцировано, при этом обеспечив все условия для развития собственных продуктов. Параллельно же следует внести не пролонгируемые и не обходимые (которые нельзя обойти) ограничения на вынужденное «пиратство».

Впрочем, ситуацию всегда нужно рассматривать как можно более широко — только так можно получить наиболее объективную картину возможностей, ограничений и последствий. Так, Михаил Бочаров полагает, что сегодня существуют способы обхода санкций, например, путём разного рода сублицензирования необходимого ПО через дружественные страны. Однако при этом пользователи полностью лишаются каких-либо сервисов, включая обновления версий и техническое сопровождение от разработчика, что чрезвычайно важно для узкоспециализированного и высокотехнологичного ПО. Узаконив «пиратство», мы никак не решим данные проблемы. Это всего лишь способ ненадолго отложить решение задачи замещения ПО.

«Стоит обратить внимание ещё на один важный момент — информационную безопасность, на которую зарубежные производители определённых классов программных решений могут повлиять даже в пиратских копиях», — подчеркнул исполнительный директор компании «СиСофт Разработка», глава комитета по стандартизации в области промышленного и гражданского строительства АРПП «Отечественный софт» Михаил Бочаров.

В заключение следует отметить, что не только Россия поднимает на мачту пиратский флаг, есть и другие страны, которые таким способом узаконивают использование ПО. Например, Беларусь легализовала пиратство и параллельный импорт, то есть ввоз товаров без согласия правообладателя. Соответствующий закон [3] уже опубликован в Республике Беларусь и будет действовать в течение двух лет. ●

1. О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации: Указ Президента РФ от 30.03.2022 №166.
2. Об утверждении требований к программному обеспечению, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, используемому органами государственной власти, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации...: Постановление Правительства РФ от 22.08.2022 №1478.
3. Об ограничении исключительных прав на объекты интеллектуальной собственности: Закон Республики Беларусь от 03.01.2023 №241-3.

Разработка моделей инженерных систем зданий и сооружений с использованием BIM-технологий

Рецензия эксперта на статью получена 16.01.2023 [The expert review of the article was received on January 16, 2023]

Введение

В настоящий момент BIM-модели инженерных систем зданий и сооружений разрабатываются многими участниками строительного рынка [1]. Уникальностью данного исследования, проведённого с применением BIM-технологий, является учёт сложных природных условий при проектировании очистных сооружений и сверхкомпактная инсталляция соответствующего технологического оборудования в здании, изначально не предназначенном для подобных задач.

В частности, биологические пруды требовалось максимально эффективно вписать в земельный участок сложной конфигурации, с перепадом высот более 50 м и различными площадями каждого каскадного пруда. При этом биологическая очистка воды осуществляется её постепенным прохождением через каскад прудов строго в определённой последовательности. Физико-химическая очистка воды выполняется на технологическом оборудовании, компактно размещённом в единственном имеющемся здании, которое, к счастью, обладало подземными коммуникациями.

Материалы и методы, результаты

В процессе исследований решена прикладная задача моделирования очистных сооружений, состоящих из здания физико-химической очистки, подземных коммуникаций и биологических прудов, с использованием BIM-технологий проектирования. В качестве основы для BIM-моделирования был принят проект здания физико-химической очистки.

На рис. 1 показана разработанная модель инженерных коммуникаций и оборудования данного здания в программном комплексе Autodesk AutoCAD. С помощью

Биологические пруды требовалось максимально эффективно вписать в земельный участок сложной конфигурации, с перепадом высот более 50 м и различными площадями каждого каскадного пруда. При этом биологическая очистка воды осуществляется её постепенным прохождением через каскад прудов строго в определённой последовательности

Autodesk Revit проведено комплексное решение, которое позволило вести проектирование всех внутренних инженерных сетей в едином стандарте, сокращая время на увязку различных систем. Современные технологии трёхмерного проектирования, гибкость и качество ПО позволили выполнить проект в кратчайшие сроки. Итак, с помощью Autodesk Revit запроектировано производственное здание физико-химической очистки с системой приточно-вытяжной вентиляции.



Стандартный каскад прудов биоочистки на канализационно-очистной станции

УДК 69. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Разработка моделей инженерных систем зданий и сооружений с использованием BIM-технологий

А. А. Мелехин, к.т.н., доцент, кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция», Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), генеральный директор ООО «Научно-технический центр «Строительство и эксплуатация инженерных систем»

Актуальность темы обусловлена развитием цифровых и сквозных технологий для решения различных задач, в том числе в сфере теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ). При проектировании систем ТГВ, а также в учебном процессе уже используются передовые технологии: BIM-моделирование внутренних систем теплогазоснабжения и вентиляции зданий на основе Autodesk Revit; BIM-моделирование ландшафта в Autodesk InfraWorks; моделирование и визуализация наружных сетей теплогазоснабжения с помощью программ Zulu Thermo, Zulu Gaz; инженерные калькуляторы расчёта теплового потока на отопление здания, технико-экономического обоснования строительства, прогнозного учёта энергетических ресурсов (ntcseis.ru).

Ключевые слова: инженерные системы, BIM, BIM-моделирование, технико-экономические алгоритмы.

UDC 69. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03).

Development of models of engineering systems of buildings and structures using BIM-modeling

A. A. Melekhin, PhD, Associate Professor, the Department of Heat, Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), general director of "Scientific and Technical Center "Construction and operation of engineering Systems", LLC

The relevance of the topic is due to the development of digital and end-to-end technologies for solving various tasks, including in the field of heat and gas supply and ventilation (HVAC). Advanced technologies are already used in the design of HVAC systems, as well as in the educational process: BIM-modeling of internal heat and gas supply and ventilation systems of buildings based on Autodesk Revit; BIM-modeling of the landscape in Autodesk InfraWorks; modeling and visualization of outdoor heat and gas supply networks using Zulu Thermo, Zulu Gaz; engineering calculators for calculating the heat flow for building heating, feasibility studies of construction, predictive accounting of energy resources (ntcseis.ru).

Key words: engineering systems of buildings, BIM, BIM-modeling, technical and economic algorithms.

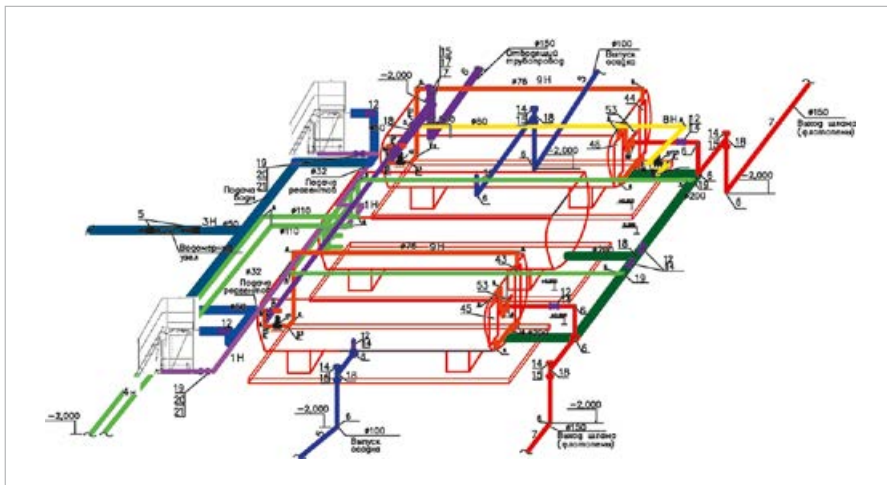


Рис. 1. Модель технологических инженерных систем в Autodesk AutoCAD

На рис. 2 показано проектируемое производственное здание с размещением в нём технологического оборудования и инженерных коммуникаций в Autodesk Revit. Для привязки производственного здания к существующему ландшафту был применён программный комплекс Autodesk InfraWorks 360. Данное ПО является мощным инструментом для эскизного проектирования и визуализации различных проектов. В нём создана 3D-модель существующей инфраструктуры на основе данных из открытых источников и по результатам инженерно-геодезических изысканий. В InfraWorks 360 были проработаны несколько вариантов проектов, проанализированы и сопоставлены между собой, и, как следствие, был сделан выбор определённого варианта для проектирования и строительства.

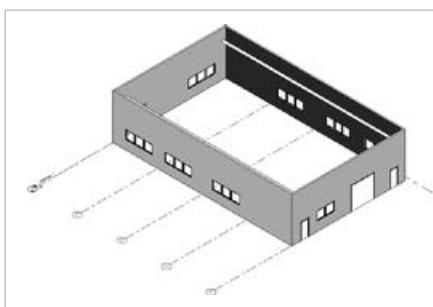


Рис. 2. Трёхмерная модель здания, выполненная в Autodesk Revit

Для решения нашей задачи моделирования здания физико-химической очистки в программный комплекс InfraWorks 360 был загружен слой местности с привязкой к проектируемому зданию (рис. 3). Далее было проведено моделирование территории очистных сооружений в программном комплексе Zulu. В результате построена электронно-математическая модель площадки очистных сооружений при поднятии высотного уровня воды на 2 м (рис. 4). Построение данной модели позволило запроектировать площадку очистных сооружений с учётом возможных зон подтопления.

Актуальность темы BIM-моделирования обусловлена развитием цифровых технологий для решения инженерных задач, в том числе в сфере теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ). Однако

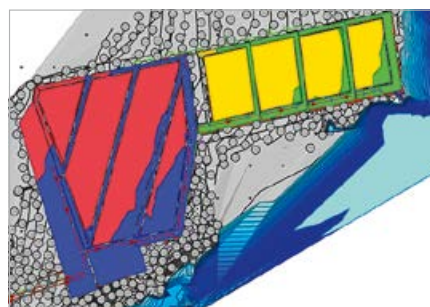


Рис. 4. Модель возможного подтопления территории очистных сооружений в Zulu



Рис. 3. Модель привязки здания в Autodesk InfraWorks 360

в настоящее время серьёзной проблемой является отсутствие теплогидравлических и технико-экономических расчётов в Revit и в других BIM-комплексах. Для решения этой проблемы могут быть использованы специально разработанные технико-экономические алгоритмы [2]. Кроме того, эти алгоритмы уже реализованы в инженерных калькуляторах и веб-приложениях с помощью технологии Dynamic HTML (см. ntcseis.ru) (рис. 5).

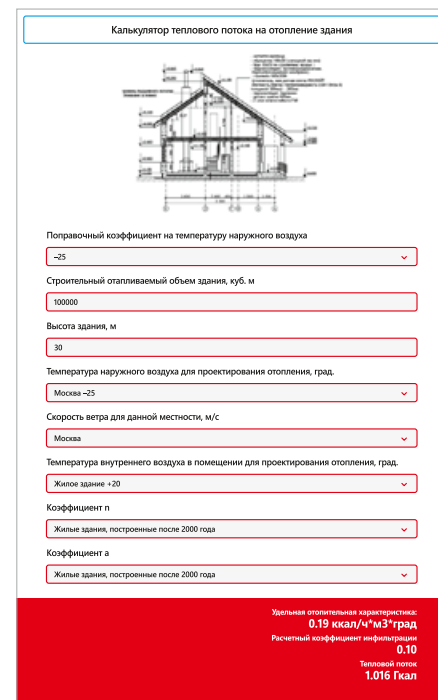


Рис. 5. Фрагмент расчёта в инженерном калькуляторе на ресурсе ntcseis.ru

Закключение

Таким образом, использование BIM-технологий позволило:

- разработать в Autodesk Revit модель промышленного здания с размещением в нём технологического оборудования и инженерных коммуникаций;
- оценить несколько вариантов проектов зданий с использованием Autodesk InfraWorks 360;
- произвести моделирование площадки с учётом возможных зон затопления в программном комплексе Zulu;
- в инженерных калькуляторах ntcseis.ru предварительно рассчитать тепловые нагрузки, рентабельность проекта, прогноз по потреблению энергоресурсов. ●

1. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Мат. III Межд. науч.-практ. конф. ВІМАС 2020 (Санкт-Петербург, 28–30.10.2020). — СПб.: СПбГАСУ, 2020. 446 с.
2. Мелехин А.А. Разработка технико-экономических алгоритмов расчёта для калькуляторов инженерных систем: монография. — М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2021. 102 с.

References — see page 80.

О расчётной производительности станций водоподготовки

Первым вопросом, возникающим при разработке станций водоподготовки, является определение их расчётной производительности. От того, насколько грамотно будет решён данный вопрос, зависит в немалой степени качество проектирования всего водозаборного узла в целом. В нормативных документах не содержится чётких указаний относительно задания расчётной производительности станций водоподготовки. Автор считает нужным поделиться своим видением, опираясь на опыт проектирования и последующей эксплуатации водозаборных сооружений.

При разработке станций водоподготовки одним из первых вопросов становится определение их производительности. Согласно п. 9.7 [1], станции водоподготовки рассчитываются на равномерную работу в течение суток максимального водопотребления — это положение достаточно понятно и не требует дополнительных пояснений. Далее максимальный суточный расход зачастую делят на 24 ч и вроде бы получают требуемую производительность станции водоподготовки. Однако такой подход является не вполне верным, что создаёт почву для ошибок и путаницы в ходе проектирования, так как он не учитывает некоторые обстоятельства. Например, устройства станций водоподготовки нуждаются в промывке и регенерации (это особенно касается зернистых осветлительных фильтров), а установки обратного осмоса и вовсе непрерывно сбрасывают концентрат при своей работе. Откуда в этом случае взять необходимые объёмы воды?

Вроде бы на этот вопрос отвечает п. 9.6 [1], предписывающий увеличивать полный расход, поступающий на станцию, на определённый процент, который пойдёт на собственные нужды станции. Но при этом также нужно учитывать, что современные небольшие станции водоподготовки (особенно станции обезжелезивания и деманганации) на подземных водах могут для промывки фильтров использовать исходную воду из скважин, следовательно, их производительность увеличивать как бы и не нужно. В п. 9.6 и 9.7 [1] ничего не сказано о необходимости пополнения пожарного и аварийного (при наличии такового) объёмов в резервуарах чистой воды (РЧВ), а ведь эту воду тоже нужно забрать из источника и обработать на станции, причём за ограниченное время (см. п. 12.3 [1], п. 6.4 [2]).



Устройства станций водоподготовки нуждаются в промывке и регенерации, а установки обратного осмоса и вовсе непрерывно сбрасывают концентрат при своей работе. Откуда в этом случае взять необходимые объёмы воды?

Вследствие этого не вполне понятно, о каком расходе (производительности станции) в конечном итоге идёт речь: расходе, забираемом из водоисточника, обрабатываемом станцией или подаваемом потребителю?

По мнению автора, правильным подходом для назначения расчётной производительности станции водоподготовки является задание часового расхода воды $Q_{\text{ч}}$, подаваемого ею в РЧВ (прямоточные станции без промежуточных ёмкостей являются редкостью). Уже от этой величины определяются и другие расходы. Как правило, такие расчёты приходится делать методом последовательных приближений.

Для определения расчётной производительности станции водоподготовки $Q_{\text{ч}}$ необходимо принять обоснованное расчётами на перспективу развития значение максимального суточного расхода $Q_{\text{сут. max}}$ населённого пункта или иного рассматриваемого объекта. Это значение необходимо разделить на предполагаемое количество часов работы в сутки:

$$Q_{\text{ч}} = Q_{\text{сут. max}} / n,$$

где $n = 24$ ч при $Q_{\text{сут. max}}$ более 5000 м³/сут.

Для $Q_{\text{сут. max}}$ до 5000 м³/сут. время работы станции допускается (и желательно) принимать менее 24 ч, например, 20 ч. Снижение количества часов работы станции в сутки позволяет, во-первых, иметь запас по производительности на случай непредвиденных обстоятельств, во-вторых, имеется возможность промывок и регенерации фильтров без ущерба для производительности станции (о чём будет сказано ниже), в-третьих, появляется время для проведения регламентных работ и мелкого ремонта оборудования в «нерабочие» часы.

По полученному значению часовой подачи станции $Q_{\text{ч}}$ следует провести предварительный подбор оборудования соответственно качеству исходной воды. Как правило, такой подбор позволяет оценить объём сбрасываемой промывной воды (солевого раствора, концентрата и т.п.) в канализацию $W_{\text{пр}}$. Если в технологической схеме заложено вторичное использование сбросных вод с выделением и обработкой осадка, то $W_{\text{пр}}$, разумеется, будет меньше. Объём $W_{\text{пр}}$ следует учитывать



при пересчёте $Q_{\text{ч}}$, если вода на промывку (регенерацию) будет забираться из РЧВ или резервуаров промывной воды (РПВ). Промывка фильтров исходной водой позволяет не хранить дополнительные объёмы воды в резервуарах и не повышать требуемую производительность сооружений, что, конечно, является большим преимуществом.

Точно так же нужно определить необходимый объём воды на тушение пожаров $W_{\text{пож}}$ и аварийный объём $W_{\text{ав}}$, хранящиеся в РЧВ, а также требуемое время их пополнения — от одних до трёх суток, согласно [1, 2]. Здесь также ограничение часов работы станции в сутки может быть полезным, так как оставшиеся часы можно использовать как для промывок и регенерации фильтров, так и для пополнения пожарного и аварийного запасов. Если работа станции назначается круглосуточной, то пожарный $W_{\text{пож}}$ и аварийный $W_{\text{ав}}$ объёмы должны пополняться в период работы станции, что требует пересчёта $Q_{\text{ч}}$.

Тут следует заметить, что промывку (регенерацию) фильтров лучше проводить (если есть такая возможность) в «нерабочие» часы станции. Хотя в [1] предполагается, что часть фильтров может работать в форсированном режиме, но (это касается прежде всего напорных фильтров) обеспечить такой режим работы непросто из-за особенностей работы автоматики: обычно работа подающих насосов настраивается по датчику давления, управляющему частотным преобразователем электродвигателя. Так как входное давление при этом остаётся постоянным даже при выходе одного фильтра на промывку, то подача очищенной воды в РЧВ от других фильтров снижается на определённую величину, которую можно более или менее оценить только при промывке фильтров исходной водой — она прибли-

зительно равна $Q_{\text{ч}}$ за вычетом расхода воды на промывку (регенерацию). Следует иметь в виду, что выход на промывку (регенерацию) одного из фильтров в «рабочие» часы приводит к снижению и часовой производительности $Q_{\text{ч}}$, и суточной производительности станции.

В техническом задании на разработку станции водоподготовки необходимо указывать максимальный суточный расход населённого пункта (объекта) и часовую подачу станции водоподготовки. Либо нужно указать предельный расход воды, добываемой из скважин

После пересчёта часовой подачи станции $Q_{\text{ч}}$ следует провести корректировку подбора оборудования с корректировкой объёмов промывных вод $W_{\text{вод}}$. В некоторых случаях эту процедуру необходимо провести несколько раз для достижения приемлемого результата. По окончательному значению $Q_{\text{ч}}$ следует определять условия работы водозаборных скважин при использовании подземных вод (понижение, динамический уровень), сравнивая их с допустимыми согласно Лицензии на добычу подземных вод. По полученным данным должен проводиться подбор погружного скважинного насоса.

Таким образом, основными расчётными расходами при разработке станции водоподготовки следует считать:

1. Часовую подачу станции водоподготовки $Q_{\text{ч}}$ в РЧВ.
2. Суточную подачу станции водоподготовки потребителю (то есть в водопроводную сеть) в сутки максимального водопотребления за заданное количество

часов работы (24 ч или менее) с учётом необходимости промывки (регенерации) фильтров, иных собственных нужд станции и необходимости пополнения пожарного $W_{\text{пож}}$ или аварийного $W_{\text{ав}}$ объёмов, а также вследствие необходимости проведения промывок и восполнения объёмов, которые не предназначены для непосредственной подачи потребителю (назовём этот расход $Q_{\text{в. min}}$).

3. Суточную подачу станции водоподготовки при круглосуточной работе в сутки, когда не проводятся промывка (регенерация) или иные регламентные работы, нет пополнения пожарного или аварийного объёмов, то есть своего рода форсированный режим работы станции — $Q_{\text{в. max}}$.

Следует отметить, что $Q_{\text{в. min}}$ и $Q_{\text{в. max}}$ также должны быть сопоставлены с предельными объёмами добычи воды из подземных источников согласно лицензии на добычу подземных вод.

Также следует заметить, что не весь $Q_{\text{ч}}$ (в отличие от $Q_{\text{в. min}}$ и $Q_{\text{в. max}}$) в полной мере поступает потребителю, хотя и определяется на выходе из сооружений. Следовательно, определять расчётную суточную производительность сооружений водоподготовки простым умножением $Q_{\text{ч}}$ на количество часов работы станции в сутки, конечно, неправомерно. Несомненно также, что для надёжной работы системы $Q_{\text{в. min}}$ должен быть больше требуемого максимального суточного расхода $Q_{\text{сут. max}}$ населённого пункта.

В некоторых случаях перед разработчиками ставится обратная задача: по известному предельному расходу воды $Q_{\text{скв}}$, добываемой из скважин, спроектировать станцию с максимально возможной подачей очищенной воды потребителю $Q_{\text{ч}}$. В этом случае после определения $W_{\text{пож}}$ и $W_{\text{ав}}$ производится подбор оборудования, которое позволит получить максимально возможный $Q_{\text{ч}}$ при данном качестве исходной воды.

В техническом задании на разработку станции водоподготовки необходимо указывать максимальный суточный расход населённого пункта (объекта) $Q_{\text{сут. max}}$ и часовую подачу станции водоподготовки $Q_{\text{ч}}$. Либо нужно указать предельный расход воды, добываемой из скважин $Q_{\text{скв}}$, с обязательной пометкой, что максимально возможная подача очищенной воды потребителю $Q_{\text{ч}}$ будет рассчитываться при проектировании с учётом характеристик оборудования. ●

1. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Дата введ.: 28.01.2022.
2. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности / Дата введ.: 30.09.2020.



Почему производители редукторов давления воды не выпускают нормальные квартирные гидроредукторы?

С появлением и развитием отрасли строительства высотных зданий появилась проблема, связанная с отсутствием производства специальных гидроредукторов давления воды — так называемых «квартирных гидроредукторов». Для квартир, в которые централизованно подводится горячая и холодная вода, нужны не просто гидроредукторы, а нормальные специальные устройства, выходное давление которых почти не зависит от потребляемого расхода воды и от изменения давления в подводящих магистралях.

Проблема, обозначенная во вступлении к статье, возникла по всей нашей стране и уже давно, ещё в прошлом веке. В 2012 году в России даже появился [ГОСТ Р 55023–2012 «Регуляторы давления квартирные»](#) [1]. Однако, по сути, никто из производителей гидроредукторов не обратил должного внимания на этот исключительно важный нормативный документ, за исключением, пожалуй, отечественного производителя редукторов давления воды ЗАО «ТВЭСТ». Сейчас эта компания выпускает квартирные редукторы давления воды ФРД 10-2,0 — единственные, которые отвечают требованиям [ГОСТ 55023–2012](#) [1]. Автор этой статьи попробовал разобраться в причинах сложившихся обстоятельств.

Прежде всего необходимо пояснить, чем требуемые эксплуатационные характеристики и показатели «квартирных гидроредукторов давления воды» отличаются от таковых у «обыкновенных» гидроредукторов.

С момента появления гидроредукторов давления от них требовалось только одно: понижение давления на выходе. Только в конце XX века к этому требованию стали прибавлять: «и поддержания этого давления на заданном уровне». И лишь в начале XXI века дополнительно уточнили:



«независимо от объёмного расхода рабочего тела». Это было сделано уже с учётом проблем в пневматике.

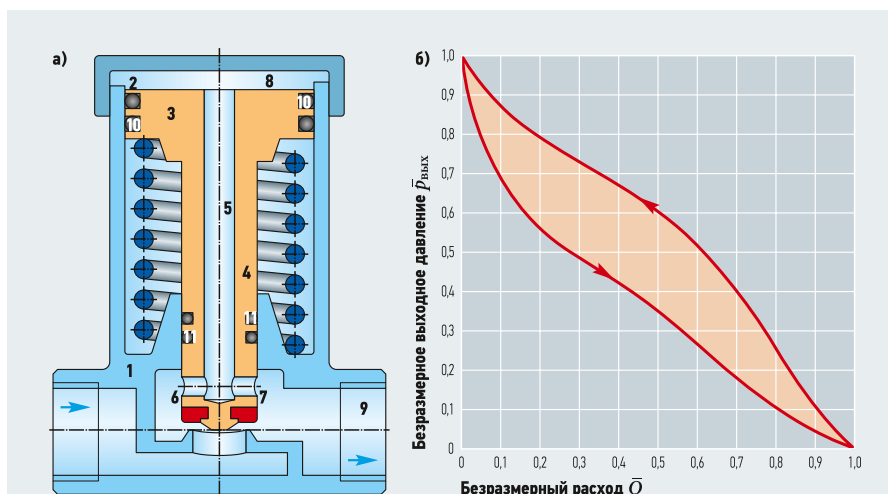
Более того, вдруг стали появляться сообщения, что гидроредукторы якобы предохраняют водопроводную систему от гидравлических ударов. Поскольку автор занимался вопросами гидроударов, то он может смело утверждать — это миф, созданный и распространяемый людьми, не очень разбирающимися в данном вопросе. Увы, в реальной жизни гидравлический удар в системе весьма быстротечен, а подвижные элементы гидроредуктора слишком инерционны, чтобы он успел среагировать на гидроудар. Впрочем, при малых расходах воды гидроредуктор может слегка уменьшить пик гидроудара, а может и сам пострадать.



❖❖ Квартирный редуктор давления воды ФРД 10-2,0, который, по мнению автора данной статьи, отвечает требованиям [ГОСТ 55023–2012](#)

В настоящее время к «квартирным гидроредукторам давления» воды предъявляются довольно жёсткие требования, отличные от требований к «просто гидроредукторам». Опыт последних десятилетий показал, что выполнить эти требования можно. Доказательством этому служат квартирные гидроредукторы ФРД 10-2,0(1) и КФРД 10-2,0(2), которые в 2015 году перестали выпускаться по организационно-техническим причинам.

Автор: [Ю.И. ЧУПРАКОВ](#), к.т.н.



❖ **Рис. 1.** Принципиальная схема (а) одного из первых массовых зарубежных гидро-редукторов давления [1 — корпус; 2 — крышка; 3 — поршень; 4 — шток; 5 — осевое отверстие; 6 и 7 — боковые отверстия; 8 — полость под крышкой 2; 9 — полость давления выхода; 10 — уплотнения поршня; 11 — уплотнения штока] и регулировочная характеристика данного гидроредуктора (б)

Главные требования к квартирным редукторам давления воды таковы:

1. Минимальная зависимость давления на выходе редуктора от объёмного расхода воды в диапазоне расходов 0–0,5 л/с. В идеале графически это должна быть прямая линия, параллельная оси расхода на уровне значения давления на выходе гидроредуктора в безрасходном режиме работы. С точки зрения потребителя это требование должно быть сформулировано так: если вода из одного смесителя вытекает с температурой, настроенной до комфортной (например, 38 °С), то открытие других кранов с холодной водой не должно понизить температуру воды, вытекающей из смесителя, более чем на 2 °С.
2. Квартирный гидроредуктор должен обеспечить многолетнюю (минимум 30 лет) работу без вмешательства в процесс его эксплуатации. В современных гидроредукторах в результате тяжёлых условий работы быстро выходят из строя эластичные уплотнительные элементы, заливаются мелкие щели и каналы, иногда нарушается герметичность запорно-регулирующего устройства, возникают также наружные утечки воды. Устройства почти одновременно выходят из строя в течение первого десятилетия эксплуатации.
3. Некоторые гидроредукторы, особенно зарубежные, даже не обеспечивая полных требований к квартирным гидроредукторам, имеют необоснованно высокие цены. Их производители называют свои гидроредукторы «квартирными», хотя по качеству характеристик и по эксплуатационным показателям они таковыми не являются. Данное название («квартирные») эти производители присвоили сво-

им гидроредукторам, видимо, потому что они предназначены для квартир, но тогда они должны называться «бытовыми».

4. Каждый квартирный гидроредуктор давления воды должен иметь паспорт, в котором должны быть приведены графические зависимости выходного давления от объёмного расхода воды при двух постоянных давлениях напора на входе в гидроредуктор (0,5 и 0,9 МПа). Очень важно, чтобы эти зависимости были представлены в безразмерном виде, не позволяющем «приукрасить» показатели за счёт вытягивания графика вдоль оси расходов и обеспечивающем истинные показатели в сравнении с аналогичными показателями других гидроредукторов.

5. В квартирный гидроредуктор давления воды должен быть встроены «грязевик» (фильтр грубой очистки), при доступе к которому (для очистки фильтрующего элемента) не обеспечивался бы доступ к другим узлам и элементам устройства.

6. Квартирный гидроредуктор должен быть полностью ремонтопригодным без необходимости демонтажа его корпуса с водопроводной трубы, в которую он встроены. Встречаются гидроредукторы, у которых прокладки крепятся к люлькам путём вулканизации (они часто разрушаются), однако не везде есть возможность для проведения данной операции.

У квартирных гидроредукторов имеется множество других показателей, которые перечислены в [ГОСТ Р 55023–2012 \[1\]](#). Однако все эти требования являются главными, характерными в основном только для квартирных редукторов давления воды. К «простым» гидроредукторам давления требования скромнее, так как

они предназначены в основном просто для понижения давления воды на выходе. При этом нет никаких намёков на другие важные параметры, например, на герметичность запорно-регулирующего органа гидроредуктора в безрасходном режиме. В большинстве простых, уже выпущенных устройств это сложно обеспечить.

На рис. 1а приведена принципиальная схема одного из первых массовых зарубежных гидроредукторов давления, который является прообразом большей части современных гидроредукторов. Он включает в себя корпус 1, крышку 2, поршень 3 со штоком 4 и с осевым отверстием 5. В нижней части центрального осевого отверстия 5 штока 4 в стенке штока выполнены отверстия 6 и 7, которые соединяют полость 8 под крышкой 2 с полостью 9, то есть с полостью давления выхода.

В рассматриваемой схеме гидроредуктора не приведён грязевик для простоты объяснения путей получения отличных характеристик и показателей квартирного редуктора давления воды. Он со временем засоряется, что приводит к увеличению его гидравлического сопротивления. Это отражается на регулировочной характеристике гидроредуктора, которая круто падает в области увеличенных расходов воды (фильтроэлемент грязевика следует почистить). В остальных случаях грязевик не оказывает существенного влияния на вид регулировочной характеристики. Поэтому в схемах гидроредукторов, рассматриваемых в этой статье, грязевики не показаны.

Каждый квартирный гидроредуктор давления воды должен иметь паспорт, в котором должны быть приведены графические зависимости выходного давления от объёмного расхода воды при двух постоянных давлениях напора на входе

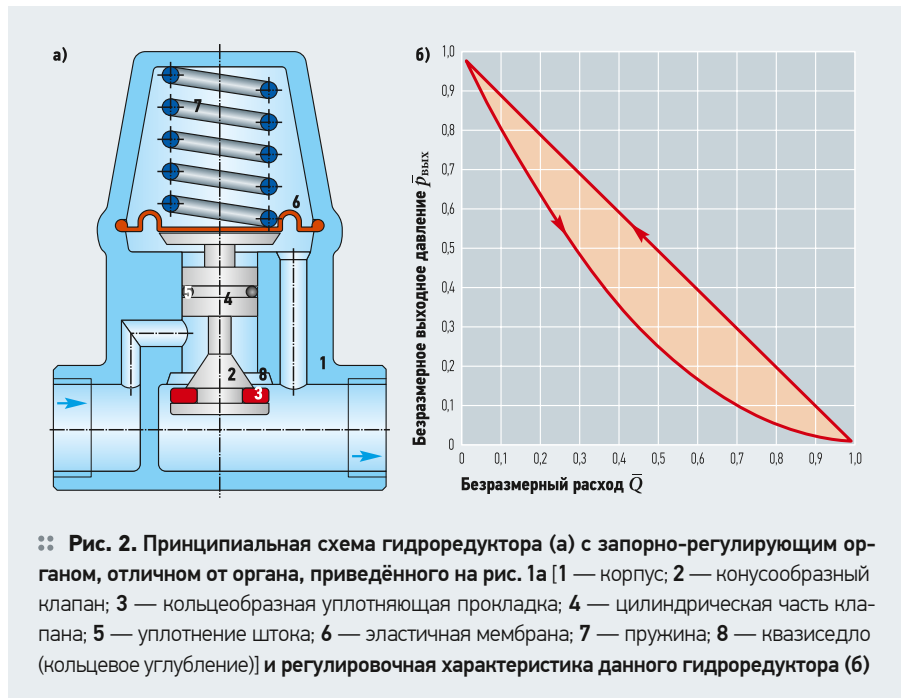
Регулировочная характеристика рассмотренного гидроредуктора, полученная его создателями, приведена на рис. 1б. Гидроредуктор с такой характеристикой нельзя использовать в качестве квартирного. Этого не позволяет сделать крутой наклон петли гистерезиса и её недопустимо большая ширина. Автор считает, что увеличенная ширина петли гистерезиса обусловлена трением большого числа уплотнительных колец на поршне и на штоке. Крутой наклон петли гистерезиса обусловлен неудачно выбранной и слишком завышенной жёсткостью пружины.

Из открытых публикаций создателей этого гидроредуктора известно, что замена поршня с уплотнением резиновыми кольцами круглого сечения на эластичную диафрагму, а также замена слишком жёсткой пружины на пружину с существенно меньшей жёсткостью в корне изменила характер регулировочной характеристики. Наклон петли гистерезиса существенно уменьшился, уменьшилась и ширина петли гистерезиса. Однако вновь полученные параметры, характеризующие качество работы гидроредуктора, не позволяют ещё считать этот гидроредуктор именно «квартирным». Проблема заключается в том, что в модернизированном гидроредукторе остались уплотнительные кольца на штоке. Поэтому ширина петли гистерезиса уменьшилась только до трети от ширины петли базовой конструкции гидроредуктора.

Непропорциональность уменьшения ширины петли гистерезиса (было четыре уплотнительных кольца, а стало два) можно объяснить тем, что были удалены только кольца большего диаметра.

Вообще, рассмотренная конструктивная схема гидроредуктора не имеет права на то, чтобы её внедрять, даже при установке в качестве чувствительного элемента (вместо поршня) эластичной диафрагмы, обычно армированной тканью. Последние появились давно, даже в прошлом веке. Однако в результате их эксплуатации выяснилось, что они склонны к разрушению, поскольку работают в очень жёстких условиях и с большими перегрузками. При этом армирующий материал не очень хорошо адгезируется к эластичным основам диафрагм.

Кроме того, в этой схеме гидроредуктора (рис. 1а) запорно-регулирующий орган выполнен в виде конструкции типа «сопло — уплотняющая прокладка» в прямом потоке, что означает, что вода подаётся в нерабочий торец сопла и дрессируется в кольцевом зазоре между рабочей круговой ножеобразной поверхностью сопла и уплотняющей прокладкой. Это плохо с точки зрения герметичности запорно-регулирующего органа, ведь у гидроредукторов, находящихся в безрасходном режиме, при повышении давления уплотняющая прокладка может отжаться от сопла, и даже за счёт капельных перетечек выходное давление может увеличиться до значения, равного давлению в водопроводной сети. При уменьшении давления в сети прокладка снова прижмётся к рабочей поверхности седла, но увеличившееся выходное давление останется на прежнем уровне, поскольку режим «безрасходный» и воде некуда утекать из полости 9.



•• Рис. 2. Принципиальная схема гидроредуктора (а) с запорно-регулирующим органом, отличным от органа, приведённого на рис. 1а [1 — корпус; 2 — конусообразный клапан; 3 — кольцеобразная уплотняющая прокладка; 4 — цилиндрическая часть клапана; 5 — уплотнение штока; 6 — эластичная мембрана; 7 — пружина; 8 — квазиседло (кольцевое углубление)] и регулировочная характеристика данного гидроредуктора (б)

Помимо этого, как показывает опыт, в гидроредукторах с запорно-регулирующими органами прямого потока имеется большая вероятность появления кавитации, что сопровождается повышенным шумом и соответствующими разрушениями. В гидроредукторах с запорно-регулирующими органами обратного потока кавитационные явления менее выражены, и от них легче избавиться.

На рис. 2а приведён гидроредуктор с аналогичной схемой направления воды в запорно-регулирующем органе (прямого потока), который конструктивно с целью обеспечения герметичности в безрасходном режиме работы выполнен несколько иначе, чем в гидроредукторе, приведённом на рис. 1а. На рис. 2а цифрами обозначены: 1 — корпус; 2 — конусообразный клапан с кольцеобразной проклад-

кой 3 прямоугольного сечения, с цилиндрической частью 4, в проточке которого установлено одно эластичное уплотнение круглого сечения 5. В корпусе 1 размещены также эластичная мембрана 6 и пружина 7. Клапан 2 и цилиндр 4 выполнены из одного куска металла и прикреплены к нижней поверхности мембраны 6. В качестве седла служит кольцевое углубление 8. Следует отметить, что запорно-регулирующий орган такой конструкции позволяет обеспечить достаточно хорошую степень герметичности в безрасходном режиме работы редуктора.

Однако всё хорошо не бывает. Борьба за высокую степень герметичности такого запорно-регулирующего устройства привела к неудовлетворительному виду регулировочной характеристики гидроредуктора, которая приведена на рис. 2б.



•• Гидроредукторы КФРД 10-2.0(2) [слева] и КФРД 10-2.0(1) [выпуск версии (1) прекращён]

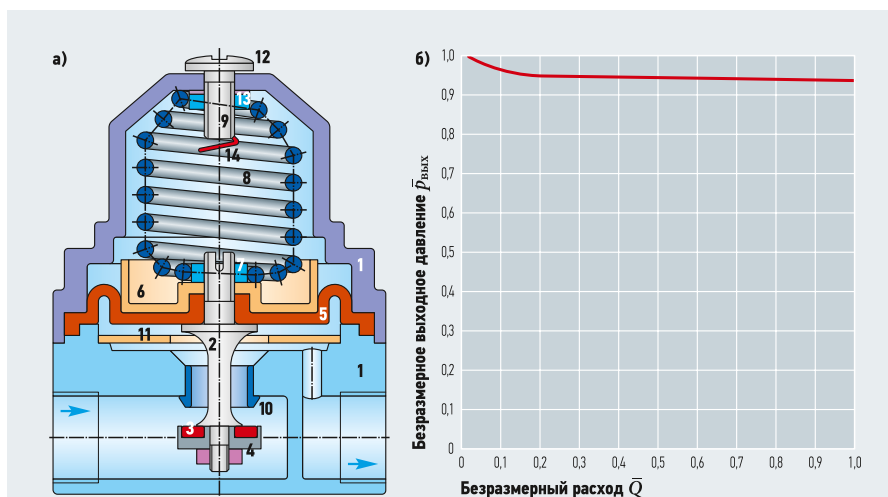


Рис. 3. Принципиально-конструктивная схема (а) квартирного гидроредуктора (1 — корпус и крышка; 3 — уплотнительная прокладка; 4 — люлька; 5 — эластичная неармированная диафрагма; 6 — опорный диск; 7 и 13 — стальные гайки; 8 — пружина; 9 — корпус сапуна; 10 — седло; 11 — упорный диск; 12 — дренажное отверстие сапуна 9) и регулировочная характеристика настоящего квартирного редуктора воды (б)

Конструктивная схема такого квартирного гидроредуктора приведена на рис. 3а. Его основой является крышка и корпус 1. В них размещены все его элементы. Среди них самые важные: шток 2; уплотнительная прокладка 3 в люльке 4; неармированная эластичная диафрагма 5 с опорным диском 6, имеющим по периферии отбортовку; гайка 7 для крепления диафрагмы на штоке 2, пружина 8 и корпус сапуна 9.

Кроме того, для соединения объёма воздуха под крышкой 1 и предотвращения затопления помещения в случае прорыва диафрагмы 5 в верхней точке крышки 1 установлен корпус 9 сапуна и зафиксирован гайкой 13. На нижнем торце корпуса 9 сапуна с дренажным отверстием 12 установлен клапан 14, который с воздухом работает как проходное отверстие, а при появлении воды — как обратный клапан (последнее является важным требованием [ГОСТ Р 55023–2012 \[1\]](#)).

Большая ширина петли гистерезиса, естественно, является результатом сил контактного трения уплотнительного кольца 5, а крутой наклон регулировочной характеристики демонстрирует непонимание создавшими это устройство конструкторами нюансов выбора жёсткости пружины для обеспечения удовлетворительной работы гидроредукторов.

Кстати, если уплотнительное кольцо 4 убрать и заменить его эластичным уплотнением мембранного типа, то ширина петли гистерезиса уменьшится до минимума, но гидроредуктор начнёт «визжать», так как войдёт в режим автоколебаний (с возникновением цепочек вихрей — так называемых «вихрей Кармана», которые обычно генерируют большую часть шумов в сантехнических устройствах), то есть потеряет работоспособность. Оживить гидроредуктор можно только после основательной модернизации, установив в нём демпфер контактного трения или классический гидродемпфер, состоящий из поршня и микродресселя. Быстрое заливание или засорение микродресселя также приводит к неработоспособности гидроредуктора, а демпфер контактного трения приведёт к нежелательному увеличению ширины петли гистерезиса.

В квартирных гидроредукторах давления для приведения их регулировочных характеристик к прямолинейности, особенно в области малых расходов, лучше делать запорно-регулирующие органы с ножеобразным седлом и с плоской уплотняющей прокладкой.

Автор мог бы привести ещё много схем гидроредукторов и описать их работу, характеристики, достоинства и недостатки,



но лимит на объём статьи не позволяет этого сделать. Поэтому сразу предлагается схема настоящего «квартирного» гидроредуктора (редуктора давления воды), в конструкции которого учтены все известные автору недостатки существующих гидроредукторов, а также причины, приводящие к их появлению.

Эластичная диафрагма 5 не армирована по причине недостаточно высокой надёжности армированных диафрагм вообще. Они появились тогда, когда кроме резины для изделий бытового назначения ничего не было. Однако резина боится питьевой воды, расслаивается и плохо адгезируется с разными армирующими тканями

Сапун необходим для того, чтобы замкнутый объём под крышкой при изменении температуры не приводил бы к изменению давления, и не оказывал бы влияния на величину давления на выходе гидроредуктора из-за увеличенной эффективной площади мембраны 5.

Следует особо отметить конструктивные особенности эластичной диафрагмы 5. Она не армирована по причине недостаточно высокой надёжности армированных диафрагм вообще. Они появились тогда, когда кроме резины для изделий бытового назначения ничего применить было нельзя. Однако резина боится питьевой воды, расслаивается и плохо адгезируется с разными армирующими тканями. Поэтому срок службы изделий, в которых используется резина, небольшой. Нужны эластичные материалы, которые способны служить по полвека и более.



новенных пружин, что позволяет иметь одну силу, направленную строго по оси узла «мембрана — прокладка». У этой характеристики отсутствует петля гистерезиса, так как здесь нет узлов контактного трения. Возможность появления автоколебаний блокируется увеличенной эффективной площадью диафрагмы (около 30 см²), которая захватывает близлежащие слои воды, увеличивая массу диафрагмы, увеличению которой способствует упорный диск 11, который ограничивает максимальную величину открытия запорно-регулирующего органа.

Вот это и есть «настоящий квартирный редуктор давления воды», к которому должны стремиться производители гидроредукторов. Однако, изучая рынок

Такие материалы к настоящему времени появились, и грех ими не воспользоваться. Это так называемые «термоэластопласты», то есть термопластические эластомеры, проявляющие свойства мягких резин (эластомеров) в условиях эксплуатации (отсутствие текучести), а при высоких температурах (при переработке) способные течь подобно расплавам термопластов. Термоэластопласты обладают высокой химической стойкостью, устойчивостью к температурам до 140°C, хорошо выдерживают циклические нагрузки и имеют высокую прочность на разрыв. Изготовленная с толщиной 3–4 мм и с высоким гофром, такая диафрагма в квартирном редукторе давления воды прослужит «относительно вечно».



Пружина 8 выбрана с минимально низкой жёсткостью, что позволяет такому квартирному редуктору обеспечить минимально возможный наклон регулировочной характеристики

Важно, что направление течения воды, в отличие от предыдущих схем гидроредукторов, здесь обратное, то есть вода течёт из напорной полости к прокладке 3, а затем через зазор между прокладкой 3 и седлом сопла 10 внутрь сопла. Кроме того, сопло 10 выполнено из нержавеющей стали, что вкупе с использованием обратного потока позволяет обеспечить высокую герметичность запорно-регулирующего органа в безрасходном режиме и длительный срок службы седла сопла 10.

Если седло ножеобразного типа выполнено с радиусом закругления примерно 0,5 мм и даже несколько меньше, а эффективная площадь диафрагмы будет

сравнительно большой, то «ложка» в регулировочной характеристике в области малых расходов будет небольшой. В существующих гидроредукторах их седла обычно выполняют из латуни или из ходовых сортов пластмассы, что не позволяет обеспечить требуемого срока службы таких гидроредукторов. Такие седла разрушаются из-за присутствия в воде различных солей и кислот, в результате кавитационных процессов или воздействия твёрдых механических частиц, которые всегда присутствуют в воде и могут двигаться в ней с большой скоростью.

Важно также и то, что пружина 8 выбрана с минимально низкой жёсткостью, а это позволяет такому квартирному редуктору давления воды обеспечить минимально возможный наклон регулировочной характеристики, приведённой на рис. 36. Технически низкую жёсткость без потери устойчивости легко обеспечить применением пружины 8 бочкообразной формы. Она также без дополнительных деталей «ниводит на нет» существование боковых сил, вызванных сжатием обыч-

гидравлических редукторов, начинаешь понимать, что многие изготовители ставят на первое место не качество изделия и его высокие эксплуатационные характеристики, а простоту изготовления, снижение стоимости и миниатюризацию гидроредукторов, совершенно не ориентируясь на [ГОСТ Р 55023–2012 \[1\]](#).

Некоторые производители называют свои гидроредукторы «квартирными», даже не заботясь о доказательствах законности такого названия. Это — результат небрежного чтения ГОСТа.

Следует также отметить, что габариты квартирного гидроредуктора не являются главным показателем при выборе его схемы и конструктивных особенностей исполнения. Главное — обеспечение комфортных условий пользования им, длительность срока безремонтной работы даже при интенсивном использовании, а также высокая степень ремонтпригодности и надёжности. ●

1. [ГОСТ Р 55023–2012. Арматура трубопроводная. Регуляторы давления квартирные. Общие технические условия / Дата введ.: 01.03.2013.](#)



Двухзонный тёмный газолучи- стый обогреватель: разработка и совершенство- вание методики расчёта

Рецензия эксперта на статью получена
28.01.2023 [The expert review of the article
was received on January 28, 2023]

В помещениях промышленного и общественного назначения с повышенными влагоизбытками, а также при наличии радиационного охлаждения возможно выпадение конденсата на строительных и ограждающих конструкциях. Как правило, решение подобной проблемы состоит либо в продувке верхней зоны помещения нагретым воздухом, либо в организации дополнительной теплоизоляции перекрытий. Эти технические решения имеют свои достоинства и недостатки при вероятной конденсации влаги на значительной площади.

Однако в случае возникновения локальных зон, например, непосредственно под поверхностями с интенсивным радиационным охлаждением, применение данных решений на практике невыгодно. Бóльший интерес вызывает местное лучистое отопление, способное повышать температуру поверхностей выше точки росы в локальных зонах, что позволяет избежать излишних капиталовложений в теплоизоляцию и оборудование, а также снизить затраты на обработку значительных объёмов продувочного воздуха.

Устройство тёмных газолучистых обогревателей включает линейные греющие элементы в виде прямых или изогнутых труб, снабжённых прямоугольными рефлекторами. Они устанавливаются симметрично вдоль стен или поверхности кровли с направлением действия излучения в обслуживаемую зону. Недостатком данных устройств является возмож-

Местное лучистое отопление повышает температуру поверхностей выше точки росы в локальных зонах, что уменьшает расходы на теплоизоляцию

ность работы излучающей поверхности только в одном направлении. Затраты на сами системы лучистого отопления могут быть сокращены при использовании, например, двухзонных обогревателей. Примером такого устройства может служить разработанная модель двухзонного газолучистого обогревателя, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

УДК 697.7. Научная специальность: 2.1.3 (24.01.23).

Разработка конструкции и совершенствование методики расчёта двухзонного тёмного газолучистого обогревателя для отопления промышленных и общественных помещений

С. В. Чуйкин, к.т.н., доцент, кафедра строительной механики; **Е. С. Аралов**, старший преподаватель, кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела, [Воронежский государственный технический университет \(ВГТУ\)](#)

Предложена конструкция двухзонного тёмного газолучистого обогревателя для системы отопления промышленных и общественных зданий, отличающаяся от существующих наличием трубчатого излучателя U-образной формы, расположенного в вертикальной плоскости и снабжённого двухсторонним рефлектором с наклонными боковыми поверхностями. Для снижения конвективной составляющей теплообмена и повышения плотности потока излучения к нагревательному элементу предусматривается параболический экран, ось которого совпадает с осью греющей трубы. Благодаря этому обеспечивается двухзонное лучистое отопление обслуживаемых зон и оборудования, а также повышается эффективность работы газового излучателя при обогреве верхней зоны помещения. Разработана программа расчёта коэффициента облучения, приведён пример работы программы. Разработанные устройство и программа расчёта могут применяться при проектировании систем лучистого отопления промышленных и общественных зданий.

Ключевые слова: тёмный излучатель, газолучистое отопление, рефлектор, излучение, коэффициент облучения.

UDC 697.7. The number of scientific specialty: 2.1.3 (24.01.23).

Development of the design and improvement of the calculation methodology of a two-zone dark gas-radiant heater for heating industrial and public premises

S. V. Chuykin, PhD, Associate Professor, the Department of Structural Mechanics; **E. S. Aralov**, senior lecturer, the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business, [Voronezh State Technical University \(VSTU\)](#)

The design of a two-zone dark gas-radiant heater for the heating system of industrial and public buildings is proposed, which differs from the existing ones by the presence of a U-shaped tubular radiator located in a vertical plane and equipped with a two-way reflector with inclined side surfaces. To reduce the convective component of heat exchange and increase the density of the radiation flux to the heating element, a parabolic screen is provided, the axis of which coincides with the axis of the heating pipe. This ensures two-zone radiant heating of the serviced areas and equipment, as well as increases the efficiency of the gas emitter when heating the upper zone of the room. A program for calculating the irradiation coefficient has been developed, an example of how the program works is given. The developed device and calculation program can be used in the design of radiant heating systems for industrial and public buildings.

Key words: dark emitter, gas-radiant heating, reflector, radiation, irradiation coefficient.

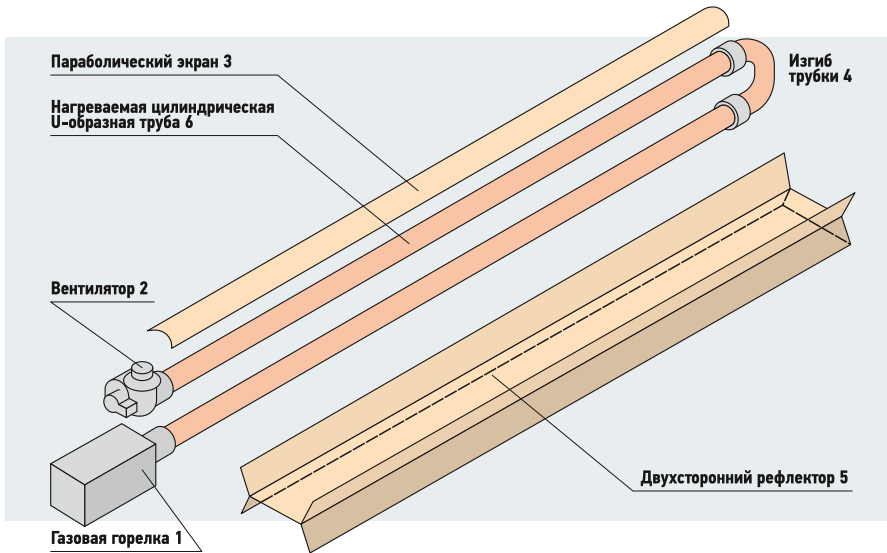


Рис. 1. Принципиальная схема двухзонного тёмного газолучистого обогревателя

Конструкция двухзонного газолучистого обогревателя

Данное излучающее устройство состоит из горелки, трубчатого нагревательного элемента, параболического рефлектора и экрана с высокой отражательной способностью и работает следующим образом. Через нагретую цилиндрическую U-образную трубу 6 при сгорании углеводородов в газовой горелке 1 перемещаются продукты сгорания разнокомпонентной смеси с высокой температурой, в результате чего труба нагревается и передаёт лучистую энергию в зону обогрева. Часть тепловой энергии попадает в рефлектор и отражается им в сторону той зоны, которую необходимо обслужить. Продукты сгорания выводятся вентилятором 2. За счёт правильного расположения и U-образной формы греющей трубы излучение направлено на две зоны при помощи двухстороннего рефлектора 5. Зона, находящаяся ниже, нагревается нижним участком устройства, где наблюдается высокая температура газовой среды, после этого

за счёт штампованного отвода продукты сгорания движутся в обратном направлении по второму участку трубы.

Тепловые потоки от нагретых поверхностей, расположенных в верхней части устройства, устремляются вверх и обтекают параболический экран 3, вследствие чего наблюдается появление обратных вихревых течений. Воздух теряет свою скорость в районе соприкосновения с экраном и способствует полной остановке свободного конвективного течения от горизонтально расположенной цилиндрической трубы.

Одной из основных задач, которые необходимо решить при проектировании систем газолучистого отопления, является определение их установочной мощности. Для этого в настоящее время имеется ряд методик, которые можно разделить на две группы: определение тепловых потерь помещения с учётом комфортной или допустимой облучённости и определение комфортной облучённости обогреваемых людей [1].

Плотность лучистого притока теплоты в общем случае определяется по известной зависимости:

$$q_{\text{луч}} = c_{\text{н}} \left[\left(\frac{t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_2}{100} \right)^4 \right] \Phi, \quad (1)$$

здесь T_1 и T_2 — температуры взаимодействующих поверхностей, К; Φ — коэффициент облучения, который учитывает взаимное расположение поверхностей теплообмена; $c_{\text{н}}$ — приведённый коэффициент излучения, Вт/(м²·К⁴):

$$c_{\text{н}} = \frac{1}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} - \frac{1}{c_0}}, \quad (2)$$

где c_0 — коэффициент излучения абсолютно чёрного тела, $c_0 = 5,67$ Вт/(м²·К⁴); c_1 и c_2 — коэффициенты излучения серых тел при взаимном облучении, Вт/(м²·К⁴).

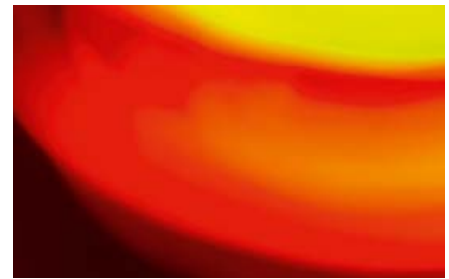


Фото: ООО «ГазТест», gaz-test.ru

Поскольку любое изменение места взаимного расположения облучающей и облучаемой поверхностей приводит к изменению коэффициента облучения, величина лучистого притока может значительно возрасти, что способствует перегреву рассматриваемых поверхностей. Для предотвращения этого необходимо обеспечить как можно более точный расчёт данного интегрального параметра при определении величины плотности лучистого потока.

В общем случае коэффициент облучения определяется с помощью двойного интегрирования по зависимости (3) или по номограммам, приведённым в [1, 4]:

$$\Phi = \frac{1}{F_1} \int_{F_1} \int_{F_2} \frac{\cos(\beta_1) \cos(\beta_2)}{\pi R^2} dF_1 dF_2, \quad (3)$$

где F_1 и F_2 — площади взаимодействующих поверхностей, м²; R — расстояние между поверхностями, м; β_1 и β_2 — углы падения и излучения, соответственно.



Фото: «АвезХит» (ООО «Приборы и учёты»), avexhit.ru

Программа расчёта коэффициента облучения

Подробно решение уравнения (2) было рассмотрено в работе [1], однако оно достаточно громоздкое для практического применения, поэтому становится актуальной разработка и реализация алгоритма автоматизированного расчёта коэффициента облучения с произвольным взаимным расположением поверхностей теплообмена.

Поскольку поиск решения поставленной задачи предполагает большой объём вычислений, использование компьютера позволит сократить временные и трудовые затраты при проектировании систем газолучистого отопления. Реализация программной части выполнялась на высокоуровневом объектно-ориентированном языке программирования Python [10, 11]. Блок-схема предлагаемой программы приведена на рис. 2.

Разработанная программа расчёта позволяет определить коэффициент облуче-

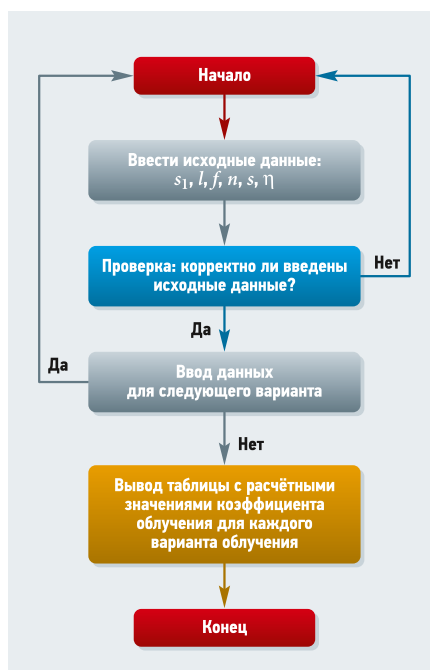


Рис. 2. Блок-схема программы расчёта коэффициента облучения

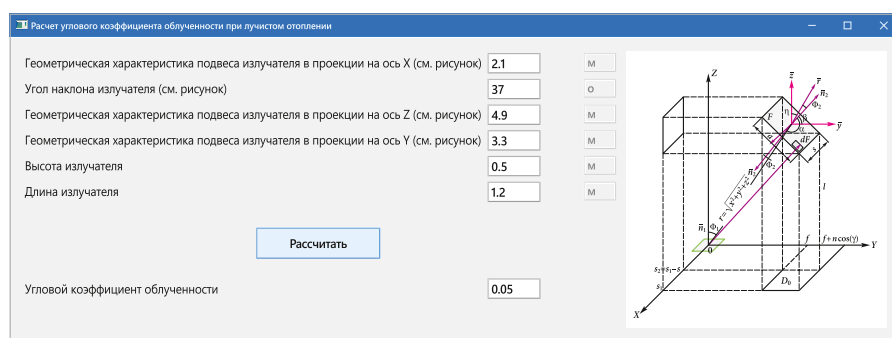


Рис. 3. Вывод расчётных данных программы оптимизации

ния системы «лучистый обогреватель — облучаемая поверхность» при произвольном расположении плоской поверхности облучателя и элементарной площадки обогреваемой поверхности. При расчёте вводятся исходные геометрические дан-

ные, характеризующие взаимное расположение излучателя и площадки, которые показаны на рис. 3.

Далее программа проводит расчёт коэффициента облучения согласно методике, приведённой выше.

Выводы

В качестве заключения можно констатировать, что разработан двухзонный тёмный газовый обогреватель, который за счёт наличия греющей трубы U-образной формы, двухстороннего рефлектора с наклонными боковыми поверхностями и параболического экрана из материала с высокой отражательной способностью позволяет одновременно отапливать рабочую и верхнюю зоны помещения и, следовательно, уменьшить число отопительных приборов в этих зонах.

Параболический экран обогревателя предотвращает беспрепятственное развитие свободных конвективных потоков от нагревательного элемента в верхнюю зону помещения. Фокус экрана совпадает с осью греющей трубы, что повышает её температуру за счёт взаимодействия с отражённым излучением.

Также разработана программа расчёта коэффициента облучения, которая позволяет сократить трудоёмкость и время проектирования систем лучистого отопления при произвольном расположении отопительного прибора и обогреваемой поверхности.

1. Родин А.К. Газовое лучистое отопление. — Л.: Недра, 1987. 191 с.
2. Чуйкин С. В., Змановский Т.А., Бохан А.Р., Григорьева К.А. Газолучистое отопление. Научно-практические проблемы и особенности проектирования // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации, 2019. №4. С. 29–33.
3. Болотских Н.Н. Ленточные инфракрасные газовые обогреватели Schulte для отопления высоких помещений с большой тепловой нагрузкой // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2013. №9. С. 38–45.
4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1982. 189 с.
5. Ермолаев А.Н. Повышение эффективности работы высокотемпературных газовых горелок инфракрасного излучения // Главный энергетик, 2019. №6. С. 10–21.
6. Беляева Е.А., Хальметов А.А. Конструкция инфракрасного нагревателя / Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Мат. VIII Национальн. конф. с межд. участием (Саратов, 15–16.11.2018). — Саратов: СГАУ, 2018. С. 43–46.
7. Кудрина Е.С., Чадов А.Ю., Мухамедияров Д.О. [и др.] Сравнение различных типов газовых инфракрасных обогревателей // Аспирант, 2020. №4. С. 99–101.
8. Кортюкова Д.О., Измайлова А.Р., Чичирова Н.Д. Инфракрасные обогреватели / Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Мат. VI Национальн. науч.-практ. конф. (Казань, 10–11.12.2020). — Казань: КГЭУ, 2020. С. 104–106.
9. Пирамидин Д.В. Повышение энергоэффективности промышленного предприятия за счёт применения газового лучистого отопления // Студенческий вестник, 2022. №21. С. 61–62.
10. Доусон М. Программируем на Python. 3-е изд. / Пер. с англ. — СПб.: Питер, 2014. 416 с.
11. Лутц М. Изучаем Python. 4-е изд. / Пер. с англ. — СПб.: СимволПлюс, 2011. 1280 с.

References — see page 80.

Фото: ООО «Денатерм», dekaterr.ru



BAXI и De Dietrich: бонусные программы и приложения для профессионалов

Бренды [BAXI](#) и [De Dietrich](#) принадлежат европейскому холдингу [BDR Thermea Group](#), продукция которого представлена более чем в 70 странах мира. Группа занимает лидирующее место на европейском рынке, а также активно укрепляет свои позиции на быстрорастущих рынках Восточной Европы, Турции, США, Китая и России. В России холдинг представлен компанией «БДР Термия Рус», которая занимается поставками и продвижением оборудования [BAXI](#) и [De Dietrich](#). В этой статье речь пойдёт о полезных инструментах и бонусных программах, доступных специалистам, которые занимаются монтажом котлов [BAXI](#) и [De Dietrich](#).



Бонусная программа [BAXI LUNA Team](#)

Бонусная программа [BAXI LUNA Team](#) — это программа для специалистов по монтажу, участники которой получают бонусы за установленное оборудование [BAXI](#). Основной целью, которую мы ставили перед собой, когда работали над созданием новой бонусной программы, стала разработка прозрачного и понятного механизма начисления и подсчёта баллов, чтобы пользователи могли самостоятельно отслеживать свой прогресс. Теперь механика стала предельно простой: специалист монтажной организации устанавливает оборудование, регистрирует монтаж в личном кабинете и получает бонусные баллы, которые можно перевести в рубли.

пользователей и монтажей стабильно росло, так что программа показала себя как эффективный инструмент для сотрудничества со специалистами монтажных организаций.

После проведения анализа работы программы и подведения итогов 2022 года, в марте 2023 года мы актуализировали список оборудования, участвующего в программе [BAXI LUNA Team](#).

Специалист по монтажу устанавливает оборудование, регистрирует монтаж в личном кабинете [BAXI LUNA Team](#) и получает бонусные баллы, которые можно перевести в рубли

Бонусная программа для монтажников

BAXI

Luna Team

LUNA Team — это бонусная программа для монтажников, участники которой могут получить кэшбек за установленное оборудование

ВОЙТИ
РЕГИСТРАЦИЯ

Первая версия программы была представлена в виде личного кабинета пользователя на официальном сайте программы [lunateam.club](#). На сайте можно зарегистрировать монтаж, отследить баланс и движение баллов, а также подать заявку на перевод баллов в рубли с последующим зачислением на свою банковскую карту.

На протяжении года мы наблюдали за работой программы, собирали обратную связь от пользователей, проверяли механику на наличие багов и совершенствовали систему вознаграждений. Количество

Теперь в [LUNA Team](#) доступны для регистрации следующие серии котлов BAXI: ECO-4s, ECO Four, LUNA-3, LUNA-3 Comfort, NUVOLA-3 Comfort, Duo-tec Comfort, LUNA Duo-tec E, LUNA Platinum+, NUVOLA Duo-tec+, LUNA Air, LUNA IN Plus, LUNA Duo-Tec MP, LUNA Duo-Tec MP+, Ampera.

Список оборудования и вознаграждений можно посмотреть на официальном сайте [lunateam.club](#) или в новом приложении [BAXI Profi](#), о котором мы расскажем ниже.

Бонусная программа **DD Club**

Когда мы убедились, что программа лояльности бренда **BAXI** работает стабильно и приносит хорошие результаты, была запущена бонусная программа и для бренда **De Dietrich** — **DD Club**.

Механики двух программ совершенно одинаковые: участник регистрируется в программе бренда, регистрирует монтажи и за каждый монтаж получает бонусные баллы. В **DD Club** бонусы можно обменивать не только на деньги, но и на подарочные сертификаты популярных магазинов и маркет-плейсов или на электронный сертификат на путешествие, пополнять «Яндекс.Плюс» или счёт мобильного оператора. Бонусная программа **DD Club** реализована в виде мобильного приложения для iOS и Android.



❖ Мобильное приложение **DD Club** — это инструмент для регистрации монтажей оборудования **De Dietrich** и получения баллов

Мобильное приложение **DD Club** — это инструмент для регистрации монтажей оборудования **De Dietrich** и получения баллов. После регистрации в приложении по номеру телефона участник программы **DD Club** получает доступ в личный кабинет, где он сможет вносить новые монтажи, отслеживать количество заработанных баллов и получить техническую поддержку по работе программы или приложения.

В приложении регулярно обновляется таблица с актуальным списком оборудования, участвующего в **DD Club**, и количеством баллов за монтаж. Сейчас в программе участвуют котлы серий Zena MS/MSL, Naneo S, AMC, AMC Pro, MCA 160 и C 140, произведённые не ранее 2022 года. Также в личном кабинете можно посмотреть полный список призов, историю монтажей и раздел «Новости», в котором размещены актуальные новости бренда **De Dietrich**.



❖ Мобильное приложение **BAXI Profi** предназначено для тех, кто занимается продажей, монтажом, обслуживанием и ремонтом оборудования **BAXI**

Приложение **BAXI Profi**

В 2018 году «БДР Термия Рус» разработала мобильное приложение для специалистов, работающих с оборудованием **BAXI**, — «BAXI Технический справочник». Это ПО включает в себя всю необходимую информацию об оборудовании: коды ошибок, параметры настроек, библиотеку документов и чертежи. За пять лет работы приложение стало отличным инструментом для работы на объектах. В 2023 году ради удобства пользователей мы интегрировали бонусную программу **LUNA Team** в «BAXI Технический справочник» и выпустили мобильное приложение для специалистов с общим названием **BAXI Profi**. При этом приложение «BAXI Технический справочник» также продолжает работать и обновляется.

Мобильное приложение **BAXI Profi** предназначено для тех, кто занимается продажей, монтажом, обслуживанием и ремонтом оборудования **BAXI**. Новое приложение **BAXI Profi** включает в себя:

- «Справочник» — содержит всю необходимую техническую информацию об оборудовании **BAXI**;
- «Настройка параметров» — описание необходимых для настройки параметров котла;
- «Инфо параметры» — описание информационных (неизменяемых) параметров котла;
- «Библиотека инструкций» — раздел даёт возможность скачать на телефон инструкции (руководства по установке и эксплуатации) и просматривать их в автономном режиме;
- «Чертежи» — необходимые чертежи с возможностью скачивания и просмотра даже без доступа в интернет.

При создании приложения **BAXI Profi** мы значительно упростили поиск информации внутри «Справочника»: теперь,

чтобы получить информацию о котле, достаточно просто отсканировать код изделия на шильде с помощью камеры смартфона.

В дополнение к технической части, в мобильное приложение включён раздел «Бонусы» — мобильная версия программы лояльности **BAXI LUNA Team**. Теперь регистрировать установленное оборудование можно прямо в приложении.

Также в приложении есть раздел «Обучение» с расписанием семинаров и тренингов и раздел «Новости» для получения оперативной информации о новинках и акциях бренда **BAXI**.



Присоединяйтесь к нам!

Если вы работаете с отопительным оборудованием, присоединяйтесь к специалистам по монтажу в бонусных программах **BAXI LUNA Team** и **DD Club** и получите баллы за выполненные монтажи оборудования **BAXI** и **De Dietrich**.

Скачивайте приложения **DD Club** и **BAXI Profi** в App Store и Google Play.

Следите за нашими обновлениями: мы будем развивать приложения **BAXI Profi** и **DD Club**, добавляя новые сервисы, которые сделают работу с оборудованием **BAXI** и **De Dietrich** ещё проще! ●

ОТОПЛЕНИЕ И ГВС

LUNDA — уверенный рост и постоянное развитие!

Инженерный рынок непрерывно меняется, особенно в последние годы, но крупнейший мультисервисный дистрибьютор инженерных систем для профессионалов — компания LUNDA («Лунда») — всегда находит новые возможности для развития.



В 2022 году количество филиалов компании «Лунда» достигло 51

Даже непростой 2022 год не стал исключением — «Лунда» продолжила расширять свою филиальную сеть и работать над улучшением сервиса для своих клиентов, существенно увеличила складские площади, добавила более 60 новых брендов из Европы, Азии и России в свой портфель и заключила договора поставки с такими крупными производителями инженерного оборудования, как Bosch/Buderus, FAR, Kiturami, MVI, Oventrop, Protherm, REHAU, Stout, Unipump, Vaillant, Zota, «Теплосила», «Хемкор» и многими другими. Компания также начала самостоятельно импортировать на свои склады товар из Европы по нескольким разным каналам.

Сотрудники «Лунда» регулярно insпектируют производства своих партнёров. В 2022 году они посетили 15 заводов и фабрик поставщиков, чтобы своими глазами убедиться в качестве продаваемого оборудования.



Товар — в любой регион

Уже сейчас филиалы «Лунда» есть в 36 городах Российской Федерации. В 2022 году их количество достигло 51 — начали работать новые представительства «Лунда-Болдина» (Калуга), «Лунда-Брусилowo» (Тверь), «Лунда-Ангарская» (Краснодар), «Лунда-Ясный» (Воронеж), а также «Лунда-Дмитровка» (Москва). С откры-



Логистический центр компании «Лунда» площадью 15 тыс. м² в Нижнем Новгороде

тием последнего количество филиалов в Московском регионе увеличилось до девяти. Переехали в новые, более просторные помещения «Лунда-Очаково» (Москва), «Лунда-Липецк» и «Лунда-Кащенко» (Нижний Новгород). В Ростове-на-Дону готовится к открытию второй филиал. Распахнул свои двери для клиентов новый филиал, работающий как «точка выдачи», — «Лунда-Екатеринбург».

Компания существенно увеличила складские запасы товаров — их общая себестоимость за 2022 год выросла на 27,84% и на 31 декабря 2022 года превысила 2,5 млрд руб. Увеличилась и выручка — по итогам четырёх кварталов она составила 13 млрд руб. (почти 10% роста относительно аналогичного периода 2021 года).

В мае 2022 года начал работать новый логистический центр площадью 15 тыс. м² в Нижнем Новгороде. На сегодняшний день это самый большой складской комплекс компании «Лунда» в России. На территории уже хранится более 8000 уникальных артикулов востребованного специалистами оборудования. В дальнейшем складской ассортимент увеличится до 20 тыс. уникальных артикулов. И продолжит расширяться.

В настоящее время на складах компании всегда есть в наличии больше 23 тыс. уникальных артикулов товара (с начала 2022 года цифра увеличилась более чем на 5000 единиц). Отметим, что центральный логистический центр компании работает круглосуточно.

Отлаженные процессы логистики позволяют клиентам получать большую часть продукции сразу в день обращения,

а если товар редкий, то его привозят из регионального распределительного склада в любой филиал уже на следующий день. Для комфорта и быстроты разгрузки заказов автомобили из собственного автопарка «Лунда» оборудованы гидробортами. Благодаря сотрудничеству с крупными транспортными компаниями доставка осуществляется даже в самые удалённые части нашей необъятной страны.

С клиентами постоянно на связи

Компания традиционно проводит большое количество мероприятий разных форматов для монтажников. На них можно получить всё необходимое для профессионального развития — информацию о новейших технических решениях и продуктах, опыт по их применению, решения по оптимизации бизнеса и многое другое. Это и «Дни открытых дверей», и технические семинары с производителями, и завтраки с поставщиками во всех филиалах, и, конечно же, так полюбившиеся всем участникам рынка «Дни монтажника», которые проходят в разных городах и регионах России. Всего в 2022 году было проведено 189 мероприятий.

В стремлении оказывать лучший сервис и обеспечить комфорт при покупке добавлены новые функции работы официального сайта «Лунда». Например, в личный кабинет клиента интегрирована персонализированная система ценообразования. Также запущена «Программа лояльности» для клиентов — физических лиц. Полностью обновлён раздел обратной связи, чтобы все желающие легко могли связаться с сотрудниками «Лунда» и оперативно решить возникшие вопросы или получить консультацию.



✚ На борту **Автомобиля Монтажника**, предлагаемого «Лунда», — более 800 позиций самых востребованных материалов и почти 100 единиц профессионального инструмента



✚ **Автомобиль Монтажника** — уникальный инструмент профессионала



АВТОМАТИЗАЦИЯ МОНТАЖНОГО БИЗНЕСА



ДИСПЕЧЕРИЗАЦИЯ



ПЛАНИРОВАНИЕ



СМЕТЫ И СЧЕТА



ОНЛАЙН-ПОДТВЕРЖДЕНИЕ



КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА



РОСТ ДОХОДОВ

ПЕРВЫЕ 3 МЕСЯЦА
БЕСПЛАТНО

obermaster.ru



✚ Сервис для автоматизации монтажного бизнеса **Obermaster**, разработанный при поддержке «Лунда», позволяет существенно упростить и облегчить работу организации

Дальше – больше!

Как заявляют представители компании «Лунда», цели на этот год поставлены амбициозные. В планах — достичь оборота в 18 млрд руб. и увеличить товарный запас до 3 млрд руб. Существенно расширить ассортиментную базу за счёт возвращения на рынок РФ ушедших брендов под собственными или новыми марками.

В компании намерены и далее повышать уровень клиентского сервиса, в том числе за счёт наполнения региональных складов и снижения сроков поставок. Ожидается открытие новых филиалов в регионах, где «Лунда» ещё не представлена. А также — выход на рынок Казахстана.

Будет продолжена работа по дальнейшему развитию сервиса для автоматизации монтажного бизнеса **Obermaster**, который облегчает предпринимателям работу с проектами, документооборотом, финансами, заказчиками и сотрудниками.

Получит дальнейшее развитие и проект «**Автомобиль Монтажника**», на борту которого есть более 800 позиций самых востребованных материалов и почти 100 единиц профессионального инструмента, чтобы профессиональному монтажнику не приходилось тратить время на поиск, заказ и ожидание недостающих позиций. Такой автомобиль — вместе со всеми товарами внутри — можно взять в лизинг.

Отрадно видеть, что компания придерживается взятых на себя обязательств, своевременно предоставляя клиентам необходимое оборудование и полный спектр сопутствующих услуг. «Лунда» (**LUNDA**) активно развивается, ставит перед собой новые цели и при этом продолжает держать фокус на выстраивание долгосрочных отношений с поставщиками, специалистами и монтажными организациями. Пожелаем успехов! ●



Генераторный газ из твёрдых коммунальных отходов как топливо для отопительных установок

Действующие на данный момент времени алгоритмы по утилизации твёрдых коммунальных отходов (ТКО) с получением энергии являются относительно низкоэффективными, что вызвано пониженным уровнем утилизации тепла дымовых газов в установках. Вместе с этим утилизация полимерной части твёрдых бытовых отходов для выработки тепловой энергии тесно связана с повышенным уровнем очистки уходящих газов из-за возможного содержания в них токсичных элементов, таких как диоксины, например, тетрахлоридбензодиоксин (ТХДД), или NO_x .

Данные задачи требуют решения при помощи газификации с применением численного и термодинамического моделирования процессов утилизации, при этом необходимо учитывать изменения в химическом составе исходного сырья в процессе газификации. Также процесс газификации обязательно должен учитывать использование в качестве топлива реальные по элементарному составу ТКО, то есть не чисто органическую часть отходов, но и примеси, которые так или иначе присутствуют в отходах даже после очистки разной степени. Правильное определение состава ТКО позволяет рассчитать требуемые условия для максимально эффективной газификации отходов. Например, предварительная идентификация и элементарная классификация отходов разделяет их на отходы потре-

ния и отходы производства [1, 2], первые из которых пригодны к повторной переработке или к газификации.

Образование летучих токсичных элементов в результате сжигания органических материалов, имеющих в своём составе большую часть полимерных отходов, — неизбежная и очень крупная проблема, требующая решения.

Задачи утилизации твёрдых коммунальных отходов требуют решения при помощи газификации с применением численного и термодинамического моделирования процессов утилизации, при этом необходимо учитывать изменения в химическом составе исходного сырья в процессе газификации

Токсичные элементы в продуктах горения образуются в результате значительной вариативности элементного состава отходов неприродного происхождения. В среднем в РФ отходы можно разделить на следующие фракции: бумага — 38%, древесные отходы — 2%, ткань — 5%, кожаные и резиновые отходы — 1%, пластмассы и другие полимерные отходы — 7%, оставшуюся часть составляют отходы минерального происхождения [3].

Рецензия эксперта на статью получена 27.02.2023 [The expert review of the article was received on February 27, 2023]

УДК 62–626.4. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Генераторный газ из твёрдых коммунальных отходов как топливо для отопительных установок

С. В. Кашников, старший преподаватель; Е. А. Бирюзова, к.т.н., доцент, кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

В статье рассматриваются вопросы решения проблемы утилизации полимерной части твёрдых коммунальных отходов (ТКО) путём переработки и подготовки их к газификации. Цель данного способа утилизации ТКО — энергоэффективное производство газообразного топлива на основе органической части отходов, которое может использоваться как в энергетических установках, так и в качестве основного топлива в отопительных котельных.

Ключевые слова: синтез-газ, газификация, топливо, твёрдые бытовые отходы, теплоснабжение.

UDC 62–626.4. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03).

Generator gas from municipal solid waste as fuel for heating installations

S. V. Kashnikov, senior lecturer; E. A. Biryuzova, PhD, Assistant Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

The article discusses the issues of solving the problem of recycling the polymer part of solid municipal waste (MSW) by processing and preparing them for gasification. The purpose of this method of recycling MSW is energy efficient production of gaseous fuel based on the organic part of waste, which can be used both in power plants and as the main fuel in heating boilers.

Key words: syngas, gasification, fuel, municipal solid waste, heat supply.

Стоит отметить, что термическое разложение даже 1 кг полимеров способно выделить диоксины и канцерогены в объёме, достаточном для того, чтобы отравить воздух объёмом более 2000 м³. Данного количества отравляющих веществ в воздухе достаточно, чтобы привести к тяжёлому отравлению человека в течение всего 15 минут.

Продуктами горения полимерных материалов являются такие токсичные вещества, как формальдегид, хлористый водород, оксид углерода. Для достижения основной цели — экологической безопасности — при утилизации полимерной части твёрдых бытовых отходов (ТБО) необходимо решить множество задач научного обоснования способа переработки и её технологических особенностей.



❖ Пиролиз ТБО — не единственная возможность утилизации отходов в больших масштабах

Термодинамический анализ процесса газификации твёрдых бытовых отходов позволяет говорить о том, что сжигание ТБО — не единственная возможность утилизировать данные отходы в больших масштабах. Процесс газификации полимерной части отходов — это совокупность химических реакций, в ходе которых получается смесь газов, образованная из оксида углерода (CO), водорода, метана и диоксида углерода (CO₂). Данная смесь имеет название генераторный газ, который является горючим и может быть использован как в энергетических, так и в отопительных установках.

Существующие знания в области газификации ТБО позволяют ответить на вопрос, является ли газификация ТБО более выгодной, как с точки зрения энергоэффективности, так и с точки зрения экологии, по сравнению с прямым сжиганием данных отходов. Современные газогенераторы, работающие на ТБО в качестве топлива, которые преобразуются в генераторный газ, идущий на выработку электроэнергии, могут работать с использованием комбинированного парогазово-

го цикла. Хотя данный цикл и является относительно эффективным, существуют проблемы по повышению КПД установок, работающих на нём [4].

Данные проблемы позволяют определить вектор дальнейших исследований в области развития газогенераторных установок, использующих твёрдые бытовые отходы в качестве топлива для газификации, их решение позволит улучшить конструкцию установок, работающих по комбинированному циклу.

Для развития технологии газификации органической части ТБО проводятся исследования с применением физико-химических воздействий, таких как управляемые температурные воздействия на топливо, вибрационные воздействия, механоактивация [5]. Исследуются теплотехнические показатели сырья, что позволяет определить границы применения различных сортов топлива. Разрабатываются новые технологии пеллетирования и брикетирования, где для спекания компонентов используются компоненты самого топлива: полиэтилен, различные пластики в составе твёрдых бытовых отходов [5].

Данные исследования и их результаты, которые сейчас подаются в виде новой семантической графовой модели представления неструктурированных данных Resource Description Framework (RDF), говорят о том, что, несмотря на низкий процент использования в Российской Федерации такого нетрадиционного источника энергии, как твёрдые бытовые отходы, технологии его использования постепенно развиваются и при должном внимании со стороны производителей топлива и потенциальных потребителей энергии, которую можно получить при использовании этого топлива, доля использования альтернативной энергии во многих регионах может увеличиться, что положительно скажется на экологической обстановке в этих регионах, а также снизит уровень потребления традиционных источников энергии [6]. ●

1. Бухало С.И., Сериков А.В., Ольховская О.И. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов // Вестник НТУ «ХПИ», 2012. №10. С. 160–166.
2. Ota K., Ishii H., Koyama Y. Overview of CO₂ reduction by IGCC Technology. Mitsubishi Heavy Industries Ltd. Technical Review. 2008. Vol. 45. No. 1. Pp. 18–20.
3. Тимербаев Н.Ф., Зиатдинова Д.Ф., Кузьмин И.А., Садридинов А.Р. Исследование зависимости тепловорной способности ТБО от их морфологического состава // Известия вузов. Химия и химическая технология, 2008. Т. 51. №10. С. 79–82.
4. Бухало С.И., Ольховская О.И. Анализ возможностей комплексных технологий утилизации полимерной части твёрдых бытовых отходов // Вестник НТУ «ХПИ», 2013. №20. С. 80–84.
5. Никишанин М.С., Загрудников Р.Ш., Сеначин П.К. Брикетирование твёрдых бытовых отходов для индивидуального энергообеспечения и газификации / Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Сб. докл. III Всеросс. науч. конф. с межд. участием (Новосибирск, 21–23.03.2017). — Новосибирск: ИТ СО РАН, 2017. С. 271–281.
6. Кашников С.В. Перспективы использования твёрдых бытовых отходов в качестве альтернативного источника энергии // Инновации и инвестиции, 2021. №5. С. 148–150.

[References — see page 80.](#)



Влияние особенностей строительства населённых пунктов на температуру окружающего воздуха в холодный период года

В статье рассмотрены особенности строительства населённых пунктов, влияющие в разной степени на параметры окружающего воздуха в холодный период года, в период потребления тепловой энергии для поддержания требуемых параметров воздуха в помещениях различного назначения.

Известно, что при определении теплотехнических показателей наружных ограждений (наружные стены, светопрозрачные ограждения, покрытия, полы) и тепловой мощности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха расчётные значения наружного воздуха принимаются в соответствии с нормами по строительной климатологии [1–5].

Значения наружного воздуха в ряде городов, отличающиеся во времени, представлены в табл. 1. Известно, что изменение параметров наружного воздуха вызвано главным образом изменением климата, связанным с антропогенным фактором — деятельностью человека [6]. В целом можно констатировать, что продолжительность отопительного периода со временем уменьшается, а температура наружного воздуха увеличивается.

Следует отметить, что в пределах населённых пунктов действительное значение параметров наружного воздуха в холодный период года во многом зависит от особенностей строительства, климата и теплового воздействия зданий и сооружений, работы систем теплоснабжения и электроснабжения.

К ним можно отнести:

- численность населения и площадь застройки;
- этажность жилых и общественных зданий;
- плотность застройки;
- коэффициент остекления зданий;
- теплозащитные свойства наружных ограждений;
- схемы систем теплоснабжения и электроснабжения.

Наименьшее влияние на температуру наружного воздуха оказывают сельские поселения с одно- и двухэтажными домами, с минимальной плотностью застройки и индивидуальными источниками теплоснабжения.

Изменение параметров наружного воздуха в целом вызвано с изменением климата, связанным с деятельностью человека. Можно констатировать, что продолжительность отопительного периода со временем уменьшается, а температура наружного воздуха увеличивается



В городских поселениях распространено преимущественно многоэтажное строительство. В ряде городов ведётся пяти- и девятиэтажное (и более) строительство, и плотность застройки относительно большая. Например, в Москве плотность населения составляет около 5080 человек на 1 км², в Санкт-Петербурге — 3890, в Угледаре — 3480, в Хабаровске — 1614, во Владимире — 1129,6 человек на 1 км². За 50 лет плотность Москвы увеличилась в пять раз. В крупных городах, особенно в их центральной части, плотность застройки увеличивается с увеличением этажности зданий и при реализации программы реновации, уменьшается скорость ветра. При плотной застройке многоэтажными зданиями через окна практически исключается поступление солнечных лучей в квартиры нижних этажей.

В городах при централизованном теплоснабжении существенное тепловое воздействие на окружающую среду оказы-



вают магистральные квартальные и распределительные тепловые сети в наземном и подземном исполнении. В Москве, например, протяжённость тепловых сетей составляет более 17 тыс. км, в Санкт-Петербурге — более 9000 км, в Казани — 1842 км. Определённое влияние оказывает и наружное освещение улиц, зданий,

продолжительность работы которого в холодный период года составляет более половины суток.

При наличии в городах производственных и промышленных предприятий на температуру окружающей среды оказывает влияние и количество удаляемого из данных предприятий тёплого воздуха.

Отметим, что теплозащитные свойства наружных ограждений зависят от их материала, их состояния и интенсивности изменения температуры наружного воздуха во времени. Снижение теплотехнических свойств ограждений происходит особенно интенсивно при быстрой смене температуры и перепадах температуры с переходами через 0 °С. Источниками увлажнения наружных стен являются и жидкие осадки, особенно косые дожди при большой скорости ветра.

В пределах населённых пунктов действительное значение параметров наружного воздуха в холодный период года во многом зависит от особенностей строительства, климата и теплового воздействия зданий и сооружений, работы систем теплоснабжения и электроснабжения

С увеличением коэффициента остекления увеличиваются тепловые потери через наружные ограждения, так как коэффициент теплопередачи окон почти в три-четыре раза больше коэффициента теплопередачи наружных стен.

В холодных районах Российской Федерации наружные поверхности зданий, окрашенные в серый, голубой, зелёный и жёлтый цвета, позволяют поглощать больше солнечной тепловой энергии в холодный период года.

В целом температура наружного воздуха в холодный период, в зависимости от городской застройки, по сравнению с загородной может быть выше нормативной на 1–3 °С. ●

●● Климатические параметры

табл. 1

Населённый пункт	Температура наиболее холодной пятидневки $t_{н5}$ [°С], обеспеченностью 0,92	Период со средней суточной температурой наружного воздуха < 8 °С		Кол-во осадков за ноябрь–март, мм	Источник по перечню литературы
		Продолжительность, сут.	Средняя температура, °С		
Москва	-25	205	-3,2	–	1
	-26	213	-3,6	–	2
	-28	214	-3,1	201	3
	-25	205	-2,2	225	4
	-26	204	-2,2	235	5
Санкт-Петербург	-25	219	-2,2	–	1
	-26	219	-2,2	–	2
	-26	220	-1,8	200	3
	-24	213	-1,3	202	4
	-24	211	-1,2	322	5
Хабаровск	-32	205	-10,1	–	1
	-31	205	-10,1	–	2
	-31	211	-9,3	116	3
	-29	204	-9,5	81	4
	-29	204	-9,5	89	5
Волгоград	-22	182	-3,4	–	1
	-25	182	-3,4	–	2
	-25	178	-2,2	174	3
	-22	176	-2,3	151	4
	-22	176	-2,3	177	5
Нижний Новгород	-30	218	-4,7	–	1
	-30	218	-4,7	–	2
	-31	215	-4,1	172	3
	-31	215	-4,1	172	4
	-27	209	-3,6	225	5
Краснодар	-19	152	1,5	–	1
	-19	152	1,5	–	2
	-19	149	2,0	293	3
	-16	145	2,5	290	4
	-15	146	2,7	309	5

1. Строительные нормы и правила. Часть II, раздел А. Глава 6: Строительная климатология и геофизика (СНиП 11-А.6-72). — М.: Изд-во лит. по строит., 1973. 320 с.
2. [СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика / Дата введ.: 01.01.1984.](#)
3. [СНиП 23-01-99*. Строительная климатология / Дата введ.: 01.01.2000.](#)
4. [СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализ. ред. СНиП 23-01-99* / Дата введ.: 01.01.2013.](#)
5. [СП 131.13330.2020. Строительная климатология / Дата введ.: 25.06.2021.](#)
6. Кокорин А.О., Грицевич И.Г., Сафонов Г.В. Изменение климата и Киотский протокол — реалии и практические возможности. — М.: WWW; ФГУП «ИПО «Лев Толстой», 2004. 66 с.

Холод, произведенный в России

Российских заводов холодильного оборудования с полным циклом производства намного меньше, чем иностранных поставщиков, и это стало особенно заметно весной 2022 года. Завод ООО «ТехноГрупп» наладил серийный выпуск холодильного оборудования еще 12 лет назад. Сегодня предприятие производит чиллеры, компрессорно-конденсаторные блоки, шкафные и межрядные прецизионные кондиционеры, выносные конденсаторы, драйкулеры и гидромодули. Все это оборудование завод выпускает для торговых домов ООО «КОРФ» и ООО «НЕД».

Автор: Федор АНДРОНОВ,
директор по техническому развитию
завода ООО «ТехноГрупп»

14 лет шаг за шагом

ООО «ТехноГрупп» — крупнейший в России завод климатического оборудования, размещенный на единой площадке в городе Дзержинский Московской области. На территории площадью более 45 тыс. м² расположено 15 цехов, где работают около 700 сотрудников.

На рынок холода ООО «ТехноГрупп» вышел в 2009 году, когда на заводе появился конструкторский отдел холодильного оборудования и началась разработка собственной линейки компрессорно-конденсаторных блоков. Серийный выпуск ККБ холодопроизводительностью от 2 до 250 кВт стартовал уже в 2010 году. К 2017 году объем производства компрессорно-конденсаторных блоков превысил 1800 штук, а их общий выпуск за 12 лет составил более 22 тыс. единиц.

В 2012 году конструкторы компании ООО «ТехноГрупп» разработали первую линейку модульных чиллеров с воздушным охлаждением конденсатора на базе спиральных компрессоров. Вслед за этим были запущены в серийное производство чиллеры с водяным охлаждением, бесконденсаторные холодильные машины, чиллеры с системой free-cooling и моноблочные холодильные машины холодопроизводительностью до 1500 кВт (на базе винтовых компрессоров).

Вскоре завод пополнил ассортимент рядом специализированных решений. В 2016 году группа специальных разработок ООО «ТехноГрупп» представила модели шкафных и межстоечных прецизионных кондиционеров для дата-центров. Тогда же в производство были запущены линейки вентиляционных установок со встроенным холодильным контуром, разработанные для ледовых арен и бассейнов.

Постепенно ООО «ТехноГрупп» стал заметным производителем холодильного

По данным на конец 2022 года, общий объем производства холодильного оборудования, производимого ООО «ТехноГрупп», составляет более 60 МВт холодильной мощности в год

оборудования для IT-индустрии. В числе его важных разработок — шкафные фреоновые и водяные прецизионные кондиционеры холодопроизводительностью до 100 кВт, а также межрядные кондиционеры для дата-центров. Под нужды заказчиков в конструкторском отделе ведется проектирование индивидуальных решений мощностью до 60 кВт. Для поддержания круглогодичной работы оборудования ООО «ТехноГрупп» разработал и выпускает чиллеры наружного исполнения на базе спиральных или винтовых компрессоров с функцией free-cooling мощностью до 1500 кВт. Высокоэффективные чиллеры с дополнительными теплообменниками свободного охлаждения обеспечивают работу коммерческих и технологических объектов в полном объеме.

В 2022 году завод выпустил свою первую «вентиляторную стену» для ЦОДов большой мощности. Сегодня ведущие конструкторы ООО «ТехноГрупп» работают над новыми моделями «холодных стен» для дата-центров.

По данным на конец 2022 года, общий объем производства холодильного оборудования, производимого ООО «ТехноГрупп», составляет более 60 МВт холодильной мощности в год. Все позиции холодильного оборудования, реализуемого ООО «КОРФ» и ООО «НЕД», несомненно, представляют интерес с точки зрения импортозамещения, особенно серийно выпускаемые чиллеры с коротким сроком поставки.



Завод сегодня

На заводе ООО «ТехноГрупп» действует полный цикл производства холодильного оборудования: электрическая силовая часть, теплообменные блоки воздушных конденсаторов и драйкулеров (функция free-cooling доступна для чиллеров любой мощности), силовой каркас, фреоновый и гидравлический контуры, включая встроенные и выносные насосные станции. Кроме того, предприятие само занимается созданием и настройкой программного обеспечения для холодильных установок.

Сегодня завод полностью перешел на холодильный контур, работающий с фреоном R410a, — компромиссные решения на фреоне R407a более не используются. Под заказ производится холодильное оборудование для сухого тропического климата с фреоном R134a. По требованию клиентов в холодильном контуре могут быть применены фреоны R513a, R449a, R448a, R1234ze. Еще в 2018 году на заводе была успешно освоена работа с оборудованием до 60 бар — аварии и утечки исключены.

На заводе ООО «ТехноГрупп» сектор сборки холодильного оборудования занимает 1800 м², здесь работают порядка 60 человек. Производственный участок холодильного оборудования расположен в отдельном здании, где поддерживается режим «чистого» помещения. Доступ на этот производственный участок ограничен, здесь действуют особые протоколы очистки обуви, отмывки пола и асфальта на окружающей территории. Поддерживать режим чистоты помогают приточная вентиляция с фильтрами и освещение свыше 500 люкс.



Много лет ООО «ТехноГрупп» целенаправленно создавал инфраструктуру для заводских испытаний. В 2013 году была разработана и собрана «с нуля» испытательная климатическая камера для чиллеров (сегодня она входит в состав ОТК). К 2017 году на заводе появился полномасштабный испытательный центр площадью 400 м² с возможностью тестирования оборудования суммарной холодо-

производительностью до 1500 кВт. Сегодня тестовые испытания проходят 100% выпускаемых установок. Достоверность и оперативность проводимых тестов уникальны и выводят ООО «ТехноГрупп» в лидеры российского рынка.

Завод ООО «ТехноГрупп» — это высокая культура производства, опытные кадры, грамотные конструкторские решения и передовой отдел технического контроля. Именно такая совокупность факторов обеспечивает наивысшее качество сборки и надежность работы оборудования. В результате процент отказов холодильного оборудования составляет менее 0,1% (по данным ООО «Главсервис»), а вся работа по техобслуживанию сводится к проверке параметров и очистке воздушной части теплообменников.

Торговые дома ООО «КОРФ» и ООО «НЕД» поддерживают реализуемое оборудование сервисом и запасными частями через аффилированную компанию ООО «Главсервис», имеющую более 40 сотрудников в Москве и в региональных филиалах.

В штате завода ООО «ТехноГрупп» есть опытные инженеры технической поддержки, специализирующиеся на проектном консультировании заказчиков и торговых представителей по вопросам выбора и эксплуатации сложной холодильной техники. Опыт разработки и производства холодильного оборудования ООО «ТехноГрупп» подтверждены успешными поставками на протяжении 12 лет.

Завод ООО «ТехноГрупп» намерен сохранить свой статус ведущего российского разработчика и производителя холодильного оборудования. На 2023 год запланирован запуск в производство новых моделей холодильных установок для промышленности и IT-сферы. ●

Завод ООО «ТехноГрупп» — это высокая культура производства, опытные кадры, грамотные конструкторские решения и передовой отдел технического контроля. Именно такая совокупность факторов обеспечивает наивысшее качество сборки и надежность работы оборудования



Анализ методик расчёта фактической производительности внутренних и наружных блоков VRF-систем

В далёком 2004 году автор этой статьи проанализировал недостатки расчётных методик VRF-систем кондиционирования воздуха и предложил для расчёта свою «методику баланса производительности внутренних и наружных блоков» [1]. Прошло почти 20 лет, но к единому знаменателю методики расчёта VRF-систем приведены так и не были. Сегодня существует как минимум пять разных подходов к расчёту, по сути, одинакового класса оборудования. В чём-то они похожи на предложенную автором методику, в чём-то отличаются. Давайте их рассмотрим.

Автор: С.В. БРУХ, технический редактор журнала СОК

Расчёт мультизональных систем кондиционирования с переменным расходом хладагента (Variable Refrigerant Flow, VRF) кажется на первый взгляд очень простой задачей. Большинство проектировщиков открывают рекламный каталог фирм-производителей и выбирают нужные модели исходя из представленных там данных. Но дело в том, что все параметры систем в каталогах приведены номинальные, полученные при определённых стандартных условиях. Данные стандартные условия приведены в табл. 1.

Теперь давайте ответим на вопрос: «А можно ли реально увидеть систему кондиционирования VRF с такими параметрами?» Длина трубопроводов, как правило, составляет 50–100 м, а не 7,5 м. Перепад высот между внутренними и наружными блоками обычно тоже не нулевой, а находится в пределах 20–30 м. Расчётные наружные и внутренние температуры — другие. То есть любая реальная VRF-система работать при таких параметрах не будет, и характеристики систем будут отличаться от каталожных. Следовательно, необходимо пересчитать номинальные параметры оборудования на фактические.

Методики подбора оборудования VRF-систем, изложенные в технических каталогах различных производителей, отличаются друг от друга. Рассмотрим основные из них.

1. Расчёт фактической производительности внутренних блоков

Эта методика изложена в технических каталогах Daikin, Fujitsu General, Panasonic [2–13]. Исходя из явных или полных теплоизбытков обслуживаемых помещений выбираем внутренний блок с ближайшей большей холодопроизводительностью.

Как мы уже выяснили, в каталогах указывается стандартная производительность $Q_{in,r}$ (Rated Capacity Indoor Unit) внутреннего блока. Чтобы определить реальную производительность $Q_{in,a}$ (Actual Capacity Indoor Unit) внутреннего блока, нам необходимо стандартную производительность умножить на два коэффициента. Это коэффициент фактической температуры внутреннего воздуха K_t и коэффициент длины фреоновых трубопроводов K_l :

$$Q_{in,a} = Q_{in,r} K_t K_l, \text{ Вт.} \quad (1)$$

Коэффициенты фактической температуры внутреннего воздуха K_t и длины трубопроводов K_l

Влияние фактической температуры внутреннего воздуха обычно учитывается сразу в виде таблиц для каждого внутреннего блока (табл. 2). Однако не все производители указывают данные в виде таблиц. Некоторые приводят графики для вычисления поправочных коэффициентов в режимах тепла или холода (рис. 1).

Стандартные условия испытания VRF-систем в режиме охлаждения

табл. 1

Параметр	Значение
Длина соединительных трубопроводов, м	7,5
Разность высот между наружными и внутренними блоками, м	0
Температура внутреннего воздуха по сухому термометру, °C DB	27
Температура внутреннего воздуха по влажному термометру, °C WD	19
Температура наружного воздуха по сухому термометру, °C DB	35
Температура наружного воздуха по влажному термометру, °C WD	24
Загрузка наружного блока, %	100

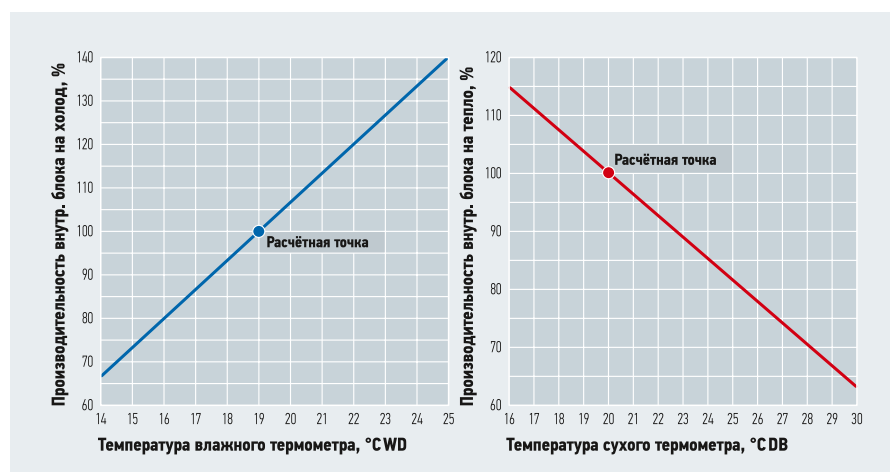


Рис. 1. Коррекция производительности внутренних блоков в зависимости от внутренних температур влажного (WB) и сухого (DB) термометров (Panasonic)

Производительность внутреннего блока Fujitsu General (модель AUXB12GALH)

табл. 2

Температура наружного воздуха, °CDB	Температура внутреннего воздуха															
	20°CDB / 15°CWB		23°CDB / 16°CWB		24°CDB / 17°CWB		26°CDB / 18°CWB		27°CDB / 19°CWB		28°CDB / 20°CWB		30°CDB / 22°CWB		32°CDB / 23°CWB	
	TC	SHC	TC	SHC	TC	SHC	TC	SHC	TC	SHC	TC	SHC	TC	SHC	TC	SHC
10	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,5	2,8	4,8	3,1
15	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,5	2,8	4,8	3,1
21	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,5	2,8	4,7	3,0
23	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,5	2,8	4,6	3,0
25	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,5	2,8	4,6	3,0
27	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,4	2,8	4,5	2,9
30	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,3	2,8	4,4	2,9
33	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,2	2,7	4,3	2,9
35	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,1	2,7	4,2	2,8
37	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,9	2,7	4,1	2,7	4,1	2,8
40	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,8	2,7	4,0	2,6	4,0	2,8
43	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,6	2,7	3,7	2,7	3,9	2,6	3,9	2,7
46	2,4	1,8	2,7	2,3	3,0	2,4	3,3	2,6	3,5	2,6	3,6	2,6	3,8	2,6	3,8	2,7

Примечание: °CDB — температура сухого термометра; °CWB — температура мокрого термометра; TC — полная производительность блока, кВт; SHC — явная производительность блока, кВт.

Если внимательно посмотреть на табл. 1 и рис. 1, то можно сделать вполне логичный вывод: 100% производительности по холоду внутренний блок выдаёт только при температуре внутреннего воздуха +27°C сухого термометра и 19°C влажного. Снижение внутренней температуры неизбежно приводит к потере фактической производительности внутреннего блока. Объяснить этот процесс достаточно просто: чем ниже температура внутреннего воздуха, тем меньше разница температур между теплообменивающимися средами (фреон и воздух), и тем меньше количество переданной тепловой энергии согласно формуле (2).

При уменьшении температуры внутреннего воздуха происходит падение максимально возможной производительности внутреннего блока, и ЭРВ уменьшает количество хладагента, поступающего в данный блок

Максимальная мощность внутреннего блока должна быть больше или равна максимальным теплопритокам в кондиционируемом помещении — для их ассимиляции. С одной стороны, мощность внутреннего блока равна количеству холода, переданного через поверхность теплообменников. Поэтому можно записать уравнение теплопередачи:

$$Q_{вн} = kF \left(\frac{t_{вн1} + t_{вн2}}{2} - t_{фр} \right), \text{ Вт}, \quad (2)$$

где k — коэффициент теплопередачи внутреннего блока, Вт/(м²·°C); F — площадь теплообменной поверхности внутренне-

го блока, м²; $t_{вн1}$ и $t_{вн2}$ — соответственно, температуры внутреннего воздуха на входе и на выходе внутреннего блока, °C; $t_{фр}$ — температура кипения фреона, °C.

С другой стороны, мощность внутреннего блока равна охлаждающей мощности фреона, поступающего в данный блок:

$$Q_{вн} = G_{вн} q_{фр}, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где $G_{вн}$ — расход фреона во внутреннем блоке, кг/с; $q_{фр}$ — теплота фазового перехода 1 кг фреона, Дж/кг.

Произведение kF является постоянной величиной, зависящей от конструктивных особенностей внутреннего блока. Температура кипения фреона $t_{фр}$ также поддерживается на одном уровне системой автоматического регулирования VRV-системы (конечно, существуют режимы частичной загрузки внутренних блоков, когда для энергосбережения температура кипения хладагента повышается, но для данной ситуации этот режим не рассматриваем, так как он возможен только при частичной нагрузке).

Таким образом, согласно формуле (2), мощность внутреннего блока зависит от температуры воздуха $t_{вн1}$ на входе во внутренний блок. Согласно формуле (3),

мощность внутреннего блока зависит также от расхода жидкого хладагента $G_{вн}$, поступающего к блоку.

Количество энергии, поступающей к внутреннему блоку, всегда равно количеству энергии, отходящей от блока, следовательно, можно записать уравнение:

$$Q_{вн} = kF \left(\frac{t_{вн1} + t_{вн2}}{2} - t_{фр} \right) = G_{вн} q_{фр}, \text{ Вт}. \quad (4)$$

Мощность внутреннего блока регулируется изменением расхода фреона $G_{фр}$ через блок с помощью электронного расширительного вентиля (ЭРВ, EEV), но не может быть больше, чем величина теплопередачи, определённая по формуле (4). При уменьшении температуры внутреннего воздуха происходит падение максимально возможной производительности внутреннего блока, и ЭРВ уменьшает количество хладагента, поступающего во внутренний блок. Происходит и обратный процесс: если по какой-то причине во внутренний блок поступает недостаточный расход хладагента, температура воздуха на выходе внутреннего блока растёт, сохраняя неизменным баланс энергии [формула (4)] на внутреннем блоке.

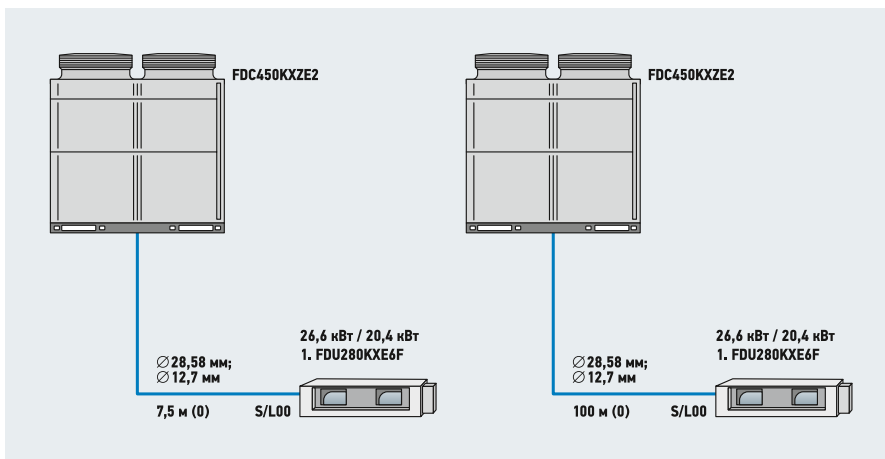


Отсюда следует вывод: температура внутреннего воздуха очень значительно влияет на производительность внутреннего блока (внутренний блок теряет до 25% мощности при снижении внутренней температуры до +20 °С).

Коэффициент длины трубопроводов K_l для внутренних блоков требуют учитывать уважаемые производители VRF-систем: Daikin, Fujitsu General, Panasonic и др. Но другие, не менее уважаемые производители [Mitsubishi Electric, Mitsubishi Heavy Industries (MHI), Midea] не используют этот коэффициент при расчёте фактической производительности внутреннего блока. Вопрос как минимум не однозначный, поэтому предлагаю разобраться с ним самостоятельно.

Выше мы выяснили, что на производительность внутреннего блока влияют две переменные величины: это температура внутреннего воздуха [формула (2)] и расход хладагента через клапан EEV [формула (3)]. Как температура внутреннего воздуха может быть связана с длиной трубопроводов? Никак. Эти две величины не связаны друг с другом.

А вот расход хладагента $G_{фр}$ связан с длиной трубопроводов, но только для наружного блока. То есть фактическая



•• Рис. 2. Схема системы MHI KXZ с завышенным наружным блоком

Коэффициент длины трубопроводов для внутренних блоков требуют учитывать производители систем VRF: Daikin, Fujitsu General, Panasonic и др. Однако другие производители (Mitsubishi Electric, Mitsubishi Heavy Industries, Midea) не используют этот коэффициент при расчёте фактической производительности внутреннего блока. Данный вопрос — как минимум не однозначный

Кстати, VRF-системы MHI, Hitachi как раз позволяют компоновать один внутренний и один наружный блок VRF. При соединении этих блоков в одну систему, какая будет производительность внутреннего и наружного блоков? 26 кВт по холоду, поскольку внутренний блок не может дать производительность больше, чем по формуле (2). Столько же может дать наружный блок 42 кВт, так как снизит свою производительность до 26 кВт, чтобы был баланс с внутренним блоком (табл. 3).

Теперь в этой системе увеличим длину трубопроводов до 100 м (табл. 4). Потери наружного блока по длине составят около 10%, следовательно, его производительность станет не 42, а 38 кВт. Но 38 кВт всё равно являются избыточными для внутреннего блока на 26 кВт, поэтому наружный блок снизит свою производительность до тех же 26 кВт, что и в первом случае с номинальной длиной. Если мы внимательно посмотрим на табл. 3 и 4, то увидим, что производительность внутреннего блока по холоду никак не поменялась (26,6 кВт), несмотря на увеличение длины труб до 100 м.

Вывод: длина трубопроводов влияет только на максимальную производительность наружного блока, но не на внутренний блок.

•• Характеристики внутреннего и наружного блоков MHI при длине трубопроводов 7,5 м табл. 3

№	Модель	Ном. производительность, кВт			Факт. производительность, кВт			Длина, м
		Холод	Явная	Тепло	Холод	Явная	Тепло	
1	FDC450KXZE2	45,0	–	50,0	42,73	–	34,08	–
2	FDU280KXE6F	28,0	20,52	31,5	26,60	20,4	22,37	7,5
Итого		28,0	20,52	31,5	26,60	20,4	22,37	

Примечание: режим охлаждения, наружная температура +35 °С, внутренняя температура +26 °С.

•• Характеристики внутреннего и наружного блоков MHI при длине трубопроводов 100 м табл. 4

№	Модель	Ном. производительность, кВт			Факт. производительность, кВт			Длина, м
		Холод	Явная	Тепло	Холод	Явная	Тепло	
1	FDC450KXZE2	45,0	–	50,0	38,82	–	32,99	–
2	FDU280KXE6F	28,0	20,52	31,5	26,60	20,4	22,37	100,0
Итого		28,0	20,52	31,5	26,60	20,4	22,37	

Примечание: режим охлаждения, наружная температура +35 °С, внутренняя температура +26 °С.

производительность наружного блока, без сомнения, связана с длиной трубопроводов, поскольку возникают потери давления по длине, которые неизбежно приводят к меньшей производительности данного блока (чуть дальше мы этот процесс рассмотрим подробно). Ещё раз акцентируем ваше внимание — потери производительности по длине возникают для наружного блока, не для внутреннего. И приведём простой пример. Допустим, у нас есть очень простая система VRF: один внутренний блок на 26 кВт производительности и один наружный блок на 42 кВт производительности (рис. 2).



❖ Характеристики внутреннего и наружного блоков VRF-системы Mitsubishi Heavy Industries при недостаточной производительности наружного блока

табл. 5

№	Модель	Ном. производительность, кВт			Факт. производительность, кВт			Длина, м
		Холод	Явная	Тепло	Холод	Явная	Тепло	
1	FDC280KXZE2	28,0	–	31,5	23,47	–	20,56	–
2	FDU280KXE6F	28,0	20,52	31,5	23,47	19,05	20,56	130,0
Итого		28,0	20,52	31,5	23,47	19,05	20,56	

Примечание: режим охлаждения, наружная температура +35 °С, внутренняя температура +26 °С.

Но есть одна ситуация, когда длина трубопроводов действительно влияет на фактическую производительность внутренних блоков. Данная ситуация возникает при неправильном подборе наружного блока, когда его производительности не хватает для внутреннего блока, что показано в табл. 5. Внутренний блок может выдать 26,6 кВт холода, но наружный блок — только 23,47 кВт. Следовательно, производительность внутреннего блока ограничивается расходом хладагента, который поступает к нему от наружного блока. В данном случае речь идёт скорее о неправильном подборе оборудования.

Вывод: в целом автор склоняется к правильности методики расчёта внутренних блоков от Mitsubishi Electric, MHI, Haier, где на производительность внутреннего блока не влияет длина трубопроводов.

2. Определение фактической производительности наружного блока

Чтобы определить фактическую производительность наружного блока $Q_{ou,a}$ (Actual Capacity Outdoor Unit), необходимо стандартную производительность умножить на четыре коэффициента. Это коэффициент фактической температуры наружного воздуха $K_{t,ou}$, коэффициент длины фреоновых трубопроводов K_l , коэффициент перепада высот между наружным и внутренними блоками K_h и коэффициент снижения производительности на режим оттаивания K_d (defrosting, только в режиме обогрева):

$$Q_{ou,a} = Q_{ou,r} K_{t,ou} K_l K_h K_d, \text{ Вт.} \quad (5)$$

Расчёт производительности наружного блока производится исходя из условия обеспечения максимальной холодопроизводительности внутренних блоков:

$$Q_{нар} = \frac{\sum Q_{вн}}{K}, \text{ Вт.} \quad (6)$$

где K — коэффициент загрузки наружного блока, для большинства производителей может быть принят от 0,5 до 1,3, но для некоторых он составляет от 0,3 до 2,0. Причём какую конкретно величину нужно использовать — непонятно, потому что рекомендаций производители не дают. Разберёмся с этим вопросом самостоятельно.

Выбор коэффициента неодновременности загрузки K

Как правило, VRF-системы кондиционирования применяются в помещениях, где коэффициент неодновременности $K \geq 1,0$. То есть основной принцип функционирования мультизональных систем — перераспределение хладагента между потребителями с неодновременной нагрузкой — предполагает целесообразность их использования только при значениях больше 1,0. При условии одновременного максимума тепловых нагрузок в помещениях оптимально применение менее сложных сплит-систем.

Поэтому при проектировании VRF-систем необходимо выбирать внутренние блоки в пределах одной системы с неодновременными максимумами нагрузок, например, ориентированные по разным фасадам здания. Такой выбор приводит к равномерной загрузке наружного блока в течение суток, меньшей расчётной мощности наружного блока и большему сроку эксплуатации наружного блока.

❖ Переключатели производительности настенных внутренних блоков VRF-систем MHI табл. 6

	P15	P22	P28	P36	P45	P56	P71	P90	P112	P140	P160	P224	P280
SW6-1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
SW6-2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
SW6-3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1
SW6-4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
SW8-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Пример 1. Помню историю, которая произошла около 15 лет назад. Мне позвонили монтажники, выполнявшие установку VRF-системы в городе Москве. Система была смонтирована в элитном коттедже, всё сделано очень качественно и «на века», трубопроводы проложены в стенах без доступа. При запуске выяснилась «одна небольшая проблемка» — система не стала запускаться, поскольку коэффициент превышения индексов внутренних блоков над наружным составил 220%, тогда как максимальный коэффициент для этой системы — 130%. Все трубопроводы были «защиты» в стенах, поменять их невозможно. Монтажников в данном случае волновал классический вопрос: «Что делать?»

Конечно, были нарушены правила монтажа этой системы кондиционирования. И лучшим решением было бы переделать всё как нужно, поменять трубопроводы и наружный блок. Понятно, что это было очень затратно, и заказчик не понял бы климатическую компанию, которая предложила бы ему второй раз заплатить за кондиционеры. Поэтому в этой безвыходной ситуации обратились ко мне с просьбой помочь.

Первый вопрос, который я задал незадачливым монтажникам: «А откуда вообще взялась цифра загрузки 220%?» На этот вопрос был дан развёрнутый ответ: заказчик не планировал использовать все помещения коттеджа одновременно. Он находился либо в бильярдной на мансарде, либо в спальнях помещений второго этажа, либо в гостиной первого. Поэтому необходимости в одновременной работе внутренних блоков как бы не было. Теоретически всё верно, но проблема в том, что именно эта серия уважаемого японского бренда не была предназначена для столь большой перегрузки по индексам. Поскольку потерять монтажникам было уже нечего, я предложил следующее решение.

Необходимо было сделать так, чтобы наружный блок «видел» другие индексы внутренних блоков, чтобы их сумма была меньше допустимой загрузки 130% для данной серии. Индексы внутренних блоков задаются на их платах управления.

В табл. 6 представлен пример для VRF-систем MHI, но то же аналогично и для других производителей. Как мы видим, плата каждого внутреннего блока позволяет изменить индекс блока в очень широком диапазоне. Именно эти индексы «видит» наружный блок, когда тестирует систему перед запуском. Поэтому, если сумма индексов укладывается в допустимый для работы диапазон (в нашем случае от 50 до 130%), и система запускается.

Так и сделали, и система благополучно запустилась. Первые три года я звонил и интересовался — всё ли в порядке и нет ли проблем с эксплуатацией этой системы? Но всё работало нормально, хотя коэффициент загрузки наружного блока был сильно превышен.

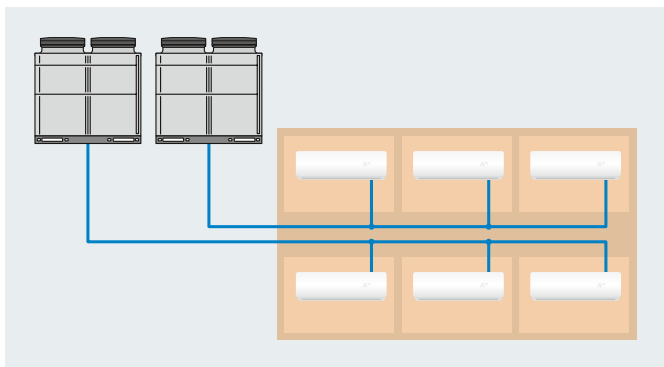


Рис. 3. Пофасадная схема обвязки внутренних блоков трубопроводами (нежелательная)

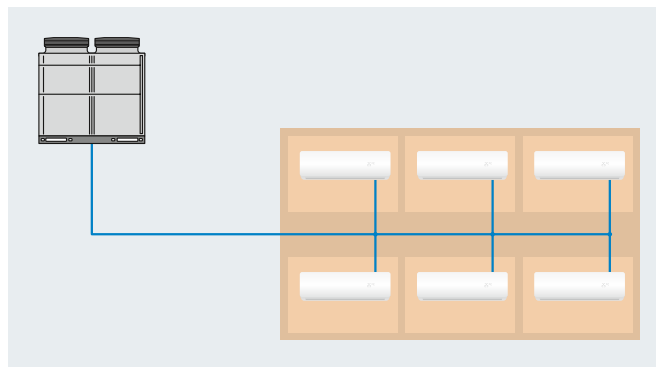


Рис. 4. Смешанная схема обвязки внутренних блоков трубопроводами (рекомендуемая)

Пример 2. И есть второй случай, менее удачный. VRF-система кондиционирования установлена в офисном здании. Установлена по всем правилам, коэффициент загрузки наружного блока около 125%, то есть лежит в требуемом диапазоне 50–130%. Но, несмотря на это, в системе стали регулярно выходить из строя инверторные компрессоры и платы инвертора. Всего было установлено 16 наружных блоков, за три года эксплуатации вышло из строя шесть компрессоров.

Проблема заключалась в том, что системы были смонтированы с «пофасадной» разводкой трубопроводов (рис. 3, 4, 5).

Что получили в итоге: в жаркий летний день солнце с утра пригревает восточную сторону здания. Все внутренние блоки одновременно включаются в режим холода и одновременно требуют с наружного блока 125% производительности. Естественно, наружный блок такую производительность выдать не может, и инверторный компрессор работает в режиме загрузки выше 100%. Инверторные компрессоры могут кратковременно работать при частоте вращения выше номинальной, но значения тока и перегрев при этом увеличиваются. Остаётся открытым

вопрос, почему не сработали защиты от повышенного тока и перегрева, но они не сработали. И компрессоры регулярно выходили из строя. Аналогичная ситуация возникла и по системам западного фасада.

Вывод из этих двух примеров следующий: коэффициент загрузки наружного блока является не характеристикой системы кондиционирования, а характеристикой обслуживаемого здания. Если

в здании реально присутствует неравномерность теплоизбытков (130 или 150%), то наружный блок не перегружен и система кондиционирования будет нормально работать. А если по факту неравномерности нет, то перегрузка наружного блока может привести к его преждевременному выходу из строя.

Коэффициент неодновременности зависит в первую очередь от теплового режима здания, но не может быть больше определённых величин, зависящих от конструкции VRF-систем. Например, для новой серии Midea V8 сумма номинальных мощностей (индексов) внутренних блоков может быть в пределах 30–200% мощности наружного блока. Аналогично (при определённых условиях) к серии Mitsubishi Electric G7 можно подключить до 200%

Для определения мощности наружного блока необходимо знать: сумму максимальных теплоизбытков в помещениях, коэффициент неодновременности теплоизбытков и сумму индексов внутренних блоков

Рекомендованные величины загрузки наружных блоков на различных объектах табл. 7

Тип объекта кондиционирования	Загрузка наружного блока, %
Системы приточной вентиляции и системы отопления	70–100
Внутренние блоки в офисах по одному фасаду	100–110
Внутренние блоки в офисах по разным фасадам здания	110–130
Квартиры, коттеджи, отели	130–150
Уникальные здания с очень большой неравномерностью использования	150–200

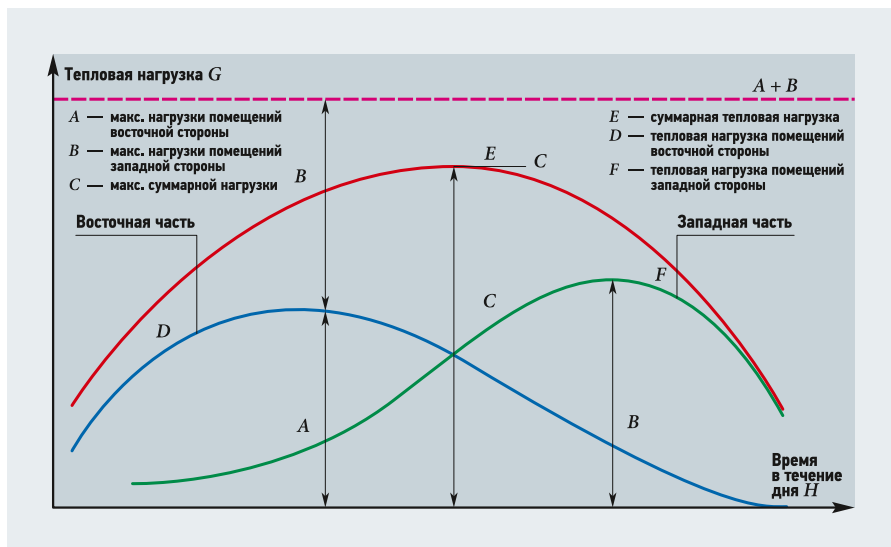


Рис. 5. Суммарная тепловая нагрузка от помещений разных фасадов

внутренних блоков. Поэтому для определения мощности наружного блока необходимо знать три величины: сумму максимальных теплоизбытков обслуживаемых помещений, коэффициент неодновременности теплоизбытков помещений (характеристики объекта кондиционирования) и сумму индексов внутренних блоков (характеристика системы кондиционирования). Коэффициент неодновременности фактической нагрузки можно определить расчётом. Рекомендованные величины представлены в табл. 7.

Вывод: коэффициент неодновременности загрузки наружного блока — важнейший параметр, влияющий на расчёт системы VRF, его выбор зависит главным образом от объекта кондиционирования, а не от характеристик оборудования.

Характеристики наружного блока Fujitsu General (модель AJ072LALBH)

табл. 8

Номинальная производительность, кВт	Наружная температура, °CDB	Температура в помещении															
		20 °CDB / 15 °CWB		23 °CDB / 16 °CWB		24 °CDB / 17 °CWB		26 °CDB / 18 °CWB		27 °CDB / 19 °CWB		28 °CDB / 20 °CWB		30 °CDB / 22 °CWB		32 °CDB / 23 °CWB	
		TC	IP	TC	IP	TC	IP	TC	IP	TC	IP	TC	IP	TC	IP	TC	IP
22,4 (100%)	10	14,8	2,48	16,7	2,75	18,6	3,03	20,5	3,31	22,4	3,59	24,3	3,87	28,1	4,43	28,9	4,47
22,4 (100%)	15	14,8	2,55	16,7	2,84	18,6	3,12	20,5	3,41	22,4	3,70	24,3	3,99	28,1	4,56	28,7	4,56
22,4 (100%)	21	14,8	2,68	16,7	2,99	18,6	3,29	20,5	3,60	22,4	3,91	24,3	4,21	27,7	4,74	28,4	4,73
22,4 (100%)	23	14,8	2,74	16,7	3,06	18,6	3,37	20,5	3,68	22,4	4,00	24,3	4,31	27,6	4,81	28,2	4,82
22,4 (100%)	25	14,8	2,81	16,7	3,13	18,6	3,45	20,5	3,77	22,4	4,10	24,3	4,42	27,2	4,98	27,8	5,00
22,4 (100%)	27	14,8	2,88	16,7	3,21	18,6	3,54	20,5	3,88	22,4	4,21	24,3	4,55	26,8	5,16	27,4	5,19
22,4 (100%)	30	14,8	3,01	16,7	3,36	18,6	3,70	20,5	4,05	22,4	4,46	24,3	5,00	26,3	5,43	26,8	5,46
22,4 (100%)	33	14,8	3,15	16,7	3,52	18,6	3,89	20,5	4,34	22,4	4,89	24,3	5,49	25,7	5,71	26,1	5,74
22,4 (100%)	35	14,8	3,26	16,7	3,64	18,6	4,05	20,5	4,60	22,4	5,20	24,2	5,84	25,2	5,91	25,7	5,95
22,4 (100%)	37	14,8	3,38	16,7	3,78	18,6	4,30	20,5	4,90	22,4	5,57	23,8	6,04	24,8	6,12	25,2	6,16
22,4 (100%)	40	14,8	3,59	16,7	4,11	18,6	4,74	20,5	5,42	22,4	6,17	23,1	6,35	24,1	6,44	24,6	6,49
22,4 (100%)	43	14,8	3,89	16,7	4,53	18,6	5,24	20,5	6,00	22,0	6,62	22,5	6,67	23,4	6,76	23,9	6,81
22,4 (100%)	46	14,8	4,28	16,7	5,00	18,6	5,79	20,5	6,64	21,3	6,93	21,8	6,98	22,7	7,09	23,2	7,14

Примечание: °CDB — температура сухого термометра; °CWB — температура мокрого термометра; TC — производительность наружного блока, кВт; IP — энергопотребление наружного блока, кВт.

Коэффициент фактической температуры наружного воздуха K_t

После того, как по формуле (6) определён предварительный типоразмер наружного блока, мы должны проверить, хватит ли его производительности в реальных условиях [формула (5)]. Для этого мы должны учесть влияние температуры наружного воздуха с помощью коэффициента фактической температуры наружного воздуха K_t . Фактическая производительность наружного блока определяется с помощью таблиц (табл. 8) или посредством графиков (рис. 6). Номинальная производительность указывается при температуре снаружи +35 °C и температуре влажного термометра внутри +19 °C.

При понижении наружной температуры до +10 °C наружный блок может выдать на 10–15 % больше производительности по холоду за счёт лучшего охлаждения конденсатора. Однако существует

и обратный процесс — при повышении наружной температуры выше +43 °C у большинства производителей мощность наружного блока по холоду начинает снижаться (табл. 8).

Небольшой комментарий по табл. 8. В подобных таблицах многими производителями предлагается выбрать реальную производительность наружного блока при определённых температурах наруж-

Если с наружной температурой всё просто, то внутренних блоков обычно много, и каждый внутренний блок может поддерживать свою температуру внутреннего воздуха. Но какую именно температуру внутреннего воздуха необходимо использовать в этой таблице — совершенно непонятно

ного и внутреннего воздуха. Если с наружной температурой всё просто, то внутренних блоков обычно много, и каждый внутренний блок может поддерживать свою температуру внутреннего воздуха. Какую именно температуру внутреннего воздуха необходимо использовать в этой таблице — среднюю, минимальную, максимальную — непонятно.

Вывод: температура воздуха вокруг наружного блока влияет на его производительность, а для расчёта коэффициента фактической температуры наружного воздуха K_t удобнее использовать графики, аналогичные рис. 6 (Panasonic, Mitsubishi Electric).

Коэффициент длины фреоновых трубопроводов K_l

Холодопроизводительность наружного блока можно определить по формуле:

$$Q_{нар} = G_{нар} q_{фр}, \text{ Вт.} \tag{7}$$

Особенностью систем автоматического регулирования VRF-систем является поддержание определённого давления на выходе и входе наружного блока (рис. 7). Потери давления Δp в системе также зависят от расхода фреона $G_{нар}$ и гидравлической характеристики сети $k_{гидр}$:

$$\Delta p = k_{гидр} G_{нар}^2, \text{ Вт.} \tag{8}$$

Таким образом, при увеличении длины магистралей выше номинала 7,5 м происходит увеличение гидравлической характеристики сети и, соответственно, уменьшение расхода фреона в системе. Наружный блок уменьшает общий расход фреона, сохраняя перепад давления в системе. Уменьшается также переохлаждение фреона на входе во внутренние блоки.

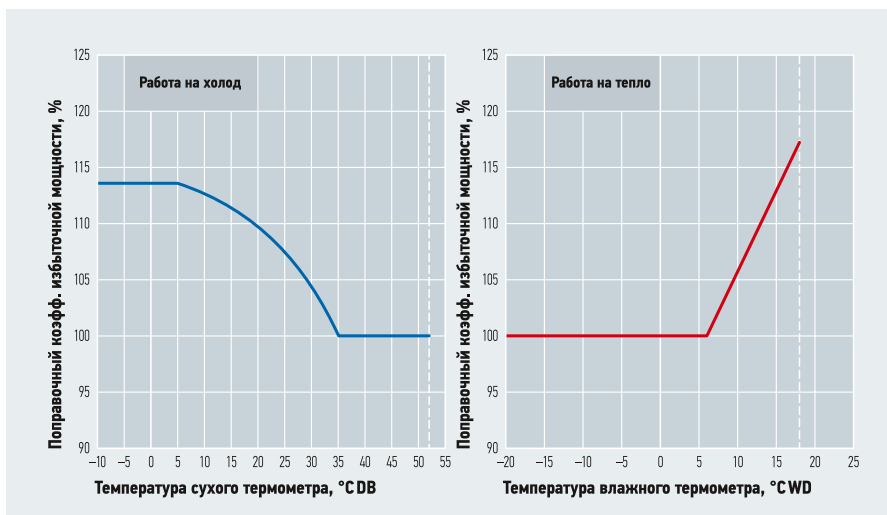
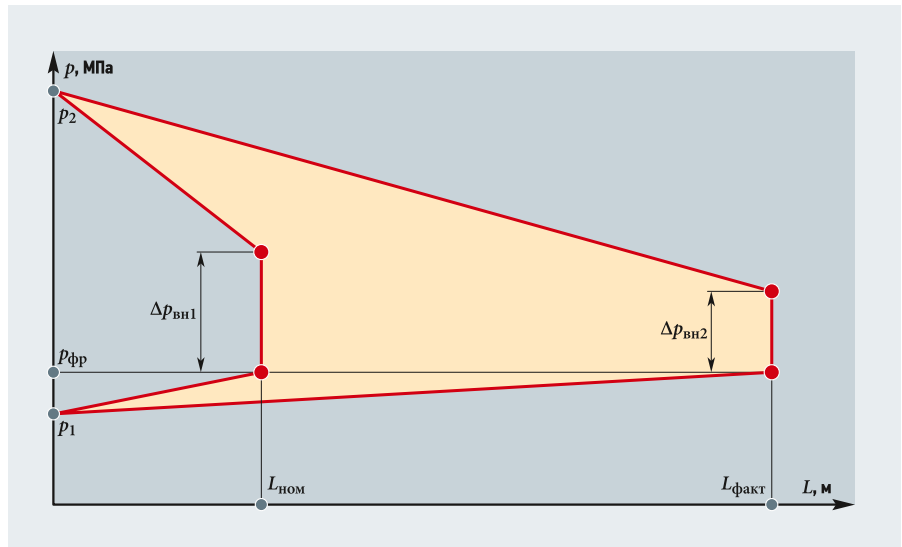


Рис. 6. Коррекция производительности наружных блоков в зависимости от наружных температур влажного (WB) и сухого (DB) термометров (Panasonic)

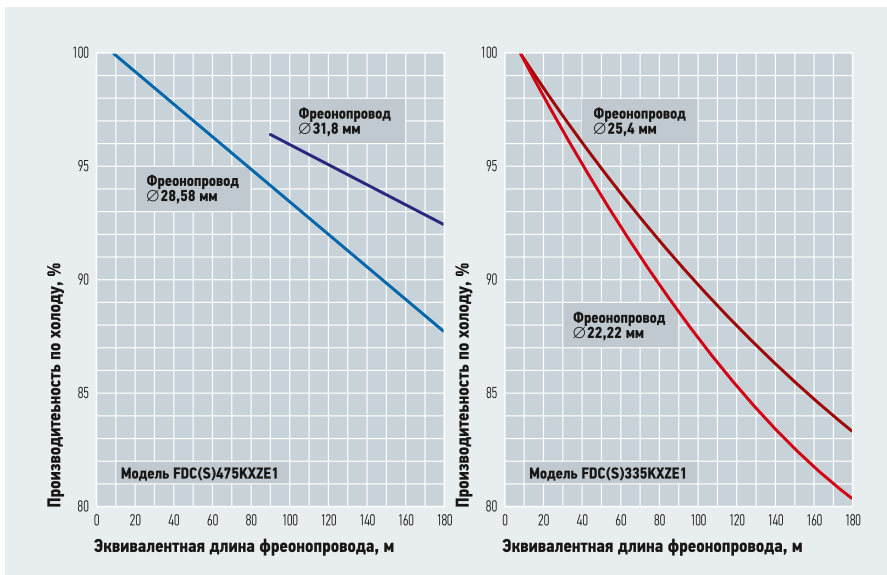
Пропорционально уменьшению расхода фреона [формула (8)] происходит уменьшение производительности наружного блока (рис. 7). Величину коэффициента K_1 можно определить с помощью графиков (рис. 8).

Вот с этими графиками потери производительности наружных блоков по длине опять много различий у разных производителей VRF-систем.

Первый вариант. Во-первых, компания Mitsubishi Heavy Industries приводит графики для каждого типоразмера внутреннего блока (что логично). Кроме этого, на графике указаны разные линии потерь производительности при выборе разных диаметров главных трубопроводов (что тоже логично, поскольку больший диаметр уменьшает скорость хладагента



•• Рис. 7. Изменение давления в подающем и обратном фреопроводах



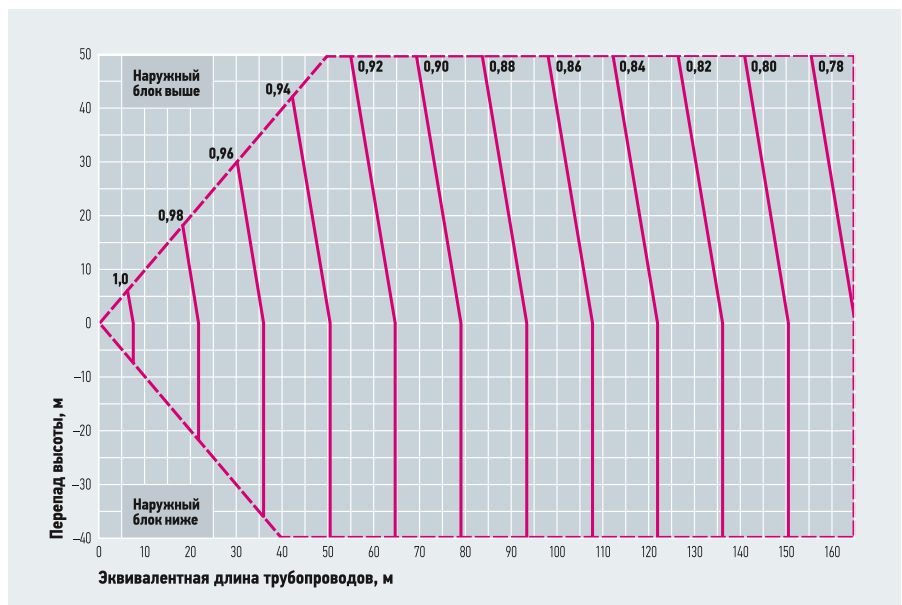
•• Рис. 8. Изменение производительности по холоду в зависимости от длины трубопроводов в системе Mitsubishi Heavy Industries серии KXZ

та, а значит и потери давления). Компания Midea также предлагает увеличенные диаметры трубопроводов на длинных трассах, но низкая скорость хладагента в газовом трубопроводе ухудшает процесс возврата масла в наружных блоках. Поэтому требуется установка маслоподъемных петель.

Второй вариант. Другой вид графика приводит компания Fujitsu General (рис. 9). Во-первых, он является объединённым для вычисления потерь как по длине, так и по высоте. Это, без сомнения, удобно, но мы рассмотрим вопрос вычисления потерь по высоте чуть позже. Во-вторых, отличие от графика МНН заключается в отсутствии выбора диаметра трубопровода. Предлагается только один вариант трубопровода и нет возможности уменьшить потери путём увеличения диаметра газового трубопровода, как на рис. 8.

И, наконец, в-третьих, график один для всех типоразмеров наружных блоков. Это по меньшей мере странно, поскольку не могут быть одинаковые потери для разных типоразмеров наружных блоков. Использование одного графика неизбежно приводит к большой погрешности в вычислении итоговой производительности наружного блока.

Третий вариант графика предоставлен компанией Mitsubishi Electric (рис. 10). На этом графике мы видим новые данные, которые не встречались на предыдущих. Указана величина потерь производительности при меньшей величине загрузки наружного блока. Например, наружный блок PUCY-P200YKA(-BC) при загрузке 200 индексов будет иметь потери 9% на 80 м эквивалентной длины труб. Но если его загрузка будет 150 индексов, то потери составят 0% на той же длине.



•• Рис. 9. Изменение производительности по холоду в зависимости от длины трубопроводов и перепада высот системы Fujitsu General Airstage

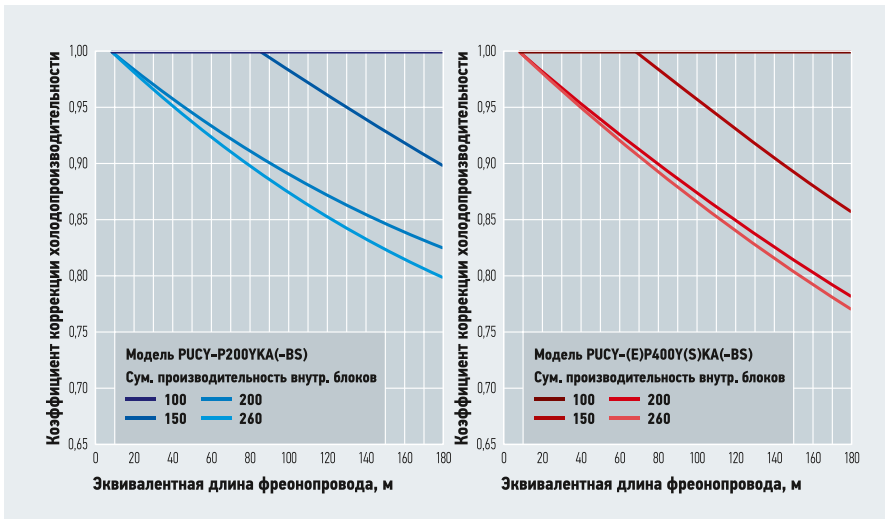


Рис. 10. Изменение производительности по холоду в зависимости от длины трубопроводов системы Mitsubishi Electric City Multi G7

Объяснить этот процесс достаточно просто. Если мы на наружном блоке с индексом 200 теряем 9% производительности, значит у нас остаётся 182 индекса. Следовательно, если мы подключим к этому наружному блоку внутренние блоки с суммой индексов 182 и менее, то наши потери производительности внутренних блоков будут равны нулю.

Вывод: наиболее интересный и информативный график представлен компанией Mitsubishi Heavy Industries (рис. 8). Увеличение диаметра газового трубопровода на длинных трассах позволяет уменьшить потери производительности наружного блока и сэкономить при его выборе.

Коэффициент перепада высот между наружным и внутренними блоками K_h

Интересный нюанс есть при вычислении потерь производительности наружного блока. Дело в том, что особенностью работы гидравлического контура является подача в режиме охлаждения жидкого хладагента к внутренним блокам, а обратно к наружному блоку возврат газообразного фреона.

Рассмотрим ситуацию, когда наружный блок установлен выше внутренних блоков, например, на крыше здания (рис. 11).

Изменения производительности по холоду для системы МНН КХЗ*

табл. 9

Перепад высоты между блоками, м	5	10	20	30	40	50	60	70
Коэффициент	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86

* В зависимости от перепада высот между наружным и внутренними блоками системы.

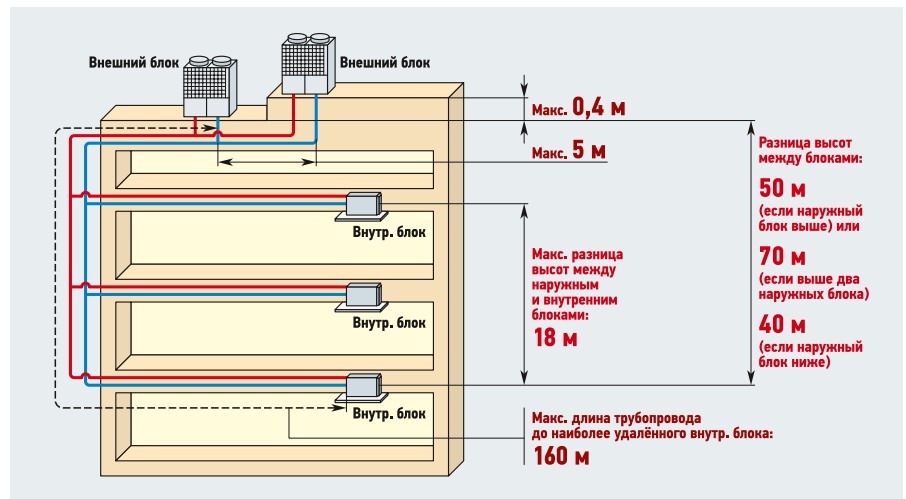


Рис. 11. Ограничения на установку наружных и внутренних блоков VRF

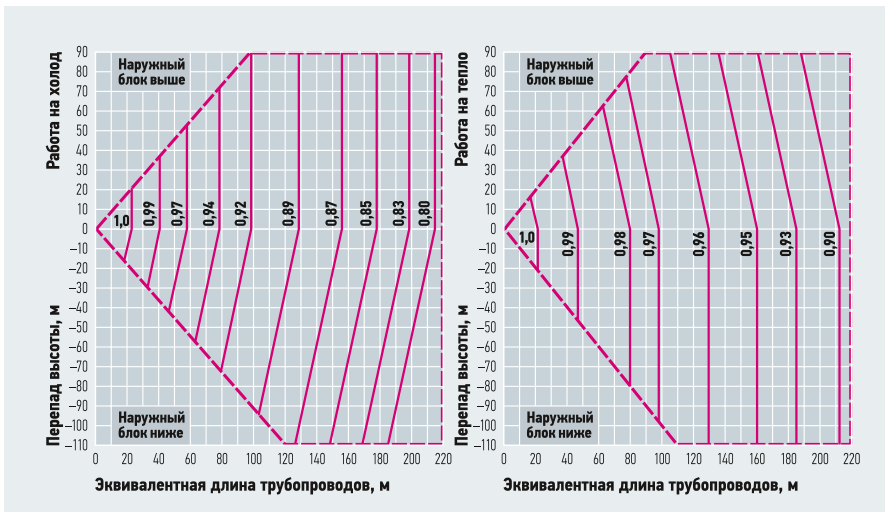


Рис. 12. Расчёт изменений производительности по холоду и теплу системы Midea V5

При работе системы кондиционирования в режиме охлаждения жидкий хладагент поступает от наружного блока к внутренним. Поступает сверху вниз. Жидкость, естественно, тяжелее газа, поэтому гидростатическое давление направлено по движению фреона, уменьшая потери давления по вертикали. Если же наружный блок расположен ниже, то происходит обратный процесс: гидростатическое давление в режиме охлаждения направлено против движения жидкого хладагента, и потери давления в трубопроводе по вертикали увеличиваются.

А теперь посмотрим на реальные данные производителей.

Первый вариант. Компания Mitsubishi Heavy Industries (табл. 9) требует учитывать коэффициент потерь производительности наружного блока только в том

случае, когда наружный блок расположен ниже внутренних (в режиме охлаждения) и выше внутренних (в режиме обогрева). Аналогичную методику предлагает китайская компания Haier.

Компания Midea даёт собственный график для вычисления потерь по высоте (рис. 12). График объединяет как потери по длине, так и по высоте. График практически полностью совпадает с методикой МНН, только изображает её в форме схемы, а не таблиц. Когда наружный блок ниже внутренних, необходимо учитывать в режиме охлаждения потери на перепад высот. Когда наружный блок выше внутренних, этих потерь нет. В режиме обогрева — наоборот.

Второй вариант. И тут мы подошли к самому интересному. Смотрим на рис. 13. Видим аналогичный график потерь производительности наружного блока по высоте. Но наклон графика изображён в обратную сторону! На рис. 13 представлен график для системы Hitachi Set Free, и подобные графики приводят LG, Panasonic, Daikin, Fujitsu General.



Daikin, Fujitsu General), часть — увеличивает потери при расположении наружного блока ниже внутренних (Mitsubishi Heavy, Haier, Midea), а в режиме работы на тепло большая часть производителей вообще пренебрегает потерями по высоте.

С точки зрения физики процессов автор склоняется к правильности подхода Mitsubishi Heavy, Haier, Midea.

Коэффициент снижения производительности на режим оттаивания K_d

Этот коэффициент учитывает влияние обмерзания наружного блока в режиме тепла и снижение его производительности при оттаивании. Большинство производителей дают похожую информацию в виде табл. 10.

•• Коэффициент потерь на режим оттаивания K_d

табл. 10

Температура наружного воздуха, °CWB	-20	-15	-10	-5	0	+5
Коэффициент потерь	0,96	0,96	0,94	0,91	0,86	1,0

Согласно этому графику, при расположении наружного блока выше внутренних в режиме охлаждения его производительность становится меньше. Если наружный блок располагается ниже внутренних, его производительность в режиме охлаждения увеличивается. Но гидростатическое давление столба жидкого хладагента в вертикальном трубопроводе будет направлено против движения хладагента, если наружный блок расположен ниже. Следовательно, производительность наружного блока в этом случае должна уменьшаться.

Что и подтверждается таблицами и графиками на рис. 12.

Вывод: выбор коэффициента потерь по высоте K_d получился самым спорным. Часть производителей увеличивает потери холода при расположении наружного блока выше внутренних (LG, Panasonic,

Что характерно: максимальная величина потерь на оттаивание возникает не при самой низкой температуре наружного воздуха -20°C , а при температуре от $+5$ до -5°C (табл. 10). Это объясняется низкой абсолютной влажностью наружного воздуха при температурах -5°C и ниже, следовательно, меньшим обмерзанием наружного блока.

Весь смысл функционирования систем VRF сводится к обслуживанию помещений с неравномерными в течение дня теплоизбытками. Для одних помещений необходима максимальная производительность внутренних блоков, например, в утренние часы, а для других помещений — в вечерние

3. Уточнение производительности внутренних блоков

Уточнённая производительность внутреннего блока должна определяться по следующей формуле:

$$Q_{in} = \frac{Q_{in,a} Q_{ou,a}}{\sum Q_{in,a}}, \text{ Вт.} \quad (9)$$

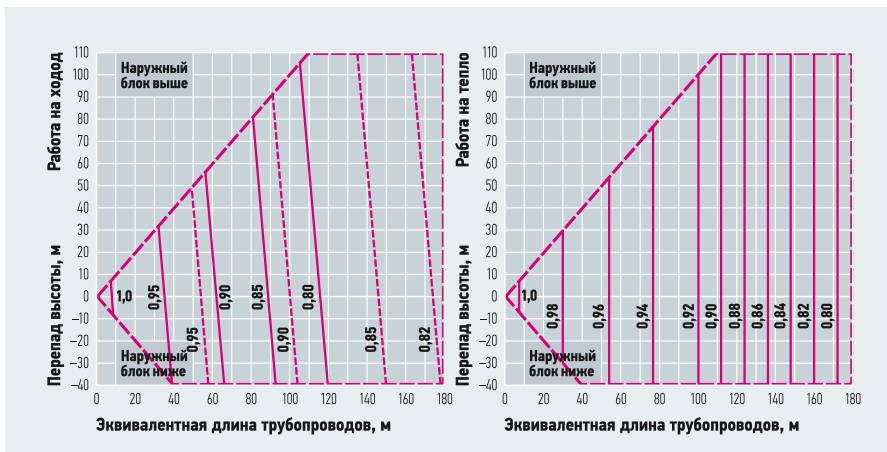
Если получившаяся величина меньше теплоизбытков в помещении, производится увеличение типоразмера внутреннего блока и пересчитывается вся система кондиционирования.

Суть формулы (9) сводится к следующему: фактическая производительность наружного блока делится между всеми внутренними блоками пропорционально их производительности. И вот к этой формуле больше всего вопросов.

Простейший математический анализ формулы (9) показывает: чем больше превышение суммы мощностей внутренних блоков $\sum Q_{in,a}$ над мощностью наружного $Q_{ou,a}$ (практически принятая в начале расчёта 130, 150 или даже 200%), тем меньше получится «уточнённая» производительность внутреннего блока. Зачем в начале расчёта задавать 130% превышение, чтобы потом гарантированно получать снижение производительности внутренних блоков в той же пропорции?

Весь смысл функционирования систем VRF сводится к обслуживанию помещений с неравномерными в течение дня теплоизбытками. Следовательно, для одних помещений необходима максимальная производительность внутренних блоков, например, в утренние часы (ориентация окон на восток), а для других помещений — в вечерние (окна на запад), в пределах одной системы. Тем самым достигается перераспределение мощности наружного блока и его равномерная нагрузка в течение дня. То есть именно неравномерность или многозональность лежит в основе функционирования VRF-систем.

Поэтому коэффициент превышения суммарной мощности внутренних блоков над мощностью наружного необходим и оправдан, так как практически невозможно одновременное функционирование всех внутренних блоков в режиме максимальной мощности. Но недостаток формулы (9) заключается в том, что основное свойство VRF-систем — неравномерность производительности внутренних блоков во времени — не учитывается.



•• Рис. 13. Расчёт изменения производительности по холоду и теплу системы Hitachi Set Free

Подбор внутренних блоков VRF-системы

табл. 11

Название помещения	t, °C	Теплоизбытки, кВт	Модель внутреннего блока VRF	Максимальная мощность, кВт	Тип блока
Офис	23	4,9	AU24L	5,3	Кассетный
Офис	23	4,0	AU18L	4,2	Кассетный
Зал совещаний	26	6,3	AB24L	6,5	Потолочный
Приёмная	24	2,1	AS09L	2,3	Настенный
Кабинет	20	2,8	AS14L	3,0	Настенный
Кабинет	20	2,8	AS14L	3,0	Настенный
$\Sigma Q_{in.a} =$	22,9	$\Sigma Q_{in.max} =$	24,3		

Мощность наружного блока делится равномерно между внутренними блоками, как будто они одновременно функционируют в режиме максимальной загрузки. Это противоречит основному принципу функционирования VRF-систем и рис. 5.

Я покажу абсурдность этой формулы на примере.

Пример. Допустим, у нас есть два одинаковых помещения, расположенных по разным фасадам здания. Каждое помещение требует 7 кВт холода. Только первое помещение требует 7 кВт утром, так как расположено с восточной стороны здания, а во второй половине дня ему необходимо уже 4 кВт, так как солнце уходит на запад. А второе помещение, наоборот, в первой половине дня требует 4 кВт, а во второй половине — 7 кВт. И утром и вечером внутренние блоки требуют от наружного максимум $7 + 4 = 11$ кВт холода. Следовательно, для эффективной работы системы достаточно двух внутренних блоков 71 индекса и одного наружного 112 индекса.

Но, согласно формуле (9), мы должны определить «уточнённую» производительность внутреннего блока:

$$Q_{in} = \frac{Q_{in.a} Q_{ou.a}}{\Sigma Q_{in.a}} = \frac{7,1 \times 11,2}{7,1 + 7,1} = 5,6 \text{ кВт.}$$

Величина 5,6 кВт производительности внутреннего блока недостаточна, поскольку нам необходимо 7 кВт. Согласно рекомендациям производителей, мы должны увеличить типоразмер внутренних блоков и повторить расчёт. Мы увеличиваем внутренние блоки до 90 типоразмера. Пересчитываем:

$$Q_{in} = \frac{Q_{in.a} Q_{ou.a}}{\Sigma Q_{in.a}} = \frac{9,0 \times 11,2}{9,0 + 9,0} = 5,6 \text{ кВт.}$$

Мы опять получили 5,6 кВт. То есть очевидно, что проблема в данном случае не с внутренним блоком, а с недостаточной производительностью наружного блока. При равномерном делении $Q_{ou.a}$ между внутренними блоками её всегда будет не хватать.

Для устранения этой ошибки мы должны использовать коэффициент неодно-

временности теплоизбытков K , который мы определили в табл. 7. Итоговая формула баланса VRF-системы по холоду должна выглядеть так:

$$Q_{ou.a} \geq \frac{\Sigma Q_{in.a}}{K}, \text{ Вт.} \quad (10)$$

Вывод: фактическая мощность наружного блока должна быть больше или равна сумме фактических мощностей внутренних блоков, поделённой на коэффициент неодновременности теплоизбытков объекта кондиционирования.

Рекомендуемая методика расчёта систем VRF

Автором было проведено множество исследований реальных VRF-систем в рамках диссертационной работы, выполненной в Пермском техническом университете [14]. В результате этих исследований была разработана следующая методика расчёта VRF-систем кондиционирования.

1. Подбор типоразмера внутренних блоков

Необходимо подобрать внутренние блоки для кондиционируемых помещений офиса. По величине теплоизбытков в внутренней температуре (табл. 2) подбираем типоразмер внутреннего блока таким образом, чтобы мощность охлаждения при расчётной температуре внутреннего воз-

духа была больше (или равна) максимальных теплоизбытков помещения (табл. 11). Но расчётная температура в различных помещениях может быть не одинаковой:

$$Q_{in.a} = Q_{in.r} K_t, \text{ Вт,} \quad (11)$$

где $Q_{in.a}$ (Actual Capacity Indoor Unit) — фактическая производительность внутреннего блока, Вт; $Q_{in.r}$ (Rated Capacity Indoor Unit) — стандартная производительность внутреннего блока, Вт; K_t — коэффициент коррекции производительности внутреннего блока по температуре.

Мы видим, что фактическая мощность внутренних блоков зависит от расчётной температуры в помещениях. Одинаковые внутренние блоки могут выдавать разную производительность в пределах одной системы и это абсолютно нормально.

Автором данной статьи было проведено множество исследований реальных VRF-систем в рамках его диссертационной работы. В результате этих исследований была разработана методика расчёта VRF-систем кондиционирования

Ещё важный момент, на который нужно обратить внимание. Какую величину производительности внутренних блоков использовать для дальнейшего расчёта: максимальную $\Sigma Q_{in.max}$ или равную теплоизбыткам помещений $\Sigma Q_{in.a}$? Внутренний блок в нашем конкретном помещении, исходя из баланса энергии, может выдать только такое количество холода, которое равно количеству выделяющегося тепла. Следовательно, для дальнейшего расчёта мы используем величину теплоизбытков помещений $\Sigma Q_{in.a}$, равную суммарным теплоизбыткам.



2. Подбор типоразмера наружного блока

Расчёт мощности наружного блока должен производиться исходя из условия обеспечения максимальной холодопроизводительности внутренних блоков:

$$Q_{\text{ou.a}} \geq \frac{\sum Q_{\text{in.a}}}{K}, \text{ Вт.} \quad (12)$$

Для офисных помещений с ориентацией по разным фасадам здания величина коэффициента одновременности K рекомендуется в пределах 110–130%. Выберем среднее значение — 120%. Итого минимальная производительность наружного блока составит $22,9/1,2 = 19,1$ кВт. Именно эту производительность максимально могут «запросить» внутренние блоки от наружного:

$$Q_{\text{ou.a}} = Q_{\text{ou.r}} \cdot K_{t,\text{ou}} \cdot K_l \cdot K_h, \text{ Вт,}$$

где $Q_{\text{ou.a}}$ (Actual Capacity Outdoor Unit) — фактическая производительность наружного блока, Вт; $Q_{\text{ou.r}}$ (Rated Capacity Outdoor Unit) — стандартная производительность наружного блока, Вт; $K_{t,\text{ou}}$ — коэффициент коррекции производительности наружного блока по наружной температуре (рис. 7); K_l — коэффициент коррекции производительности наружного блока по эквивалентной длине трубопроводов (рис. 10); K_h — коэффициент коррекции производительности наружного блока по перепаду высот (рис. 10).

При наружной температуре $+30^\circ\text{C}$ коэффициент $K_{t,\text{ou}}$ составляет 1,04 (рис. 7). При эквивалентной длине трубопроводов 70 м коэффициент K_l составляет 0,91 (рис. 10).

Проверим, подойдёт ли нам наружный блок AJ72L с ближайшей большей производительностью 22,4 кВт:

$$22,4 \times 1,04 \times 0,91 = 21,2 \text{ кВт} > 19,1 \text{ кВт.}$$

Сравнивая с максимально возможным потреблением холода внутренними блоками 19,1 кВт, делаем вывод: да, наруж-



ный блок подойдёт. Запас по мощности наружного блока составит около 11%:

$$(21,2/19,1) \times 100\% = 11,1\%.$$

Ещё одна проверка нам нужна, чтобы понять — а запустится ли наш наружный блок с этим набором внутренних, учитывая, что его максимальный коэффициент загрузки по индексам составляет 150%?

Сумма индексов внутренних блоков:

$$24 + 18 + 24 + 9 + 14 + 14 = 103.$$

Коэффициент загрузки наружного блока по индексам: $103/72 = 1,43 < 150\%$. Коэффициент загрузки наружного блока лежит в допустимом диапазоне 50–150%, следовательно, система при запуске просчитает индексы и запустится нормально.

Выводы

1. Рассмотренная методика, основанная на уравнениях энергетического и материального баланса VRF-систем, применима для расчёта систем кондиционирования

с переменным расходом фреона любых производителей.

2. Расчётная производительность внутреннего блока в VRF-системе зависит только от параметров внутреннего воздуха (температуры и влажности) и не зависит от длины трубопроводов или конфигурации системы.

3. Расчётная производительность наружного блока, напротив, зависит от потерь давления по длине трубопроводов, от перепада высот внутренних и наружного блока и местных сопротивлений.

4. Коэффициент загрузки наружного блока зависит не от типа или модели системы кондиционирования, а от одновременности тепловой нагрузки обслуживаемых помещений.

В качестве заключения хотелось бы отметить, что данная методика была предложена автором ещё в далёком 2004 году и опубликована в журнале СОК [1]. Прошло почти 20 лет, но проблема правильного вычисления фактической производительности внутренних и наружных блоков VRF-систем до сих пор не имеет однозначного решения. Хотя в техническом каталоге VRF-серии Midea V6 [5], представленном в 2018 году, появилась максимально похожая методика расчёта. Автор данной методики рад, если его исследования в чём-то помогли или просто совпали с исследованиями разработчиков VRF-систем Midea. ●

Следует отметить, что проблема правильного вычисления фактической производительности внутренних и наружных блоков VRF-систем до сих пор не имеет однозначного решения



1. Брух С.В. Подбор оборудования и расчёт VRF-систем кондиционирования воздуха General // Журнал СОК, 2004. №7. С. 74–76.
2. Fujitsu General Airstage VR-IV. Design, Technical Manual. 2020.
3. Mitsubishi Heavy Industries KXZ Series Manual.
4. All DC Inverter Midea V5 X Series.
5. Midea V6 Series. Engineering Data Book. 2018.
6. Hitachi Set Free Series. Technical Catalogue. 2018.
7. Mitsubishi Electric System Design G7. 2021.
8. Haier MRV5. Сервисное руководство. 2018.
9. Panasonic MF3. Technical Data. 2018.
10. AUX ARV6. Technical Service Manual. 2017.
11. LG Multi V5. Engineering Product Data Book. 2019.
12. Gree Electric GMV5. Technical Sales Guide. 2014.
13. Samsung DVM S. Technical Data Book. 2016.
14. Брух С.В. VRF-системы кондиционирования воздуха. Особенности проектирования, монтажа, наладки, сервиса. — М.: ООО «Компания БИС», 2017. 360 с.

Анализ Постановления Правительства РФ от 27 мая 2022 года № 963

Рецензия эксперта на статью получена
21.02.2023 [The expert review of the article
was received on February 21, 2023]

Первого сентября 2022 года вступило в силу Постановление Правительства РФ от 27 мая 2022 года № 963 «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации». Данное Постановление внесло изменения в ранее действовавшее Положение, утверждённое Постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 года № 87.

На основании этого документа раздел 10.1 «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащённости зданий, строений и сооружений приборами учёта используемых энергетических ресурсов», имевшийся в Постановлении Правительства РФ № 87, был признан утратившим силу. При этом содержащиеся ранее в этом разделе пункты были распределены по всем остальным разделам проектной документации, и к ним добавлены новые.

В частности, подраздел «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети» раздела 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения» был дополнен следующими пунктами:

о¹) перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности к устрой-



ствам, технологиям и материалам, используемым в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха помещений, тепловых сетях, позволяющих исключить нерациональный расход тепловой энергии, если такие требования предусмотрены в задании на проектирование; о²) сведения о типе и количестве установок, потребляющих тепловую энергию, параметрах и режимах их работы; о³) сведения о показателях энергетической эффективности объекта капитального строительства, в том числе о показателях, характеризующих годовую удельную величину расхода теплоносителей в объекте капитального строительства; о⁴) сведения о нормируемых показателях удельных годовых расходов теплоносителей и максимально допустимых величинах отклонений от таких нормируемых показателей (за исключением зданий, строений, сооружений, на которые требования энергетической эффективности не распространяются);

УДК 697.1. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Анализ Постановления Правительства РФ от 27 мая 2022 года № 963

П. В. Винский, главный специалист отдела ОВиК, ООО «Институт «Мосинж-проект»; **О. Д. Самарин**, к.т.н., доцент, [Московский государственный строительный университет \(НИУ МГСУ\)](#)

Рассмотрены основные положения Постановления Правительства РФ № 963 «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации». Дан анализ представленных разработчиками изменений и дополнений к действующей редакции документа и изложены некоторые замечания и предложения к ним. Отмечено, что основные вопросы к документу возникают в связи с исключением раздела «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащённости зданий, строений и сооружений приборами учёта используемых энергетических ресурсов». Показано, что новый документ в настоящее время является недостаточно доработанным и требует его дальнейшее совершенствование. Также дан анализ последствий применения Постановления Правительства РФ № 914, которым были внесены изменения в Постановление Правительства РФ № 815 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»...» и показано, что данные изменения создают дополнительные сложности в выборе исходных данных и методов проектирования, а также прохождения проектами экспертизы.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, теплозащита, проектная документация, технический регламент.

UDC 697.1. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03).

Analysis of the Decree of the Government of the Russian Federation No. 963 dated May 27, 2022

P.V. Vinskii, main expert of the HVAC Department, "Mosinzhproekt Institute", Ltd.; **O.D. Samarina**, PhD, Associate Professor, [National Research Moscow State University of Civil Engineering \(NRU MGSU\)](#)

The main provisions of the Decree of the Government of the Russian Federation No. 963 "On amendments to the Regulation on the composition of Sections of Project Documentation and requirements for their content and the Recognition as invalid of certain provisions of certain acts of the Government of the Russian Federation" are considered. The analysis of the changes and additions submitted by the developers to the current version of the document is given and some comments and suggestions to them are presented. It is noted that the main issues to the document arise in connection with the exclusion of the section "Measures to ensure compliance with energy efficiency requirements and requirements for equipping buildings, structures and equipment with metering devices for energy resources used". It is shown that the new document is currently insufficiently finalized and its further improvement is required. The analysis of the consequences of the application of the Decree of the Government of the Russian Federation No. 914, which amended Resolution No. 815 "On approval of the list of national standards and Codes of Rules (parts of such standards and codes of rules), as a result of which compliance with the requirements of the Federal Law "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures"... is mandatory, and shows that these changes create additional difficulties in the selection of source data and design methods, as well as the passing of expertise by projects.

Key words: energy efficiency, thermal performance, project documentation, technical regulations, government decree.

о⁵) перечень мероприятий по учёту и контролю расходования используемых теплоносителей;

о⁶) спецификация предполагаемого к применению оборудования, изделий, материалов, позволяющих исключить нерациональный расход теплоносителей, в том числе основные их характеристики;

у) схемы расположения в зданиях, строениях и сооружениях приборов учёта энергетических ресурсов, используемых инженерным оборудованием систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также тепловых сетей.



Однако перечисленные нововведения уже вызвали ряд вопросов у профессионального сообщества [1, 2], в том числе и у авторов настоящей статьи. В частности, по поводу пп. о³, о⁴ и о⁶ хотелось бы отметить, что в российском законодательстве, нормативно-технических документах и иных нормативно-правовых актах Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ (Минстрой России) отсутствуют нормируемые показатели удельных годовых расходов теплоносителей и максимально допустимые величины отклонений от таких нормируемых показателей, а также термин «нерациональный расход теплоносителей». Поэтому в целях получения соответствующих разъяснений было составлено обращение в Минстрой России.

Согласно Положению, утверждённому Постановлением Правительства РФ от 18 ноября 2013 года № 1038, Минстрой России является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции в том числе по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, но обязанности по разъяснению российского законодательства, толкованию понятий, терминов и норм, а также проведению экспертной оценки качества выполненных работ на Минстрой России не возложены. Поэтому

в качестве ответа была перенаправлена позиция по данному вопросу ФАУ «ФЦС». В соответствии с п. 3 приказа Минстроя России от 17 ноября 2017 года № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» (далее — Требования), выполнение требований энергетической эффективности обеспечивается соблюдением удельного годового расхода:

□ энергетических ресурсов на отопление и вентиляцию всех типов зданий, строений и сооружений;

□ электрической энергии на общедомовые нужды и тепловой энергии на горячее водоснабжение многоквартирных домов.

Согласно п. 5 Требований, выполнение требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений при проектировании, строительстве, реконструкции зданий, строений, сооружений обеспечивается путём достижения значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий (Приложение № 1 к Требованиям) или удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию (Приложение № 2 к Требованиям) при соблюдении санитарно-гигиенических требований к помещениям зданий, строений, сооружений.

Также, в соответствии с п. 10.1 раздела 10 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (далее — СП 50), показателем расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, которая рассчитывается по формуле (Г.1) и сравнивается с максимально допустимой по условию (10.1).

В то же время основные технические требования, обеспечивающие достижение показателей, характеризующих выполнение требований энергетической эффективности, отражены в разделе 3 Требований. При этом, по мнению специалистов ФАУ «ФЦС», была допущена неточ-

В соответствии с п. 10.1 раздела 10 СП 50 показателем расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации является удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

ность в формулировке «годовая величина расхода теплоносителя», так как расход теплоносителя в системах отопления на показатели, характеризующие выполнение требований энергетической эффективности, непосредственно не влияет.



Аналогичные проблемы возникли и по другим разделам проектной документации. Так, подраздел «Система электроснабжения» раздела 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения» был дополнен новыми пунктами: ж³) сведения о показателях энергетической эффективности объекта капитального строительства, в том числе о показателях, характеризующих годовую удельную величину расхода электроэнергии в объекте капитального строительства; ж⁴) сведения о нормируемых показателях удельных годовых расходов электроэнергии и максимально допустимых величинах отклонений от таких нормируемых показателей (за исключением зданий, строений, сооружений, на которые требования энергетической эффективности не распространяются);

ж⁵) перечень мероприятий по учёту и контролю расходования используемой электроэнергии;

ж⁶) спецификация предполагаемого к применению оборудования, изделий, материалов, позволяющих исключить нерациональный расход электроэнергии, в том числе основные их характеристики;

ж⁷) требования к установке индивидуальных и общих (квартирных) приборов учёта электрической энергии в многоквартирных домах на границе раздела внутридомовых электрических сетей и внутриквартирных электрических сетей вне жилых помещений и обеспечению защиты от несанкционированного вмешательства в работу приборов учёта (указанные требования применяются в случае строительства, реконструкции или капитального ремонта многоквартирного дома, в котором не исполнено указанное требование, но имеется соответствующая техническая возможность).



Относительно пп. ж³ и ж⁴ можно сказать, что и здесь нормативно-правовыми актами Минстроя России не установлены максимально допустимые величины отклонений от нормируемых показателей удельных годовых расходов электроэнергии. А в связи с тем, что на данный момент в нормативно-технических документах отсутствует методика определения расчётного уровня годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды, то ФАУ «ФЦС» рекомендует за расчётный принимать базовый уровень такого расхода — в соответствии с примечанием к табл. №1 приказа Минстроя России от 6 июня 2016 года №399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

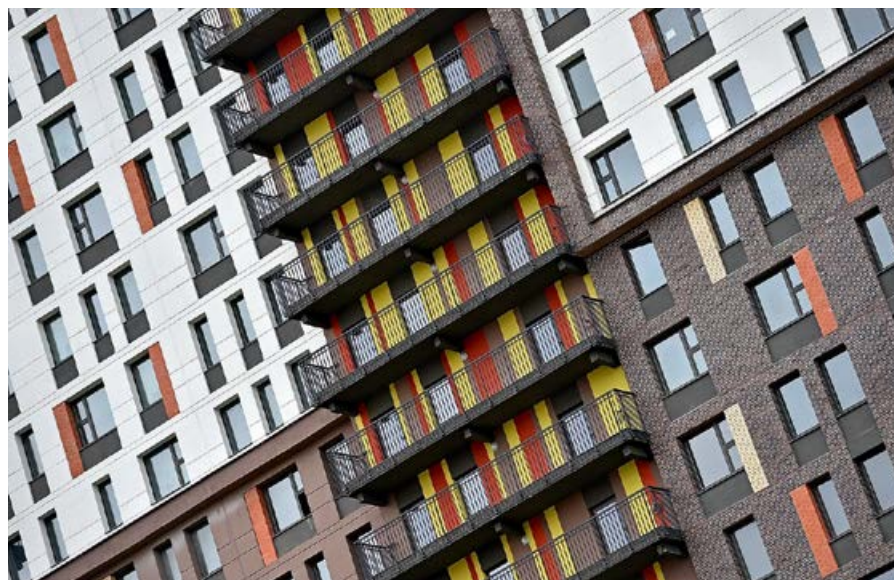
Таким образом, представляется, что действующее на сегодняшний день Постановление Правительства РФ от 27 мая 2022 года №963 является не в полной мере доработанным и содержит в себе ряд неточностей и трудновыполнимые в имеющейся ситуации требования. Поэтому авторы настоящей статьи считают, что необходима его корректировка.

Хочется отметить и тот факт, что одновременно изменения коснулись и Постановления Правительства РФ от 28 мая 2021 года №815 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 года №985». Взамен него с 1 сентября 2022 года вступило в силу Постановление Правительства РФ

от 20 мая 2022 года №914 «О внесении изменений в постановление от 28 мая 2021 года №815», исключившее из данного перечня три национальных стандарта и 61 свод правил [3].

Теперь для обязательного применения в нём содержатся только отдельные разделы (пункты) [ГОСТ 27751–2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения»](#), [СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»](#), [СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»](#), [СП 59.13330.2020 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения»](#) и [СП 131.13330.2020 «Строительная климатология»](#).

На сегодняшний день №963-ПП является не в полной мере доработанным и содержит в себе ряд неточностей и трудновыполнимые требования



При этом, если раньше требования п. 5.1 [СП 50](#) к теплозащитной оболочке здания (поэлементные, санитарно-гигиенические, комплексные) были обязательными, то, в соответствии с Постановлением Правительства РФ №914, [СП 50](#) стал применяться на добровольной основе.

В связи с этим в процессе прохождения экспертизы не исключены замечания к разделу 3 проектной документации «Объёмно-планировочные и архитектурные решения» в отношении обоснования толщины утеплителя в наружных ограждающих конструкциях с учётом теплопроводных включений в соответствии с Постановлением Правительства РФ №963 по следующим пунктам:

б1) обоснование принятых архитектурных решений в части обеспечения соответствия зданий, строений и сооружений установленным требованиям энергетической эффективности (за исключением зданий, строений, сооружений, на которые требования энергетической эффективности не распространяются);

б2) перечень мероприятий по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности к архитектурным решениям, влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений и сооружений (за исключением зданий, строений, сооружений, на которые требования энергетической эффективности не распространяются);

б3) описание и обоснование принятых архитектурных решений, направленных на повышение энергоэффективности объекта капитального строительства;

з) описание и обоснование принятых объёмно-планировочных решений на объекте капитального строительства, обеспечивающих в том числе соблюдение санитарно-эпидемиологических требований.



В данном случае нужно указать, что для конструкций наружных стен с сертифицированной навесной фасадной системой, включающей вентилируемый воздушный зазор, добиться величины приведённого сопротивления теплопередаче на уровне не менее требуемого (нормируемого) достаточно затруднительно из-за больших удельных потерь теплоты от точечных элементов — кронштейнов. Тогда требуется увеличение толщины теплоизоляционного материала, что приведёт к росту сметной стоимости строительства объекта. В принципе, для выполнения поэлементного требования можно воспользоваться п. 5.2 [СП 50](#), используя для снижения базового значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции коэффициент, учитывающий особенности региона строительства (он равен 0,63 для наружных стен), но только при выполнении расчёта удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике Приложения Г [СП 50](#). Следовательно, все расчёты потребуются выполнять в полном объёме [[4](#), [5](#)].

Поэтому можно выделить следующие пути решения возникшей проблемы:

1. Повышение квалификации архитекторов по выполнению вычислений непосредственно в рамках раздела 3. Но в таком случае для расчёта удельной вентиляционной характеристики им потребуются исходные данные — таблица воздухообмена по помещениям здания от инженера по системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
2. Выполнение самостоятельного раздела «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащённости зданий, строений и сооружений приборами учёта используемых энергетических ресурсов» и энергетического паспорта

(при необходимости) с краткой текстовой частью и основными расчётами, предусматривая его разработку заданием на проектирование со стороны технического заказчика или застройщика в соответствии с п. 3 подпункта «н» раздела 13 «Иная документация в случаях, предусмотренных законодательными и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации» ПП РФ №963. Разработку такого тома могут продолжать выполнять квалифицированные специалисты по направлению «энергоэффективность и энергосбережение», как это было до недавнего времени.

Основанием для разработки самостоятельного тома также служит необходимость выполнения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 года

Необходимо последующее доказательство выполнения обязательных требований, приведённых уже в № 384-ФЗ. При этом вполне возможно использовать расчётные методики, содержащиеся в нормативных документах добровольного применения, в том числе и в [СП 50](#)



№ 384-ФЗ (в ред. от 2 июля 2013 года) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и Федерального закона от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ (в ред. от 14 июля 2022 года) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп., вступившими в силу с 1 января 2023 года).

В качестве альтернативного соображения можно также отметить, что в соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ и ранее принятым Федеральным законом от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ (с последующими изменениями) «О техническом регулировании», на основе концепции которого и был создан Федеральный закон № 384-ФЗ, если какой-либо вопрос не регулируется документами, имеющими обязательный статус, то при его разработке допустимо пользоваться любыми опубликованными источниками в данной области, не обязательно нормативного характера, но и справочного или научного. Разумеется, в этом случае необходимо последующее доказательство выполнения обязательных требований, приведённых уже в Федеральном законе № 384-ФЗ. При этом вполне возможно использовать расчётные методики, содержащиеся и в нормативных документах добровольного применения, в том числе и в [СП 50](#), если это необходимо.

Так, можно перечислить обязательные статьи и пункты Федерального закона № 384-ФЗ, относящиеся непосредственно к проектированию тепловой защиты здания и требованиям по энергетической эффективности:

- I. **Статья 1, п. 4** «Обеспечение энергетической эффективности зданий и сооружений».
- II. **Статья 10:** «Требования безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях: здание или сооружение должно быть спроектировано и построено таким образом, чтобы в процессе эксплуатации здания или сооружения обеспечивались безопасные условия для проживания и пребывания человека в зданиях и сооружениях по показателям: микроклимата помещений, регулирования влажности на поверхности и внутри строительных конструкций».
- III. **Статья 13:** «Требования энергетической эффективности зданий и сооружений: здания и сооружения должны быть спроектированы и построены таким образом, чтобы в процессе их эксплуатации обеспечивалось эффективное использование энергетических ресурсов и исключался нерациональный расход таких ресурсов».

IV. Статья 25: «Требования к обеспечению защиты от влаги: 3) недопущение образования конденсата на внутренней поверхности ограждающих строительных конструкций, за исключением светопрозрачных частей окон и витражей».

V. Статья 29: «Требования к микроклимату помещения:

1. В проектной документации здания или сооружения должны быть определены значения характеристик ограждающих конструкций и приняты конструктивные решения, обеспечивающие соответствие расчётных значений следующих теплотехнических характеристик требуемым значениям, установленным исходя из необходимости создания благоприятных санитарно-гигиенических условий в помещениях:

Строительство, реконструкция, капитальный и текущий ремонт здания или сооружения, консервация объекта, строительство которого не завершено, должны осуществляться таким образом, чтобы негативное воздействие на окружающую среду было минимальным

а) сопротивление теплопередаче ограждающих строительных конструкций здания или сооружения;

б) разность температуры на внутренней поверхности ограждающих строительных конструкций и температуры воздуха внутри здания или сооружения во время отопительного периода;

в) теплоустойчивость ограждающих строительных конструкций в тёплый период года и помещений здания или сооружения в холодный период года;

г) сопротивление воздухопроницанию ограждающих строительных конструкций;

д) сопротивление паропрооницанию ограждающих строительных конструкций;

е) теплоусвоение поверхности полов».

VI. Статья 35: «Требования к строительству зданий и сооружений, консервации объекта, строительство которого не завершено: строительство, реконструкция, капитальный и текущий ремонт здания или сооружения, консервация объекта, строительство которого не завершено, должны осуществляться таким образом, чтобы негативное воздействие на окружающую среду было минимальным и не возникла угроза для жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества, жизни и здоровья животных и растений».



Другое дело, что, как уже отмечалось выше, имеющиеся нормативные документы обязательного характера не содержат количественных требований к удельному расходу тепловой и электрической энергии, поэтому в существующей ситуации проверка соответствия обязательным требованиям Федерального закона № 384-ФЗ может сводиться только к выполнению перечисленных условий безопасности жизнедеятельности и комфортности среды обитания (отсутствие зон промерзания и конденсации, соблюдение допустимых перепадов температур и пр.). Разумеется, для этого также необходимо выполне-



ние определённых расчётов, в том числе в определённых случаях даже с использованием компьютерных программ, однако, в принципе, это может снять задачи по достижению тех показателей, которые непосредственно в обязательные не входят либо не установлены численно, в том числе и по приведённому сопротивлению теплопередаче конструкций. А это при некоторых условиях может позволить существенно снизить сметную стоимость строительства за счёт экономии на теплоизоляции, которая представляет собой один из наиболее дорогостоящих элементов достижения необходимой энергоэффективности [6, 7].

Отдельно стоит обратить внимание, что данные изменения могут напрямую затронуть ещё и процесс обучения в вузах по различным профилям подготовки в рамках направления «Строительство», особенно, конечно, по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция». Изменившийся статус [СП 50](#) и других документов, на которые опирается в настоящее время учебный процесс в профильных дисциплинах, например, [СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»](#), по-видимому, должен привести к смещению акцентов в подаче материала в сторону увеличения внимания к альтернативным методикам и источникам исходных данных, а также к приёмам их поиска и работы с ними. Кроме того, очевидно, придётся обучать принципам самостоятельного выбора нужных источников и документов и обоснования принятых проектных решений в отношении подтверждения их соответствия требованиям, оставшимся обязательными. Только в этом случае обучающиеся будут иметь компетенции, требуемые для профессиональной деятельности в современных условиях, и успешно выдерживать конкуренцию в рамках существующего рынка труда. ●

1. Колубков А.Н. Какие чувства остаются после ознакомления с СП РФ №963? // АВОК, 2022. № 7. С. 40–43.
2. Ливчак В.И. Постановление Правительства РФ от 27.05.2022 № 963: комментарий // АВОК, 2022. № 7. С. 38–39.
3. Колубков А.Н. Отмена ПП РФ № 815: чудо или осознанная необходимость? // АВОК, 2022. № 5. С. 10–17.
4. Винский П.В. Анализ Изменения № 1 к СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» // Журнал СОК, 2019. № 11. С. 62–65.
5. Винский П.В. Использование СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» при проектировании общественных зданий // Журнал СОК, 2018. № 2. С. 84–87.
6. Самарин О.Д. Вопросы экономики в обеспечении микроклимата зданий. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во АСВ, 2015. 136 с.
7. Самарин О.Д., Ключко А.К. Системы теплоснабжения, газоснабжения. — М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2020. 60 с.

References — see page 81.

Выбор оптимального теплоизоляционного покрытия трубопроводов сжиженного природного газа

Рецензия эксперта на статью получена 16.01.2023 [The expert review of the article was received on January 16, 2023]

Введение

В настоящее время, в связи с происходящими геополитическими изменениями, осуществляется значительная трансформация производственно-сбытовой инфраструктуры сетевого природного и сжиженного природного газов. По данным из открытых источников, в 2021 году мировой спрос на СПГ составил 383 млн тонн. На сегодняшний день Россия находится на шестом месте в списке стран-производителей СПГ с общим объёмом экспорта 24,9 млрд м³ и имеет более 8% от общего мирового экспорта. Так, за девять месяцев 2022 года производство СПГ в России достигло 24,1 млн тонн, что на 11,9% превышает аналогичные показатели 2021 года.

Вместе с тем замена западных поставщиков оборудования и технологий для производства сжиженного газа, по объективным причинам, в ближайшие один-два года может несколько замедлить развитие российских СПГ-проектов, но в перспективе к 2030 году планируется занять 15–20% мирового рынка, до 65 млн тонн к 2024-му и до 140 млн тонн — к 2035 году [1]. Все эти планы отражены в «Долгосрочной программе развития производства сжиженного природного газа в Российской Федерации», предполагающей расширение использования российских технологий сжижения природного газа и оборудования, развитие средне- и крупнотоннажных производств, создание СПГ-кластеров и газохимических производств [2].

Как показывает анализ СПГ-проектов, затраты на трубопроводную транспортировку СПГ (совместно с добычей) составляют до 15–20% стоимости производственно-сбытовой цепи, поэтому тема повышения эффективности и надёжности транспортировки газа становится особенно актуальной.

Целью работы является анализ конструктивных особенностей и материалов криогенных трубопроводов для транс-

портировки СПГ, применяемых для них теплоизоляционных материалов и их характеристик, напрямую оказывающих влияние на процесс перекачки газа.

Материалы и методы

Определение типа и толщины оптимального слоя тепловой изоляции трубопроводов является одной из часто решаемых задач при технико-экономическом обосновании эффективности принимаемых конструктивных и проектных решений [3]. Как правило, с увеличением толщины тепловой изоляции снижаются тепловые потери трубопровода в окружающую среду, но увеличиваются затраты в его сооружение

Как показывает анализ СПГ-проектов, затраты на трубопроводную транспортировку СПГ (совместно с добычей) составляют до 15–20% стоимости производственно-сбытовой цепи, поэтому тема повышения эффективности и надёжности транспортировки газа становится особенно актуальной

и эксплуатацию. Поскольку температура перекачиваемого сжиженного природного газа намного ниже температуры среды, окружающей трубопровод с изоляцией, к СПГ через них непрерывно подводится тепло, даже несмотря на применение эффективной теплоизоляции.

Актуальной задачей является сведение данных теплопритоков к минимуму [4–6]. Потери СПГ за счёт теплопритоков зависят от различных параметров, линейно возрастающих во времени, в том числе: термодинамические характеристики газа, геометрические характеристики трубопроводных коммуникаций, типа и толщины слоя изоляции трубопровода, температуры окружающей среды.

УДК 621.644.07:679.743.2. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Выбор оптимального теплоизоляционного покрытия трубопроводов сжиженного природного газа

О. Н. Медведева, д.т.н., доцент, профессор; С. Д. Перевалов, аспирант, кафедра «Теплогазоснабжение и нефтегазовое дело», [Саратовский государственный технический университет \(СГТУ\)](#)

В статье представлено обоснование типа и толщины изоляционного материала для снижения потерь сжиженного природного газа (СПГ) при его транспортировке по трубопроводам. По результатам анализа выбраны эффективные изоляционные материалы, определена оптимальная толщина изоляции, обеспечивающая требуемый уровень потерь на испарение газа. Для нахождения оптимальной толщины тепловой изоляции использовался метод вариантных расчётов.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, криогенный трубопровод, тепловая изоляция, оптимальная толщина.

UDC 621.644.07:679.743.2. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03).

Selection of the optimal thermal insulation coating of liquefied natural gas pipelines

O. N. Medvedeva, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor; S. D. Perevalov, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business, [Yuri Gagarin State Technical University of Saratov \(SSTU\)](#)

The article presents the rationale for the type and thickness of the insulating material to reduce the loss of liquefied natural gas (LNG) during its transportation through pipelines. Based on the results of the analysis, effective insulating materials were selected, the optimal thickness of the insulation was determined, providing the required level of losses for gas evaporation. To find the optimal thickness of thermal insulation, the method of variant calculations was used.

Key words: liquefied natural gas, cryogenic pipeline, thermal insulation, optimal thickness.



На сегодняшний день в РФ основополагающим нормативным документом, устанавливающим требования по проектированию тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, является [СП 61.13330.2012 \[7\]](#), в котором представлены уравнения стационарной теплопередачи через многослойные цилиндрические стенки с допущением об одномерности температурного поля в слое тепловой изоляции.

Основные требования, предъявляемые к теплоизоляционным материалам, используемым в криогенной технике [8–11]: низкое значение коэффициента теплопроводности; отсутствие химического взаимодействия с перевозимым СПГ, с элементами и материалами цистерны; малая гигроскопичность и плотность; удобство монтажа; надёжность эксплуатации; прочность на сжатие и др.

Для каждого конкретного случая выбор типа изоляции определяется рядом дополнительных факторов, например, допустимой величиной испарения газа, температурой перевозимого СПГ, размером изоляционной конструкции и сложностью её конфигурации, стоимостью изоляционного материала и др. Кроме того, нецелесообразно использовать эффективную, но дорогую изоляцию.

Конструкция тепловой изоляции для трубопроводов в том числе должна иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционного слоя и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчётного срока службы или обеспечить нормированную плотность потока, в соответствии с требованиями [СП 60.13330.2012 \[7\]](#), и требуемые параметры технологического режима перекачки сжиженного газа.

Теплоизоляционные материалы, используемые в криогенной технике, условно подразделяют на волокнистые, порошкообразные (зернистые) и пористые (ячеистые) [12]. Широкое применение для тепловой защиты криогенных ёмкостей получили экранно-вакуумная и вакуумно-порошковая (волокнистая) термоизоляции, которые имеют низкий коэффициент теплопроводности, как при атмосферном давлении, так и в условиях вакуума. Применение глубокого вакуума как изоляции исключает перенос теплоты за счёт конвекции и теплопроводности газа [12, 13].

Отечественные производители используют для защиты криогенного оборудования перлитно-вакуумную и многослойную экранно-вакуумную изоляцию. Вспененный перлитовый песок — гравий алюмосиликатных вулканических пород, подвергшийся тепловому удару при высокой температуре, — имеет низкую стои-

мость. В качестве его недостатков следует отметить повышенную хрупкость частиц, увеличенный расход материала, снижение газопроницаемости и повышение влажности изоляции в процессе уплотнения. В многослойной экранно-вакуумной изоляции изоляционные слои, чередующиеся с отражающими плёнками, помещаются в вакуумную полость между ёмкостью и наружным кожухом. Используется в основном для защиты криогенных резервуаров и цистерн и имеет сложную технологию создания вакуума в изоляционной полости. К современной невакуумной изоляции относят гидрофобные ма-

териалы, например, вспененный каучук и криогель. Последний имеет низкую теплопроводность, малый вес и не горюч.

Обзор современных изоляционных материалов, используемых в криогенных системах, позволил выбрать для последующего сравнительного расчёта эластомерные вспененные материалы различных производителей (табл. 1 и 2).

На основе существующих методов расчёта теплопритока через слой изоляционного материала и стенку трубопровода был выполнен расчёт необходимой толщины изоляции для достижения требуемого теплового эффекта по заданному объёму потерь от испарения перекачиваемого СПГ в сутки. Анализ современных методик расчёта теплопритока через поверхность корпуса резервуара СПГ позволяет сделать вывод, что все предлагаемые методики основываются на законах теплопроводности Фурье и Ньютона — Рихмана. Тепловой поток через многослойные цилиндрические поверхности на основании закона Фурье определяется уравнением следующего вида:

$$q_i = \frac{2\pi(t_i - t_{i+1})}{\frac{1}{\lambda_i} \ln\left(\frac{d_{i+1}}{d_i}\right)}, \quad (1)$$

где λ_i — коэффициент теплопроводности i -го слоя n -слойной стенки, Вт/(м·К); Δd_i — толщина i -го слоя n -слойной стенки, м; t_i — температура i -го слоя n -слойной стенки, К; d_i — диаметр i -го слоя n -слойной стенки, м.

Основные требования, предъявляемые к теплоизоляции для криогенной техники: низкое значение коэффициента теплопроводности; отсутствие химического взаимодействия; малая гигроскопичность и плотность; удобство монтажа; надёжность; прочность на сжатие и др.

:: Характеристики сравниваемых вариантов тепловой изоляции трубопроводов СПГ табл. 1

Тип покрытия	Основные характеристики
Криогенные системы Armaflex	Многослойная изоляция из эластомерных вспененных материалов, например каучука, выдерживает температуру до -196°C . Снижает риск коррозии под изоляцией, используется в качестве первого слоя в криогенных системах. Выпускается в виде трубной и рулонной изоляции, а также антиабразивной фольги как дополнительного слоя. Коэффициент теплопроводности в зависимости от средней температуры, по данным производителя, определяется по формуле: $\lambda(t_{cp}) = 0,04 + 9 \times 10^{-3} t_{cp} + 1,5 \times 10^{-5} t_{cp}^2 + 1,5 \times 10^{-9} t_{cp}^3$. Сохраняет эластичность при сверхнизких температурах, обеспечивает продольное сжатие и расширение изоляции без использования дополнительных слоёв пароизоляции. Толщина изоляции — 25 мм
Аэрогель Cryogel™Z	Эластичный материал, устойчивый к сжимающим нагрузкам. Представляет холст из стекловолокна, насыщенный частицами аэрогеля (например, диоксида кремния) и покрытый пароизоляционным слоем алюминиевой фольги, дублированной полимерной плёнкой. Аэрогель на 95% состоит из воздуха и равномерно распределяется по слою изоляции. Толщина изоляции — 5 и 10 мм
K-Flex ST	Гибкий полимерный материал на основе вспененного каучука с дополнительным защитным полимерным покрытием In Clad. Температура применения — от -200°C . Толщина от 3 до 50 мм
Aeroflex EPDM	Теплоизоляция из вспененного синтетического этиленпропилендиенового непolarного каучука с встроенными сопряжёнными углеводородами (EPDM) с закрытой ячеистой структурой. Эластичный материал, стоек к воздействию воды и ультрафиолета. Для температур ниже -110°C для предотвращения растрескивания изоляции, появления мостиков холода дополняется антиабразивным фрикционным паро- и газоизоляционным слоем. Выпускается в виде трубок, листов и рулонов. Температура применения — от -185°C

:: Показатели сравниваемых вариантов тепловой изоляции трубопроводов СПГ табл. 2

Тип изоляционного покрытия	Стоимость изоляции, тыс. руб/м³	Кэфф. теплопроводности (при 0°C), Вт/(м·К)
Вспененный синтетический каучук K-Flex ST	74,89	0,036
Трёхкомпонентный диеновый полимер Armaflex LTD	44,97	0,038
Аэрогель Cryogel™Z	184,00	0,013
Вспененный синтетический каучук Aeroflex EPDM	117,39	0,0354

Перенос теплоты между поверхностью стенки и жидкой (газообразной) средой согласно закону Ньютона — Рихмана для наружной (2) и внутренней (3) поверхностей определяется по уравнениям:

$$q_n = \alpha_n(t_n - t_i); \quad (2)$$

$$q_{вн} = \alpha_{вн}(t_{i+1} - t), \quad (3)$$

где $\alpha_{вн}$ и α_n — коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей стенок оболочки цистерны, Вт/(м²·°C); $t_{ж}$ — температура СПГ внутри цистерны, °C; t_n — температура окружающей среды, °C.

Согласно алгоритму, представленному в [7], толщина теплоизоляции трубопровода составит:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[\frac{K(t_b - t_n)}{qL} - R_n^L \right], \quad (4)$$

где t_b и t_n — температуры СПГ внутри изолируемого трубопровода и окружающей среды, соответственно, °C; K — коэффициент дополнительных теплопотерь трубопровода; $\lambda_{из}$ — коэффициент теплопроводности материала изоляции, Вт/(м·°C); R_n^L — линейное термическое сопротивление теплоотдаче цилиндрической стенки изолируемого трубопровода, (м·°C)/Вт.

Учитывая, что процесс является стационарным, принимаем интенсивность теплопритока постоянной. Тогда, согласно [14], определим массу испаряемого СПГ из соотношения:

$$M_{исп} r = q_i \tau F, \quad (5)$$

где r — удельная теплота испарения продукта, Дж/кг; F — площадь внутренней поверхности трубопровода, м²:

$$F = L \pi d_{вн}. \quad (6)$$

Для определения допустимых потерь на испарение необходимо знать массу перекачиваемого по трубопроводу СПГ в единицу времени. В данной статье для примера принимаем допустимые потери СПГ от испарения при перекачке по трубопроводам равными 0,15% от массы перекачиваемого СПГ.

Соответственно, получаем:

$$M_{исп} = \frac{M_{СПГ} 0,15}{100}, \quad (7)$$

где $M_{СПГ}$ — масса перекачиваемого СПГ в единицу времени, кг:

$$M_{СПГ} = 0,25 \pi d_n^2 v, \quad (8)$$

где v — скорость сжиженного газа в трубопроводе, м/с.

По формуле (9) вычисляем значение допустимого теплового потока:

$$qL = \frac{0,0375 \pi d_n^2 v r}{\tau L d_{вн}}. \quad (9)$$

Полученное значение qL используется для вычисления толщины изоляции по формуле (4).

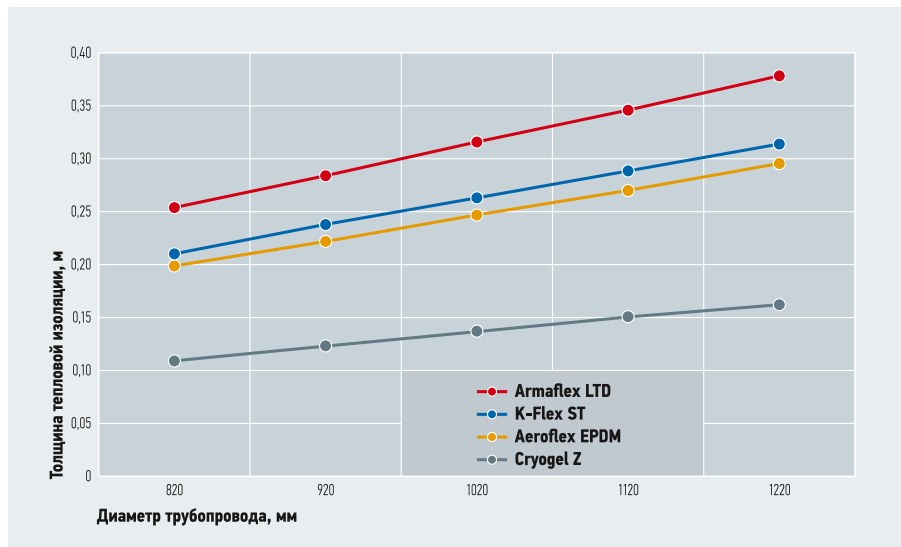


Рис. 1. К определению толщины тепловой изоляции

Стоимость нанесения теплоизоляции на трубопровод определяется по формуле:

$$A = V_{из} C, \quad (10)$$

где C — стоимость 1 м³ изоляции, руб/м³; $V_{из}$ — объём изоляции трубопровода, м³:

$$V_{из} = \frac{\pi (d_{вн} + \delta_{из})^2 - d_n^2}{4} L, \quad (11)$$

где L — протяжённость трубопровода, м.

Для нахождения оптимальной толщины тепловой изоляции использовался метод вариантных расчётов, согласно которому минимальным затратам соответствует оптимальная толщина изоляции.

Примем минимальную погрешность определения расчётных затрат $\Delta Z = \pm 3\%$. Наличие погрешности ΔZ обуславливает зону наличия экономической неопределённости функции затрат, в пределах которой значения управляющего параметра будут равноэкономичными.

Исходные данные и результаты расчётов по сравниваемым вариантам тепловой изоляции представлены в табл. 3 и 4.

На основе данных табл. 3 выполнен расчёт необходимой толщины теплоизоляции различных брендов, результаты которого показаны на рис. 1.

Исходные данные для расчёта

табл. 3

Диаметр трубопровода, мм	820	920	1020	1120	1220
Толщина стенки трубы, мм	12	12	12	12	12
Расстояние между насосными станциями, км	110	110	110	110	110
Производительность трубопровода по СПГ, тыс. м ³ /сут.	279 224,76	313 782,27	348 339,79	382 897,3	382 897,31
Плотность СПГ, кг/м ³	500	500	500	500	500
Температура окружающего воздуха, К	273	273	273	273	273
Рабочая температура СПГ, К	163	163	163	163	163
Удельная теплота испарения СПГ, кДж/кг	515	515	515	515	515
Продолжительность времени подачи СПГ, ч	24	24	24	24	24
Коэффициент дополнительных теплопотерь трубопровода	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Значение коэффициента теплоотдачи изоляции, Вт/(м ² ·°C)	26	26	26	26	26
Скорость СПГ в трубопроводе, м/с	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

Результаты расчёта

табл. 4

Диаметр трубопровода, мм	820	920	1020	1120	1220
Площадь внутренней поверхности трубы, м ²	279 224,755	313 782,274	348 339,793	382 897,313	417 454,832
Допустимые потери на испарение, кг/сут.	410 651,9014	516 918,1579	635 398,9266	766 094,208	909 004,07
Тепловой поток к трубопроводу, Вт/м	31,56	35,35	39,14	42,93	46,72

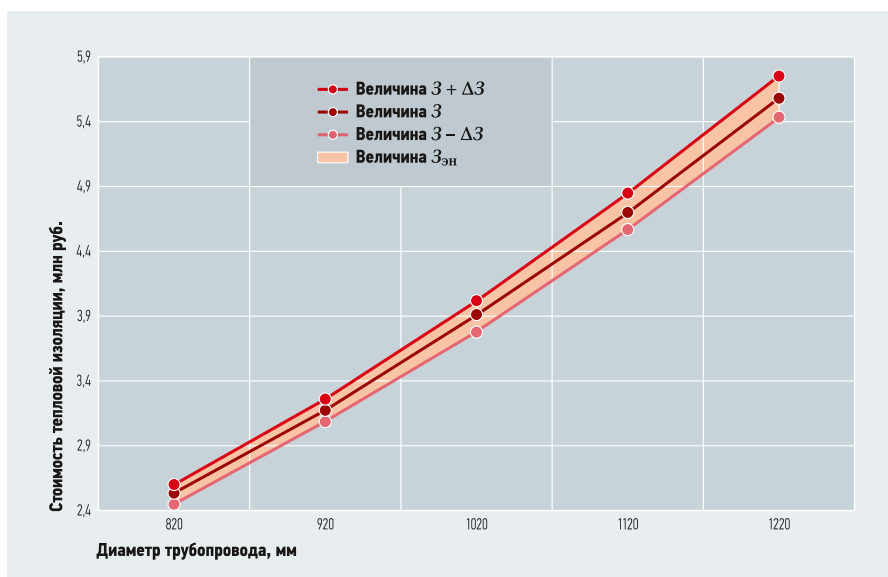


Рис. 2. Зона экономической неопределённости теплоизоляции K-Flex ST

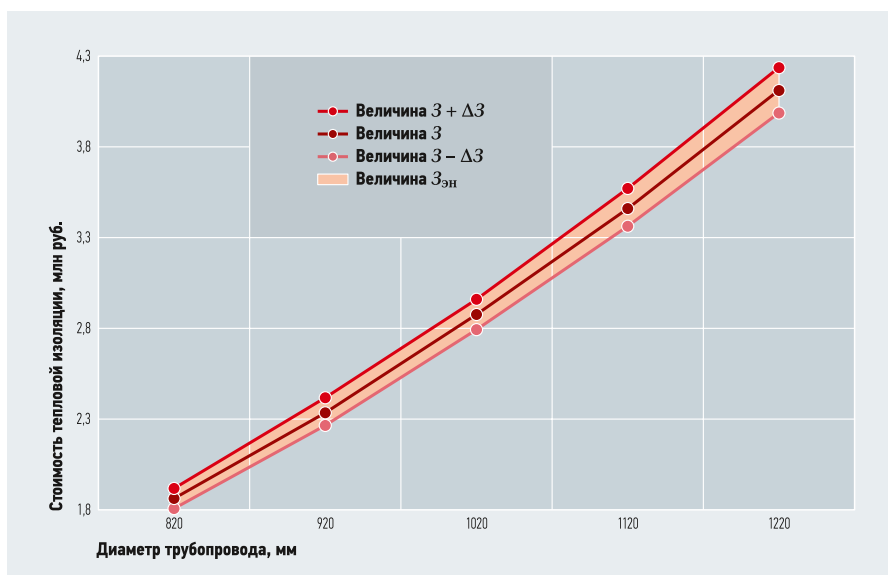


Рис. 3. Зона экономической неопределённости теплоизоляции Armaflex LTD

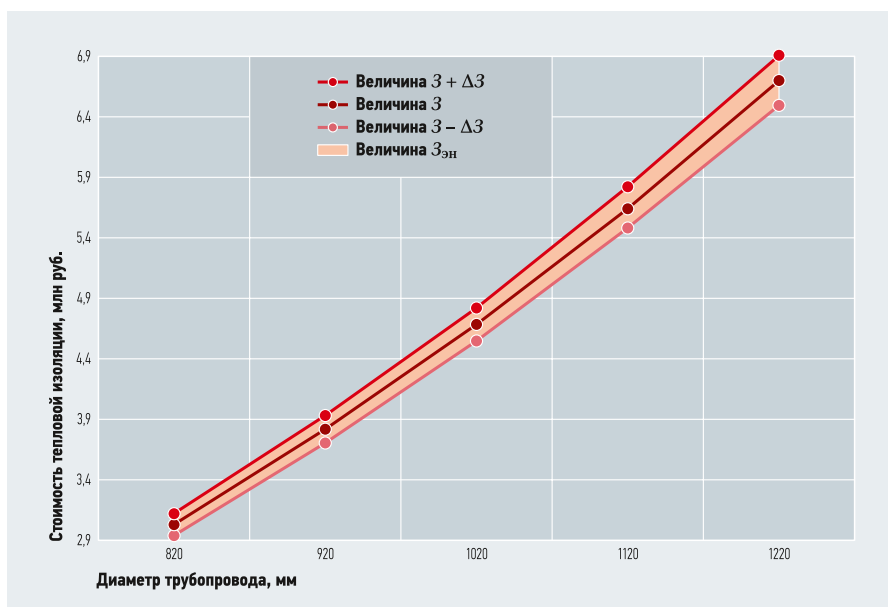


Рис. 4. Зона экономической неопределённости теплоизоляции Cryogel™Z

Графики зависимости зоны экономической неопределённости от диаметра трубопровода для каждого из сравниваемых утеплителей представлены на рис. 2–4.

Заключение

По результатам анализа методов расчёта теплопритока через изоляционные покрытия и стенку криогенного трубопровода выполнен расчёт необходимых толщин изоляционных материалов для достижения требуемого теплового эффекта с учётом заданного объёма потерь от испарения СПГ в сутки. Выбрано оптимальное изоляционное покрытие, удовлетворяющее допустимым потерям от испарения сжиженного природного газа, — это вспененный каучук Armaflex LTD.

Данное исследование выполнено в рамках гранта на получение стипендии Президента РФ для молодых учёных и аспирантов, осуществляющих перспективные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации экономики нашей страны (СП-4481.2021.1).

1. Анохин К. Российскому сжиженному природному газу прописали рост [Электр. текст]. «Коммерсант» от 17.06.2022. Web-source: kommersant.ru. Дата обрац.: 01.11.2022.
2. Долгосрочная программа развития производства сжиженного природного газа в Российской Федерации / Утв. распоряжением Правительства РФ от 16.03.2021 №640-р.
3. Курицын Б.Н., Медведева О.Н. Техничко-экономическая оптимизация систем теплоснабжения. — Саратов: СГТУ, 2011. 60 с.
4. Абдурашитов С.А., Тупиченков А.А. Трубопроводы для сжиженных газов. — М.: Недра, 1965. 215 с.
5. ГОСТ Р 58029-2017 / EN 14620-4:2006. Проектирование и производство на месте вертикальных цилиндрических стальных ёмкостей с плоским дном для хранения охлаждённых сжиженных газов с рабочей температурой от 0 °С до -165 °С. Ч. 4: Изоляционные компоненты / Дата ввел.: 01.01.2020.
6. Усачёв А.П., Шурайц А.Л., Рулев А.В. Системные исследования комплексной защиты резервуаров и трубопроводов сжиженного углеводородного газа: монография. — Саратов: СГТУ, 2009. 212 с.
7. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализ. ред. СНиП 41-03-2003 / Дата ввел.: 01.01.2013.
8. Каганер М.Г. Тепловая изоляция в технике низких температур. — М.: Машиностроение, 1966. 276 с.
9. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. — М.: Экономика и информатика, 2000. 552 с.
10. Пирогов С.Ю., Акулов Л.А., Ведерников М.В., Кириллов Н.Г. Природный газ. Метан: справочник. — СПб.: НПО «Профессионал», 2006. 847 с.
11. Полунин В.Л. Пенополимеры в низкотемпературной изоляции. — М.: Энергоатомиздат, 1991. 192 с.
12. Баранов А.Ю., Соколова Е.В. Хранение и транспортировка криогенных жидкостей. — СПб.: Университет ИТМО, 2017. 95 с.
13. Medvedeva O.N., Perevalov S.D. Selection of effective thermal insulation materials for a liquefied natural gas tanks. International Conference on Automatics and Energy (ICAЕ 2021). October 7–8, 2021. Vladivostok, Russia. Journal of Physics: Conference Series. Vol. 2096.
14. Р 585–85. Рекомендации по проектированию газопроводов, транспортирующих охлаждённый газ. — М.: ВНИИСТ, 1985. 100 с.

References — see page 81.



О возможности развития геотермальной энергетики Республики Бурятия

Работа выполнена в рамках государственного задания [БИП СО РАН](#) №122021800169-0 [This article was prepared with the support of the state assignment of [Baikal Institute of Nature Management](#) of the [Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences](#) No. 122021800169-0].

Рецензия эксперта на статью получена 22.02.2023 [The expert review of the article was received on February 22, 2023]

Геотермальная энергия представляет собой природный тепловой поток, поступающий из недр Земли. Геотермальные ресурсы делятся на четыре группы:

- традиционные гидротермальные (подземные запасы горячей воды и пара);
- нетрадиционные гидротермальные (подземные запасы горячей воды и пара под аномально высоким давлением, залегающие на большой глубине);
- петротермальные (теплота, аккумулированная сухими горными породами);
- тепловая энергия магмы [1].

В настоящий момент известно о больших запасах на территории Бурятии группы традиционных геотермальных ресурсов, и в то же время весьма мало информации о запасах нетрадиционных геотермальных ресурсов. В этой работе сделан упор на термальные воды как наиболее распространённый вид гидротермальных ресурсов. Наличие термальных вод подразумевает выход на поверхность подогретой воды с температурой выше +20 °С. Термальные воды имеют два типа происхождения: пластовые и трещинно-жильные. Также они различаются по температурному режиму, степени минерализации, химическому составу, признаку «кислотность — щёлочность» и по газовому составу. Термальные минеральные источники подразделяются на тёплые (+20...+35 °С), низкотемпературные (+36...+55 °С), сред-

нетемпературные (+56...+75 °С) и высокотемпературные термы (+76...+100 °С) и вскипающие воды (свыше 100 °С) [2–4].

Термальные воды служат объектом добычи и переработки в целях дальнейшего использования для выработки электроэнергии, отопления и горячего водоснабжения, извлечения химических элементов (промышленные воды) и бальнеологии (термоминеральные воды) [5]. Ресурсный потенциал геотермальной энергии считается столь же неисчерпаемым, как и солнечной, ветровой и термоядерной [6].

В настоящий момент известно о больших запасах на территории Бурятии группы традиционных геотермальных ресурсов, и в то же время весьма мало информации о запасах нетрадиционных геотермальных ресурсов

У геотермальной энергии есть ряд преимуществ:

- экологическая безопасность;
- отсутствуют выбросы парниковых и других газов;
- возобновляемость и потенциальная неисчерпаемость;
- независимость от поставок углеводородного топлива.

УДК 620.9. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03); 25.00.24.

О возможности развития геотермальной энергетики Республики Бурятия

А. Г. Бадмаев, к.г.н., научный сотрудник, [Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук \(БИП СО РАН\)](#), г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

В последние годы в Республике Бурятия всё сильнее встаёт вопрос ухудшения качества воздуха, особенно в зимнее время, а также вопрос дороговизны топлива. Наряду с этим, для отопления своих домов население продолжает использовать дрова, нанося таким образом существенный урон лесной экосистеме. Работа призвана заложить основы для создания геотермальной энергетики — возобновляемой, экологически безопасной и относительно недорогой. Создание данного вида «зелёной» энергии соответствует Целям устойчивого развития ООН.

Ключевые слова: геотермальная энергетика; геотермальные ресурсы; термальные воды; энергетика Бурятии.

UDC 620.9. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03); 25.00.24.

On the possibility of geothermal energy developing in the Republic of Buryatia

A. G. Badmaev, PhD in Geography, Research Officer, [Baikal Institute of Nature Management](#) of the [Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences](#) (Ulan-Ude city, Republic of Buryatia, Russia Federation)

In recent years, in the Republic of Buryatia, the issue of deterioration of air quality, especially in winter, as well as the issue of the high cost of fuel, has been increasingly raised. Along with this, the population continues to use firewood to heat their homes, thus causing significant damage to the forest ecosystem. The work is intended to lay the foundations for the creation of geothermal energy — renewable, environmentally friendly and relatively inexpensive. The creation of this type of green energy corresponds to the UN Sustainable Development Goals.

Key words: geothermal energy, geothermal resources, thermal water, energy sector of Buryatia.

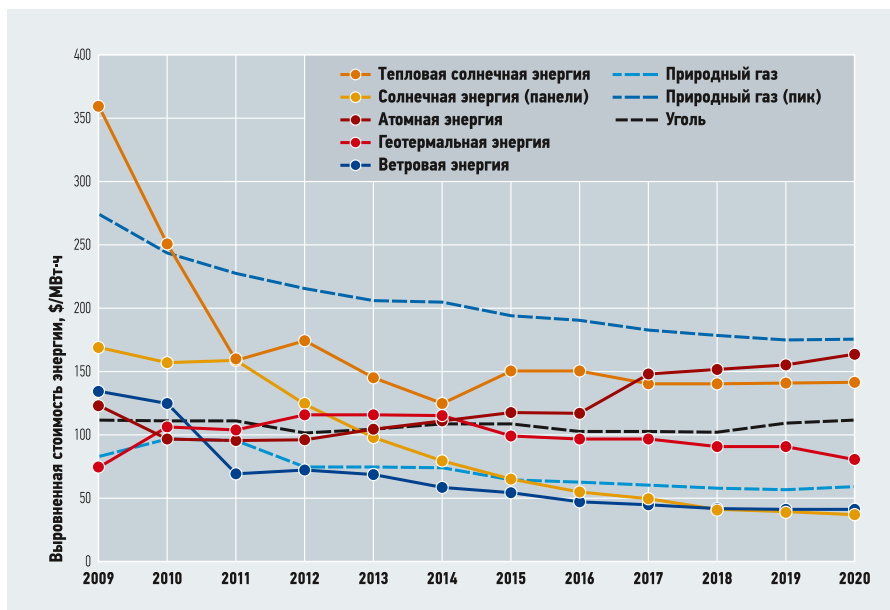


Рис. 1. Динамика стоимости энергии, произведённой на электростанциях разных типов

Геотермальная энергетика в мире

По состоянию на 2020 год общая мощность геотермальных электростанций (ГеотЭС) в мире составляет 14,05 ГВт. Лидерами являются США — 2587 МВт, Индонезия — 2131 МВт, Филиппины — 1928 МВт, Турция — 1613 МВт и Новая Зеландия — 984 МВт. Почти все страны, имеющие ГеотЭС, за исключением европейских, располагаются на Тихоокеанском вулканическом огненном кольце. Под данным IRENA, Россия занимает лишь 14 место со скромными 74 МВт [7], по российским данным — 81,4 МВт. Одной из самых передовых стран, стремительно развивающих данный вид энергетики, является Турция, которая увеличила мощность своих ГеотЭС со 114 МВт в 2011 году до 1613 МВт в 2020-м (в 14 раз за девять лет).

Стоимость электричества, произведённого на ГеотЭС, с каждым годом снижается (рис. 1) и стремится к другим возоб-

новляемым видам энергетики (ветровой и солнечной), тогда как цена электричества, произведённого на ядерных и тепловых электростанциях, растёт.

Геотермальная энергетика в России

Потенциал развития геотермальной энергетики на одном лишь Камчатском полуострове оценивается до 1,1 ГВт, а общий потенциал всей российской геотермальной энергетики — в 3,9 ГВт. В целом энергия геотермальных ресурсов России в десять раз превышает запасы энергии органического топлива.

Геотермальная энергетика является областью исследования различных наук: технических, геолого-минералогических, физико-математических, экономических, географических и прочих. Ведущими научными институтами РФ, изучающими проблемы развития геотермальной энергетики и теплоснабжения, являются Объединённый институт высоких температур

(ОИВТ) РАН (Москва), Институт проблем геотермии ДНЦ РАН (город Махачкала) и другие.

На сегодняшний день в России работают четыре ГеотЭС: Мутновская (2002 год) мощностью 50 МВт; Верхне-Мутновская (1999) — 12 МВт; Паужетская (1967 год) — 12 МВт (все три — на Камчатском полуострове) и Менделеевская — 7,4 МВт (остров Кунашир).

В 2007 году на острове Итуруп была введена в строй Океанская ГеотЭС мощностью 2,5 МВт, однако из-за аварии в 2013 году она работала не на полную мощность. Станцию неоднократно пытались восстановить, но из-за неремонтопригодности её законсервировали в 2015-м. В 2021 году правительство Сахалинской области объявило о строительстве на прежнем месте новой электростанции «Океанская-2» мощностью 5 МВт с возможностью дальнейшего увеличения до 15 МВт. Стоимость проекта — 2 млрд руб. [8].



Фото: «Улан-Удэ-Тур», sh-tour.ru

Воды термального источника Сухая (Загза) на побережье озера Байкал (Кабанский район, Республика Бурятия) относятся к термальным водам гидрокарбонатного типа. По газовому составу это метановые воды с небольшим содержанием азота (сероводород не более 1 мг/л). Воды извлекаются из скважин глубиной 700–900 м.

На геотермической карте РФ (рис. 2) представлены четыре провинции с наибольшими температурами термальных вод. Первая провинция — это полуостров Камчатка и Курильские острова, вторая — Байкальский регион (от Тункинской долины до севера Бурятии), третья — Северный Кавказ и четвертая — Западная Сибирь. Если на Камчатке, Курилах и Северном Кавказе уже существует геотермальная инфраструктура для энерго- и теплоснабжения, то в Бурятии термальными водами в хозяйственных целях не пользуются, источники эксплуатируются лишь в рекреации и бальнеологии. Это при том, что потенциал для развития геотермальной инфраструктуры в Бурятии достаточно велик.

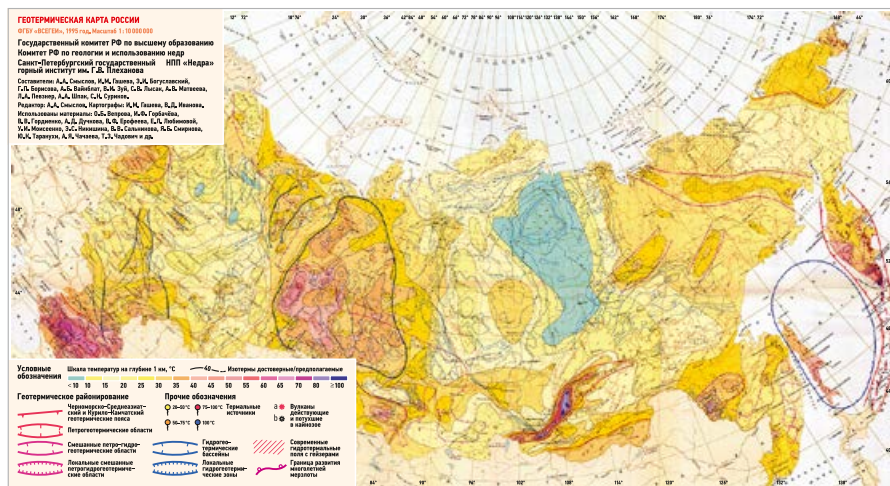


Рис. 2. Геотермическая карта России [4]

Источник: ФГБУ «ВСЕГЕИ», 1995.

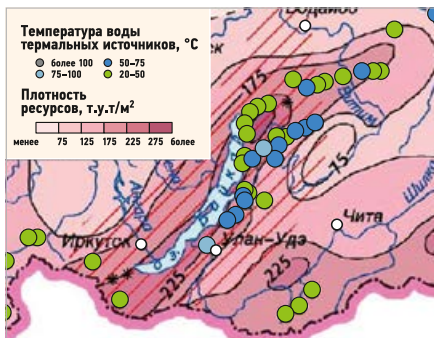


Рис. 3. Геотермальные ресурсы Байкальского региона [4]

Геотермальные ресурсы в Республике Бурятия

В середине XX века геологи производили буровые работы для поиска нефти по всей территории Байкальской рифтовой зоны, но нефти не нашли. Зато был найден целый ряд термальных источников. В Бурятии геотермальные ресурсы имеют большой экономический и туристический потенциал. Учитывая их потенциальную энергию, способную как минимум обеспечить теплом и электричеством население Тункинско, Кабанского, Прибайкальского, Баргузинского, Курумканского, Северо-Байкальского, Муйского, Баунтовского районов и города Северо-байкальск, эти геотермальные ресурсы представляются «байкальской нефтью».

Проблема дальнейшего развития геотермальной энергетики в Бурятии (как и России в целом) состоит в том, что государственная политика в этой области отсутствует. Нормативные документы устарели, а новые технологии имеют ограниченное применение.

Например, в «Стратегии социально-экономического развития Бурятии до 2035 года» [9] использование термальных вод упоминается лишь в контексте развития туризма; в Законе Республики Бурятия №1346-III [10] нет ни одного упоминания о термальных водах; также Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) приводит отчет, что на 1 января 2020 года на государственном балансе Республики Бурятия состоит одно месторождение теплоэнергетических подземных вод категории С1. В 2019 году было добыто и использовано 0,14 тыс. м³/сут. термальных (теплоэнергетических) подземных вод [11]. Добыча парогидротерм для теплоснабжения и выработки электроэнергии не ведётся.

Следующий шаг к развитию системы геотермальной энергетики состоит в разведке наиболее крупных и высокотемпературных геотермальных полей. Ключами к их поиску являются природные термальные источники (рис. 3).

Термальные источники Бурятии

В десяти районах Республики Бурятия нами насчитано 67 участков с термальными источниками разной температуры (от +20 до +81 °С). В Северо-Байкальском районе насчитывается 19 источников, в Баргузинском — 12 [12], в Курумканском — восемь, в Муйском — семь, в Баунтовском — шесть, в Окинском и Прибайкальском — по четыре, в Тункинском и Кабанском — по три, в Закаменском — один (табл. 1 и рис. 4). Из них тёплых вод (+20...+35 °С) — 17, низкотемпературных терм (+36...+55 °С) — 36, среднетемпературных терм (+56...+75 °С) — 12 и высокотемпературных терм (+76...+100 °С) — две. Вскипающих вод на территории Бурятии не зафиксировано.

Список термальных источников и скважин Бурятии*

табл. 1

Источник или скважина	Максимальная температура*, °С	Район	Источник или скважина	Максимальная температура*, °С	Район
Алга	23,5 (с)	Баргузинский [12]	Сарта	30–46 (и)	Муйский
Болотный	40,4 (и)		Толмачевский	39–41 (и)	
Быстринский	26,5–44 (и)		Турикан	20 (и)	Окинский
Гусиха	43,4–52,3 (и)		Даргал	23–35,2 (и)	
Змеиный	35–53 (и)		Халун-Уган	27–29 (и)	
Ина	20,5 (и)		Хойто-Гол	28–34 (и)	
Кулиные болота	36–59 (и)		Шумак	28,5 (и), 37 (и-98)	Прибайкальский
Курбулик	20 (и-2)		Горячинск	51,5 (и)	
Нечаевский	38,5 (и)		Золотой ключ	35–52 (и)	
Толстиха	10–30,5 (и), 42–43 (с)		Ильинка (Питателевская)	68,5 (с-58)	
Уро	25–69,1 (и)		Холун-Ука	27 (и)	Северо-Байкальский
Черемшанский	50 (и)		Асинда	40–50 (и)	
Амнунда	62 (и)	Большереченский (р. Большая)	50–74,5 (и)		
Баунт	46,2–52 (и)	Верхняя Ангара	30–32 (и)		
Бусани	32,2–55,2 (и)	Верхняя Ангара-2	59 (и)	Тункинский	
Могой (Францевский, Уакит, Ципа)	37,8–83,7 (и)	Верхняя Заимка	18–27,5 (и)		
Точа	38–56,1 (и)	Горячий ключ (р. Горячая)	70 (и)		
Шуринда	57–70,6 (и)	Годжекит (Солнечный)	43–52 (с)		
Ёнгорбой	28–41 (и)	Давша	39,5–43 (и)	Тункинский	
Загза (Сухая)	27,5 (с-1), 35–52,6 (с-2)	Делюн-Уран	35 (и)		
Исток	45 (с-3), 50 (с-4), 65 (с-5)	Дзелинда	44,5 (и), 52–53,5 (с)		
Творогово	35,7 (с)	Езовские	23–29 (и)		
Алла	57–72 (и)	Иркана	32,7–37,7 (и), (с)	Тункинский	
Гарга	54,7–75 (и)	Кирон	39,5 (и)		
Сея	32–49,7 (и)	Корикей	43 (и)		
Кучегэр	40–54 (и)	Котельниковский	62–81 (и)		
Мегдылкон	40 (и)	Согзен	25–30 (и)	Тункинский	
Могойто	29 (с)	Фролиха	35–36 (и)		
Улюнхан	22–30 (и)	Хакусы	42–47 (и)		
Умхэй	20–50 (и)	Чуро	20–35 (и)		
Ангаракан-Сарты	38–45 (и)	Аршан	42 (с-37)	Тункинский	
Муя	35–41,5 (и)	Тункинская (Жемчуг)	51,5 (с-1-г), 40 (с-1-р)		
Муякан	35–45 (и), 21,5 (с-112)	Нилова Пустынь	43,5 (с-2)		
Парама	30–50 (и)				

* Указан номер естественного источника (и) или скважины (с).

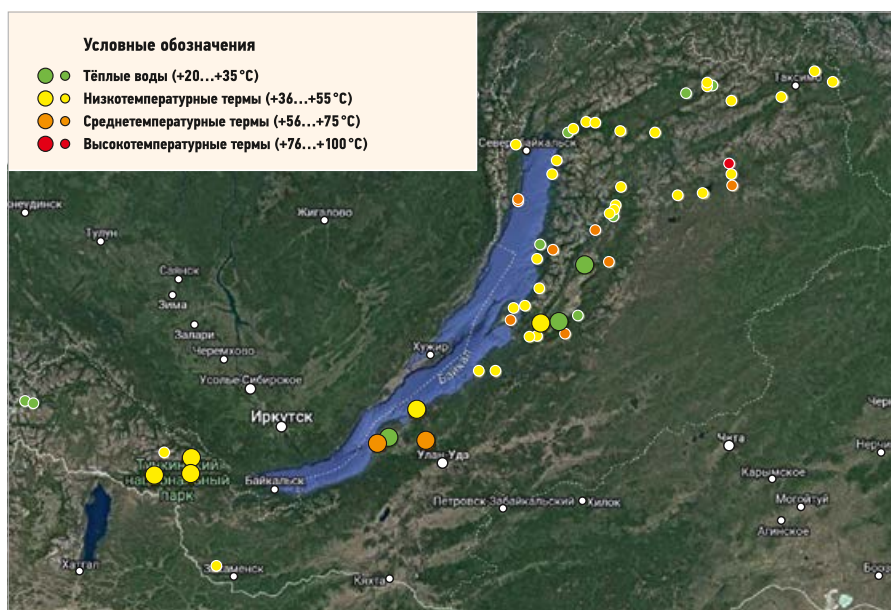


Рис. 4. Геотермальные поля Республики Бурятия (составлено автором)

Предложение

Предлагается разработать научную основу для исследования наиболее рентабельных территорий, на которых возможно создание геотермальной инфраструктуры. Для проведения исследовательской работы нужна грантовая поддержка научных фондов. Также необходимо создание правовой (законы), финансовой, налоговой, технической и организационной (управляющая структура) базы со стороны государства.

Необходимо провести экономические расчёты по определению тепловой мощности скважин в зависимости от глубины, температуры и дебита, стоимости

бурения скважин, а также удельных капитальных вложений. Кроме того, нужно соотнести мощности скважин с близостью к населённым пунктам и их людностью для определения рентабельности эксплуатации скважин.

Наконец, необходимо изыскать средства для запуска пилотного проекта, который позволит не в теории, а на практике извлечь уроки, оценить потенциал ресурсов и рассчитать рентабельность развития геотермальной энергетики Республики Бурятия.

На текущий момент существует множество технологий теплоснабжения, использующих возобновляемые источники

энергии. По нашему мнению, энергии геотермальных вод достаточно, чтобы частично (а местами и полностью) обеспечить теплом население районов, находящихся в Байкальской рифтовой зоне. Геотермальная энергетика должна значительно сократить расходы на углеводородное отопление, а, возможно, и полностью заменить отопление углём и дровами.

Для проведения исследовательских работ в области геотермальной энергетики прежде всего нужна грантовая поддержка научных фондов. Также необходимо создание правовой, финансовой, налоговой, технической и организационной базы со стороны государства

Создание и развитие геотермальной инфраструктуры Республики Бурятия должно стать одним из её решающих вкладов в сокращение выбросов парниковых газов. Вопрос лишь в том, сможет ли руководство Бурятии правильно оценить и начать пользоваться своими энергетическими богатствами. ●

1. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагеров, В.В. Посекалин [и др.]; под ред. Н.И. Воропай. — Новосибирск: Наука, 2004. 386 с.
2. Третьякова Т.Н., Юферева Е.А. География термальных источников Республики Бурятия. — Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2020. С. 140–146.
3. Карта геотермальных ресурсов России [Электр. текст]. СПбГУ. Режим доступа: geographyofrussia.com. Дата обрац.: 16.12.2021.
4. Смыслов А.А. Геотермическая карта России [Электр. текст]. ВСЕГЕИ. Режим доступа: neotec.ginras.ru. Дата обрац.: 05.04.2022.
5. Ершов Г.Е. Термальные воды [Электр. текст]. Вода России: научно-популярная энциклопедия. Режим доступа: water-rg.ru. Дата обрац.: 02.12.2021.
6. Геотермальные ресурсы России [Электр. текст]. СПбГУ. Режим доступа: geographyofrussia.com. Дата обрац.: 09.12.2021.
7. Renewable Capacity Statistics 2020. IRENA. Abu Dhabi, UAE. 2021. 66 p.
8. Геотермальную электростанцию за два миллиарда рублей построят на Южных Курилах [Электр. текст]. «Интерфакс» от 24.04.2021. Режим доступа: interfax.ru. Дата обрац.: 02.12.2021.
9. Стратегия социально-экономического развития Республики Бурятия на период до 2035 года / Утв. Законом Республики Бурятия от 18.03.2019 №360-VI.
10. О порядке пользования недрами на участках недр местного значения в Республике Бурятия: Закон Республики Бурятия от 29.11.2005 №1346-III.
11. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории ДФО за 2019 год / Под ред. С.А. Козлова. — Хабаровск: ДРЦ ГМСН (филиал ФГБУ «Гидро-спецгеология»), 2020. 407 с.
12. Минеральные источники и озёра Баргузинской долины / Б.Б. Намсараев, С.В. Зайцева, В.В. Хахинов [и др.]; под ред. К.Ш. Шагжиева. — Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2007. 100 с.
13. Ола Дж., Гепперт А., Пракаш С. Метанол и энергетика будущего. Когда закончатся нефть и газ. 2-е изд. / Пер. с англ. — М.: Лаборатория знаний, 2015. 419 с.

References — see page 81.



Фото: ГИВ РБ «Туристский информационный центр Республики Бурятия»

Уникальный бальнеологический курорт «Аршан» (Тункинский район, Республика Бурятия) характеризуется маломинерализованными слабосиловыми термальными водами.



Комбинированная ПЭТВ-диоксид-углеродная тепловая изоляция

Введение

Снижение тепловых потерь зданий и сооружений, транспорта теплоносителя в трубопроводах тепловых сетей и технологических установок является актуальной технико-экономической задачей, особенно в Российской Федерации, так как большая часть территории страны относится по климатическим условиям к северным территориям. Это требует повышенных затрат тепловой энергии на теплоснабжение потребителей в жилом секторе и сопровождается значительными потерями тепла при транспортировке теплоносителя для обеспечения производств и населённых пунктов. В обоих случаях значительного снижения тепловых потерь можно добиться применением современной теплоизоляции: для жилых, производственных и административных зданий — в виде элементов строительных конструкций (например, термопанелей); для тепловых сетей и технологических трубопроводов — в виде рулонного или готового (в виде «скорлупы») теплоизоляционного покрытия.

Материалы, используемые для теплоизоляции, характеризуются, прежде всего, свойствами теплопроводности [1]. Чем ниже теплопроводность материала, тем лучше он удерживает тепло. Поэтому теплопроводность является паспортной характеристикой, и необходимость её измерения актуальна. Ввиду дешевизны и простоты выполнения в качестве запол-

няемой среды в традиционных видах изоляции является атмосферный воздух. Однако есть тенденция на пересмотр материалов для выбора более перспективных сред для тепловой изоляции [2]. На рис. 1 представлена зависимость коэффициентов теплопроводности различных газов от их температуры.

Значительного снижения тепловых потерь можно добиться применением современной теплоизоляции: для жилых, производственных и административных зданий — в виде элементов строительных конструкций; для тепловых сетей и технологических трубопроводов — в виде рулонного или готового («скорлупа») покрытия

Как видно из рис. 1, углекислый газ имеет наименьшее значение коэффициента теплопроводности. Углекислый газ выделяется в жидком виде при низкой температуре, в жидком виде при высоком давлении и в газообразном виде. Газообразную форму двуокиси углерода получают из отходящих газов при производстве спиртов, аммиака, при сжигании топлива. Углекислый газ по своим свойствам является нетоксичным и невзрывоопасным газом, не имеет запаха и цвета.

Рецензия эксперта на статью получена 14.02.2023 [The expert review of the article was received on February 14, 2023]

УДК 621.644.07. Научная специальность: 2.1.3 (05.23.03).

Комбинированная ПЭТВ-диоксид-углеродная тепловая изоляция

Н. П. Краснова, старший преподаватель; А. С. Горшенин, к.т.н., доцент; Ю. И. Рахимова, к.п.н., доцент, кафедра «Промышленная теплоэнергетика», Самарский государственный технический университет (СамГТУ)

Рассмотрены перспективы применения нового вида теплоизоляции, что позволит значительно снизить тепловые потери в теплоснабжении. Предложено использование многослойной теплоизоляции из полиэтилена высокой плотности, поры которого заполнены углекислым газом. Такую плёнку можно использовать как готовый материал для изоляции трубопроводов с нанесением необходимого количества слоёв теплоизоляции.

Ключевые слова: тепловые потери, теплоснабжение, тепловая изоляция, многослойная плёнка, газонаполненная изоляция.

UDC 621.644.07. The number of scientific specialty: 2.1.3 (05.23.03).

Combined HDPE-carbon dioxide thermal insulation

N. P. Krasnova, senior lecturer; A. S. Gorshenin, PhD, Associate; Ju. I. Rakhimova, PhD in Pedagogy, Associate Professor, the Industrial Heat Power Engineering Department, Samara State Technical University (SamSTU)

The prospects for a new type of thermal insulation use are considered, which will significantly reduce heat losses in heat supply. The use of multilayer thermal insulation made of high-density polyethylene, the pores of which are filled with carbon dioxide, is proposed. Such a wrap can be used as a finished material for insulating pipelines with the application of the required number of layers of thermal insulation.

Key words: heat losses, heat supply, thermal insulation, multilayer wrap, gas-filled insulation.

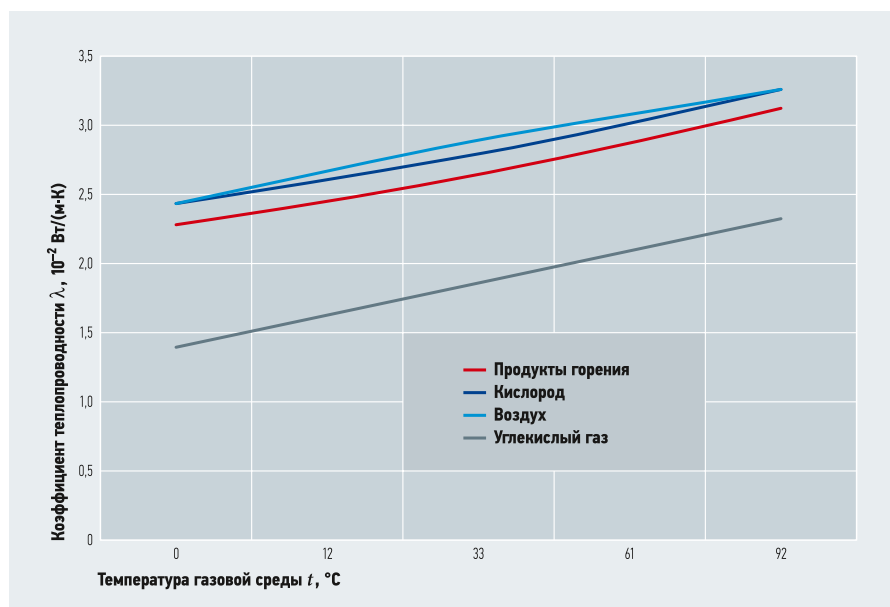


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности от температур газовой среды

Предлагается рассмотреть его в качестве газообразной среды для теплоизоляции [3]. Стоит отметить, что такие газы, как аргон, фреоны и тяжёлые углеводороды, могут иметь теплопроводность ниже, однако не будем их рассматривать вследствие их высокой стоимости и токсичности, а также пожаро- и взрывоопасности отдельных газов.

Обоснование выбора полиэтилена в качестве оболочки для газонаполненной теплоизоляции

В настоящее время полимеры хорошо рекомендовали себя на рынке как самих трубопроводов, так и в качестве теплоизоляционных материалов в разнообразном виде [4]. В качестве покрытия для углекислого газа предлагается плёнка на основе полиэтилена.

Полиэтилен представляет собой термопластичный полимер с относительно низкой твёрдостью, без запаха и вкуса. Различные методы исследования (микроскопический, рентгено-, электронографический и др.) показывают, что полиэтилен имеет кристаллическую структуру, аналогичную кристаллической структуре нормальных парафинов (например, $C_{60}H_{122}$ и др.). Степень кристалличности полимера, полученного полимеризацией этилена, не достигает 100%: наряду с кристаллической фазой всегда содержится аморфная. Соотношение этих фаз зависит от способа получения полимера и температуры. Подобно тугоплавким воскам и парафинам, он медленно загорается и горит слабым пламенем без копоти. В отсутствие кислорода полиэтилен устойчив до 290 °C. В пределах 290–350 °C он разлагается на низкомолекулярные полимеры типа воска, а выше 350 °C продуктами разложения являются низкомолекулярные жидкие вещества и газообразные соедине-

ния — бутулен, водород, окись углерода, двуокись углерода, этилен, этан и др. Тем более, что предлагаемый газ CO_2 является балластом, не поддерживает горение. Механические свойства полиэтилена зависят от его молекулярной массы и степени кристалличности. С увеличением молекулярной массы они улучшаются. Кристалличность также повышает механическую прочность. В тонких плёнках полиэтилен (особенно полиэтилен низкой плотности) обладает большой гибкостью и эластичностью, а в толстых листах приобретает жёсткость. В настоящее время полиэтилен бывает высокой, средней и низкой плотности.

ПЭВП — полиэтилен высокой плотности — это полиэтилен с линейной макромолекулой и относительно высокой плотностью (0,960 г/см³). Этот полиэтилен, также называемый полиэтиленом низкого давления (ПЭНД), получают путём полимеризации со специальными каталитическими системами. Линейные полиэтилены образуют кристаллические области, сильно влияющие на физические свойства образцов. Этот тип полиэтилена обычно называют «полиэтиленом вы-



сокой плотности» — это очень твёрдый, прочный и жёсткий термопласт, широко используемый для литья под давлением и выдувного формования контейнеров, используемых как в домашнем хозяйстве, так и промышленности. Полиэтилен высокой плотности прочнее полиэтилена низкой плотности. Температура размягчения ПЭВП (121 °C) выше, чем у ПЭНП, поэтому он выдерживает паровую стерилизацию. Прочность на растяжение и сжатие выше, чем у ПЭНП, а сопротивление удару и разрыву ниже. Благодаря линейной структуре молекулы ПЭВП стремятся ориентироваться в направлении потока, а сопротивление разрыву в продольном направлении плёнок значительно ниже. Различия в сопротивлении разрыву в продольном и поперечном направлениях могут быть увеличены при ориентации, и плёнке будут присущи свойства лент, работающих на разрыв. Проницаемость ПЭВП ниже, чем у ПЭНП, примерно в пять-шесть раз, и он является отличным барьером для влаги. Среди обычных плёнок ПЭНД по влагонепроницаемости она занимает первое место и уступает только плёнкам на основе сополимеров винилхлорида и винилиденхлорида. Химическая стойкость ПЭВП также превосходит ПЭНП, особенно в стойкости к маслам и жирам. С увеличением плотности растворимость в органических растворителях уменьшается, как и проницаемость для растворителей. ПЭВП склонен к растрескиванию под воздействием окружающей среды, как и ПЭНП, но этот эффект можно уменьшить, используя марки полиэтилена с высокой молекулярной массой, которые не имеют этого недостатка. Области применения полиэтилена высокой плотности, как правило, совпадают с областями потребления материала низкой плотности, но изменившиеся свойства первых, несомненно, улучшают качество выпускаемой продукции. Так, плёнка из полиэтилена высокой плотности будет более прочной и прозрачной, формованные детали могут иметь меньшее сечение, а трубы и волокна — большую прочность. Повышение температуры плавления новых полиэтиленов позволяет расширить сферу их использования. Таким образом, наиболее подходящим материалом для газонаполненной изоляции является плёнка на основе полиэтилена высокой плотности (низкого давления). Преимуществами перед другими видами полиэтилена являются более высокая температура размягчения, высокая прочность на растяжение и сжатие, низкая влагонепроницаемость, очень хорошая свариваемость.

Описание комбинированной газонаполненной изоляции

Современный теплоизоляционный материал представляет собой сложную многослойную структуру и включает в себя полиэтилен высокой плотности (ПНД), межслойное пространство которого выполнено в виде ячеек, заполненных углекислым газом. Процесс подготовки материала заключается в заливке полимерного шланга (в данном случае это полиэтилен высокой плотности — ПНД) углекислым газом, после чего рукав сворачивается в виде полусфер (рис. 2). После получения CO₂-аналога «воздушно-пузырчатой» плёнки её можно использовать как готовый материал для утепления стен зданий и сооружений, а также технологических трубопроводов.

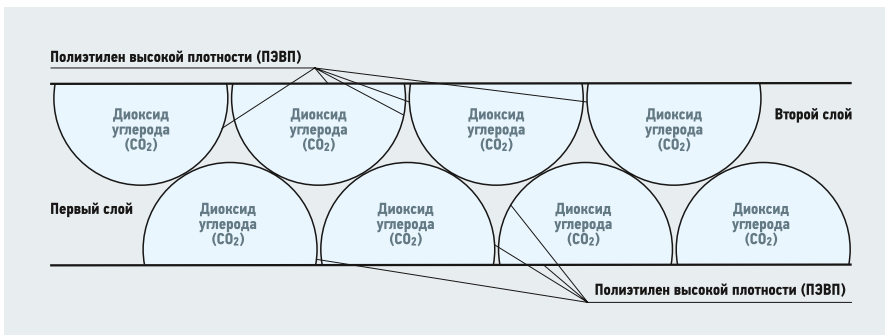


Рис. 2. Слои комбинированной тепловой изоляции

В зависимости от нормируемого теплового потока на трубопровод наносится необходимое количество слоёв теплоизоляции. Стоит отметить, что механическое повреждение некоторого количества ячеек неопасно и в общем случае не отражается на теплоизоляционных характеристиках такого покрытия.

Поскольку объём углекислого газа в каждой поре невелик, свободное движение, происходящее в частицах, находящихся в этом объёме, может сказаться на рассматриваемом потоке. Движение и теплообмен зависят при этом от природы газа, его температуры и размеров пространства. В этом шаровом слое весь объём газа охвачен движением.

В практических расчётах требуется определить тепловой поток, проходящий через заполненную газом ячейку. Средняя плотность теплового потока определяется по формуле:

$$q = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{\delta} (t_1 - t_2),$$

где $\lambda_{\text{экв}}$ — эквивалентный коэффициент теплопроводности, учитывающий передачу теплоты как теплопроводностью, так и конвекцией; δ — толщина слоя теплоизоляции; $t_1 - t_2$ — разница температур на поверхностях слоёв.

Поскольку представляемая газонаполненная изоляция является многослойной, требуется определить общую теплопроводность для двух слоёв плёнки ПЭВП и слоя углекислого газа. Общий коэффициент слоя плоской комбинированной теплоизоляции определяется по формуле:

$$\lambda_{\text{к.из}} = \frac{\delta_{\text{ПЭВП}} + \delta_{\text{CO}_2} + \delta_{\text{ПЭВП}}}{\frac{\delta_{\text{ПЭВП}}}{\lambda_{\text{ПЭВП}}} + \frac{\delta_{\text{CO}_2}}{\lambda_{\text{CO}_2}} + \frac{\delta_{\text{ПЭВП}}}{\lambda_{\text{ПЭВП}}}} = \frac{0,0005 + 0,009 + 0,0005}{\frac{0,0005}{0,28} + \frac{0,009}{0,014} + \frac{0,0005}{0,28}} = 0,016 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Этот вид теплоизоляции имеет ряд преимуществ: низкая теплопроводность, и, как следствие, высокая теплостойкость, повышенная влагостойкость, защита от коррозии, простота монтажа, долговечность, дешевизна и безопасность использования. При этом у этого теплоизоляционного материала есть один существен-

В современной тепловой изоляции можно использовать газовые среды в комбинации с полиэтиленами с целью снижения тепловых потерь. Это высокоэффективный и дешевый способ

ный минус — диапазон температур на поверхности не должен превышать 120 °С (температура размягчения ПЭВП). Однако при этом максимальная температура теплоносителя для жилых, общественных и административных зданий должна быть не более 95 °С для двухтрубных систем и не более 105 °С для однострунных систем.

Для теплоизоляции трубопроводов, температура которых превышает температуру размягчения ПЭВП, предлагается использовать газонаполненную изоляцию поверх тонкого слоя известного теплоизоляционного покрытия, которым может быть как термостойкая краска, мастика или стеклохолст. Этот слой укладывается на трубопровод первым и снижает температуру поверхности трубопровода до области применения газонаполненной изоляции. Следующие слои укладываются газонаполненной теплоизоляцией, при этом количество слоёв утеплителя зависит от температуры поверхности. Поэтому этот теплоизоляционный материал прекрасно подходит для теплоизоляции трубопроводов отопления, горячего и холодного водоснабжения, канализационных трубопроводов и т.д.

Выводы

1. В современной тепловой изоляции можно использовать газовые среды в комбинации с полиэтиленами с целью снижения тепловых потерь.
2. Предлагаемый способ производства тепловой изоляции обладает высокой эффективностью, низкой стоимостью, возможностью быстрого воспроизводства, нетоксичен.
3. Комбинированная теплоизоляция отлично совмещается с другими видами тепловой изоляции, при этом она долговечна и влагостойка, не подвержена коррозии и проста в монтаже. ●

1. СП 61.13330.2012. Теплоизоляция оборудования и трубопроводов. Актуализ. ред. СНиП 41-03-2003 (с Изм. №1) / Дата введ.: 01.01.2013.
2. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные газонаполненные полимерные материалы и изделия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2020. №10. С. 54–67.
3. Щелоков А.И., Краснова Н.П., Мжельская О.Ю. Снижение тепловых потерь за счёт внедрения нового вида теплоизоляционного материала / Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития: Сб. мат. IX Межд. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 22.05.2015). — Новосибирск: НГТУ, 2015. С. 158–163.
4. Желудков А.Г., Пеняевский В.В. Современные высокоэффективные теплоизоляционные материалы / Избр. докл. 68-й Университ. науч.-техн. конф. студентов и молодых учёных (Томск, 19–23.04.2022). — Томск: ТГАСУ, 2022. С. 608–611.
5. Технические свойства полимерных материалов: Учеб.-справ. пособие / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д. Паняматченко, Ю.В. Крыжановская. 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Профессия, 2005. 248 с.
[References — see page 81.](#)

Специализация российских вузов в сфере возобновляемой энергетики

В России 11 вузов и один научный центр РАН готовят специалистов с высшим образованием по специальности «Нетрадиционная и возобновляемая энергетика». В статье представлен обзор методической и научной деятельности данных учреждений. Проанализирована их обеспеченность литературой, лабораторным оборудованием, приведены результаты научной деятельности. Представлены данные REN21 по электро- и теплогенерации на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) за 2020 год. В РФ в том же году мощность и выработка электроэнергии на ВИЭ составляла, соответственно, 4 ГВт и 4,2 ТВт·ч/год, а выработка тепловой энергии на ВИЭ превысила 30 ТВт·ч/год.

Автор: В. А. БУТУЗОВ, д.т.н., [Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина \(КубГАУ, г. Краснодар\)](#)

В настоящий момент в России 11 вузов и один научный центр Российской академии наук (ФНАЦ «ВИМ») готовят специалистов с высшим образованием по специальности «Нетрадиционная и возобновляемая энергетика». Только в 2021 году было выпущено более 300 специалистов. В шести вузах и одном учреждении РАН работали аспирантуры по подготовке специалистов высшей квалификации по возобновляемой энергетике, в четырёх из них действовали диссертационные советы по этой специальности.

Развитие возобновляемой энергетики (ВЭ) является одним из ведущих трендов мировой энергетики. По данным Международного экспертного сообщества по возобновляемым источникам энергии (REN21), суммарная установленная мощность мировой электрогенерации на ВИЭ в 2020 году достигла 2635 ГВт, а выработка электрической энергии составила 8563 ТВт·ч/год. Суммарная установленная мощность мировой теплогенерации на ВИЭ в 2020-м достигла 609 ГВт с выработкой тепловой энергии 5014 ТВт·ч/год. Возобновляемая энергетика во всём мире превратилась в масштабный, быстро развивающийся сегмент энергетического рынка, в котором заняты миллионы людей, а подготовка специалистов для него осуществляется ведущими мировыми учебными учреждениями.

В России ВЭ представлена в основном электрогенерацией на основе гидравлических, сетевых СЭС и ВЭС, а теплогенерация — котлами на биомассе.

По итогам 2021 года суммарное значение установленной мощности электрогенерации на ВИЭ в нашей стране, включая большую гидроэнергетику, составило 53,44 ГВт (выработка электрической энергии — 215,39 ТВт·ч/год), в том числе ГЭС — 49,85 ГВт (209,52 ТВт·ч/год), ВЭС — 1,94 ГВт (3,3 ТВт·ч).

Установленная мощность сетевых СЭС в России достигла 1,65 ГВт с выработкой электрической энергии 1,9 ТВт·ч/год, работали тысячи автономных ветродизельных и ветросолнечных энергокомплексов общей мощностью 32,7 МВт. В РФ налажено производство фотоэлектрических модулей (ФЭМ), инверторов, опорных конструкций СЭС. Солнечное теплоснабжение страны, по экспертным данным, имеет установленную мощность 70 МВт.

Российская ветроэнергетика также развивается относительно быстрыми темпами. Суммарная установленная мощность сетевых ВЭС составила 1,94 ГВт при выработке электрической энергии 3,3 ТВт·ч/год. На заводах шести отечественных компаний было локализовано

Развитие возобновляемой энергетики — один из ведущих трендов мировой энергетики. По данным Международного экспертного сообщества по возобновляемым источникам энергии, суммарная установленная мощность мировой электрогенерации на ВИЭ в 2020 году достигла 2635 ГВт, а выработка электрической энергии составила 8563 ТВт·ч/год

производство ветроэнергетических установок мегаваттного класса единичной мощностью 2,5–3,45 МВт. Малые ветроэнергетические установки мощностью менее 50 кВт в России работают в основном в изолированных энергосистемах.

Малая гидроэнергетика (МГЭС мощностью до 50 МВт) в РФ имела суммарную установленную мощность 1,182 ГВт. В нашей стране налажено производство основного оборудования МГЭС.



Геотермальная энергетика России имеет масштабную ресурсную базу (33 водяных и четыре пароводяных месторождения) с годовой добычей 35 млн м³/год геотермальной воды и 13 млн т/год паровой смеси в 2020 году. Суммарная установленная мощность трёх эксплуатируемых геотермальных электростанций (ГеоЭС) составила 74 МВт с выработкой электрической энергии 422 ТВт·ч/год. ГеоЭС оснащены в основном оборудованием отечественных производителей. Общая тепловая мощность установок геотермального теплоснабжения — 100 МВт, выработка ими тепловой энергии достигает 280 ТВт·ч/год.

Биоэнергетика в России представлена биоэлектрическими станциями (БиоЭС) с суммарным производством электрической энергии 65 ТВт·ч/год. Выработка тепловой энергии при сжигании дров, пеллет, топливных брикетов оценивается в 29 ТВт·ч/год.



Востребованность возобновляемой энергетики определяется в основном экономическими условиями страны и формализуется в виде законов, программ и соответствующего финансирования. Полная обеспеченность России ископаемыми энергоресурсами обусловила отсутствие федерального закона об использовании ВИЭ, государственной стратегии развития и, как следствие, целевого финансирования. Действующая программа развития ВЭ до 2035 года в объёме 12 ГВт (в 3,5 раза больше, чем в 2021-м) утверждена распоряжением Правительства РФ от 1 июня 2021 года №1446 (план ДПМ ВИЭ 2.0) и предполагает финансирование сооружений только СЭС, ВЭС и малых ГЭС за счёт тарифов на электроэнергию. Программные документы развития теплогенерации на основе возобновляемых источников энергии отсутствуют.

Для эксплуатации энергоустановок на основе ВИЭ требуются бакалавры, а для проектирования и производства оборудования — магистры. Наиболее компетентные из них получают высшее научное образование в аспирантурах и после защиты диссертаций пополняют штаты преподавателей вузов и сотрудников научно-исследовательских институтов.

В 2021 году в России отсутствовали данные о численности специалистов в области возобновляемой энергетики и об их перспективной востребованности.

Финансирование образования по ВЭ в настоящее время осуществляется в рамках бюджетных средств каждого вуза и фактически зависит от инициатив их руководителей и заведующих кафедр. Софинансирование образования по ВЭ в ограниченных объёмах обеспечивают ПАО «РусГидро» и ПАО «Роснано». До-

стижения вузов в подготовке кадров для возобновляемой энергетики во многом определяются личностями руководителей кафедр, научно-образовательных центров и традициями российских научных школ.

Общая характеристика образовательных центров в сфере возобновляемой энергетики

Структура образования в области возобновляемой энергетики определяется запросами общества, производства, степенью вовлечения ВЭ в мировую экономику. В России сложилась трёхуровневая структура. Основы данного вида энергетики дети изучают в энергоклассах кванториумов

Для эксплуатации энергоустановок на основе ВИЭ требуются бакалавры, а для проектирования и производства оборудования — магистры. В целом, на 2021 год в России отсутствовали данные о численности специалистов в области возобновляемой энергетики



мов более чем в 130 городах страны. Высшее образование (подготовка бакалавров, магистров) по ВИЭ получают студенты некоторых гуманитарных университетов и технических вузов по программам, утверждённым каждым из них. Научные кадры высшей квалификации готовят в аспирантурах как вузов, так и научных учреждений.

Углублённую подготовку специалистов по ВЭ ведут основные энергетические вузы страны. Наибольшее в стране количество специалистов (144) в 2021 году подготовили Московский энергетический институт (НИУ «МЭИ») и Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). При этом НИУ «МЭИ» специализируется на подготовке проектировщиков, а СПбПУ — на подготовке строителей объектов ВИЭ. В 2021 году в аспирантурах этих вузов по линии ВЭ обучалось 24 человека, в том числе восемь иностранцев. Подготовку бакалавров по профилю «Возобновляемые источники энергии» ведёт также Казанский государственный энергетический университет (КГЭУ).

В семи федеральных и национальных университетах России велась подготовка бакалавров (по специальности 13.03.02) и магистров (13.04.02) по направлениям «Электроэнергетика и электротехника» по профилям «Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии», «Возобновляемые источники энергии», «Комплексное использование возобновляемых источников энергии», «Энергетические установки, электростанции на базе традиционных и возобновляемых источников энергии», «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», а Ульяновский государственный технический университет в 2021 году выпустил 25 первых в стране бакалавров (13.03.01) по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» по профилю «Ветроэнергетические системы и комплексы».

Почти 35-летний опыт обучения в сфере возобновляемой энергетики накоплен в ведущем вузе нашей страны — Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова (МГУ), в том числе в Научно-исследовательской лаборатории ВИЭ на географическом факультете МГУ.

Подготовка научных специалистов высшей квалификации в области возобновляемой энергетики ведётся в аспирантурах шести вузов и одного учреждения РАН. В четырёх из них работали специализированные диссертационные советы по профилю 05.14.08 «Энергоустановки на основе ВИЭ». В 2021 году в них обучались 78 человек, в том числе 21 иностранец.



❖ **Московский энергетический институт (НИУ «МЭИ»)** был основан в 1930 году как специализированный вуз, готовящий специалистов для энергетической отрасли страны. В настоящий момент кафедра «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» (ГВИЭ) НИУ «МЭИ» ведёт учебную и научную работу в области проектирования и эксплуатации энергоустановок на основе разных видов возобновляемых источников энергии, решая вопросы использования гидравлической, ветровой, солнечной энергии, а также других типов возобновляемых источников энергии.

Московский энергетический институт

Подготовка специалистов по гидроэнергетике в **Московском энергетическом институте (НИУ «МЭИ»)** была начата ещё в 1930-х годах. В 1998–2013 годах большой вклад в развитие ВЭ внёс заведующий кафедрой ВИЭ, д.т.н., профессор **Владимир Иванович Виссарионов** (1939–2014). По числу подготовленных кандидатов наук (45 диссертаций) он — безусловный лидер. Его творческое наследие включает несколько учебников и методических пособий, в основном по гидроэнергетике и комплексному использованию ВИЭ, 310 научных статей и 17 монографий.

Образовательные программы и исследования по возобновляемой энергетике в данном вузе в 2021 году велись на кафедре «Гидроэнергетика и ВИЭ», возглавляемой к.т.н., доцентом **Татьяной Александровной Шестопаловой**, в Научно-технологическом инновационном центре энергосберегающих технологий и техники (НТИЦ ЭТТ) под руководством д.т.н., профессора **Евгения Геннадьевича Гашо** и на кафедре «Теоретические основы теплотехники» по солнечному теплоснабжению под руководством д.т.н., профессора **Бориса Ивановича Казанджана**. В НИУ «МЭИ» велась подготовка бакалавров (13.03.02) по направлению «*Электроэнергетика и электротехника*» по профилям «*Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии*» (в 2021 году выпущено 22 человека) и «*Гидроэлектро-*

станции» (в 2021-м выпущено 22 человека), а также магистров (13.04.02) по направлению «*Электроэнергетика и электротехника*» по названным профилям (в 2021 году выпущено 19 и 13 человек, соответственно).

Кафедра «Гидроэнергетика и ВИЭ» сотрудничает с самой большой по объёмам использования возобновляемой энергетике в РФ компанией ПАО «РусГидро» и располагает учебно-экспериментальными ветроэлектростанциями с агрегатами двух типов и автоматической метеостанцией. Энергетический учебный комплекс (фотоэлектрическая станция и тепловая гелиоустановка), геотермальные зонды с тепловыми насосами интегрированы в системы инженерного обеспечения здания НОЦ «Износустойчивость» НИУ «МЭИ» и позволяют изучать работу ВЭ в реальных условиях.

Помимо макетов солнечно-дизельного и ветродизельного комплексов кафедра располагает компьютерными классами для обучения основам BIM-проектирования энергоустановок, а также программного обеспечения интеллектуальных сетей Smart Grid для ВИЭ.

На кафедре «Гидроэнергетика и ВИЭ» проводятся научно-исследовательские работы по гидроэнергетике, ветроэнергетике, солнечно-дизельным электростанциям. Из выполненных научных работ следует отметить труды по исследованию проточной части гидротурбин, бесплотинной МГЭС со встроеной осевой

турбиной, подземной гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС) тоннельного типа, оптимизации управления ВЭУ в централизованных и децентрализованных энергосистемах, управлению каскадами крупных ГЭС, МГЭС и ГАЭС. По результатам этих работ с 2016 по 2022 годы опубликованы 185 статей, в том числе по гидроэнергетике — 30, по ветроэнергетике — 25, по солнечной энергетике — 11. Из последних монографий следует отметить учебное пособие **Г. В. Дерюгина** и **Е. В. Игнатьева** [2], книгу ведущего российского специалиста д.т.н. **П. В. Илюшина** [3] по интегрированию возобновляемой энергетике в энергосистемы. В монографии д.т.н., профессора **Е. Г. Гашо** [4] представлены результаты анализа европейского опыта эксплуатации ВЭ в объединённой системе, а также описано состояние и перспективы развития водородной энергетики. В работах [5, 6] представлены результаты эксплуатации в России энергоустановок с использованием ВИЭ. Сотрудниками кафедры «Гидроэнергетика и ВИЭ» за последние три года получены девять патентов на изобретения в сфере возобновляемой энергетики.

Подготовка научных кадров высшей квалификации в НИУ «МЭИ» осуществляется в аспирантуре по научному направлению 14.06.01 «*Ядерная, тепловая, возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии*». В 2021 году здесь обучались 18 аспирантов, в том числе шесть иностранцев.

Диссертационный совет НИУ «МЭИ» работал по специальностям 05.14.08 «*Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии*» и 05.14.13 «*Гидравлические машины и гидроннеавтоматы*», его возглавлял д.т.н., профессор **Михаил Георгиевич Тягунов**. Он специализируется в области системного анализа процессов и систем управления энергетическими объектами, опубликовал 200 работ, является автором и научным руководителем образовательной программы «Производственный менеджмент и управление проектами», автор ряда методических материалов для дистанционного обучения специалистов, обучающихся в рамках Государственного плана подготовки управленческих кадров для организаций народного хозяйства РФ, в том числе совместно с специалистами из Германии, а также автор и участник образовательных программ высшего и дополнительного профессионального образования в области управления процессами и проектами, участник нескольких международных проектов по образованию в энергетическом секторе.

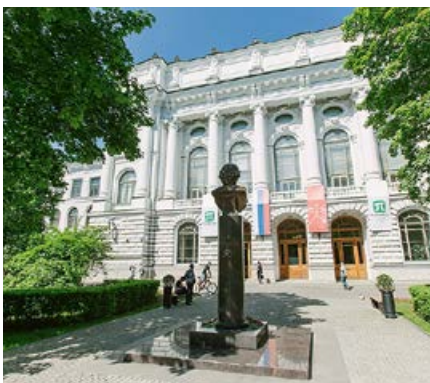
НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» СПбПУ

Основы системной подготовки кадров и отечественной школы гидроэнергетики в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) были заложены ещё в 1921 году, когда профессором А. А. Морозовым на инженерно-строительном факультете Политехнического института была образована кафедра «Утилизация водных сил», в дальнейшем переименованная в кафедру «Использование водной энергии» (ИВЭ), где обучались студенты-гидроэнергетики. Кафедра выпускала инженеров-гидротехников до 1973 года, после чего начала осуществлять выпуск инженеров-гидроэнергетиков с правом производства общестроительных работ. В 1995-м, в связи с увеличением интереса к развитию альтернативных и возобновляемых видов энергии, произошло переименование кафедры, получившей название «Возобновляющиеся источники энергии и гидроэнергетики» (ВИЭГ).

Заведующим кафедрой ИВЭ-ВИЭГ с 1976 по 1999 годы являлся д.т.н., профессор, академик РАН Юрий Сергеевич Васильев. В 1995-м была получена лицензия на подготовку инженеров по специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» (НВИЭ) и началась подготовка в двух группах по специальности «Гидроэлектроэнергетика и НВИЭ», а с 2001-го — только по НВИЭ.

Заведующим кафедрой ВИЭГ с 1999 по 2013 годы являлся д.т.н., профессор, заслуженный энергетик РФ Виктор Васильевич Елистратов. Стратегический принцип подготовки специалистов в области гидроэнергетики и ВИЭ в СПбПУ на протяжении многих лет опирался на понимание того, что объект возобновляемой энергетики является уникальным природно-техническим комплексом, поэтому выпускник по этой специальности должен обладать системными знаниями и широким политехническим образованием, позволяющим объединить базовую физико-математическую подготовку, технические и технологические дисциплины, а также знания в смежных областях — электроэнергетики, строительства, экологии и экономики.

В связи с реорганизацией структуры обучения в университете и слиянием нескольких кафедр научно-методическое обеспечение в подготовке кадров по ВИЭ взял на себя образованный в 2005 году Научно-образовательный центр «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» (НОЦ ВИЭ). Научным руководителем Центра является академик



СПбПУ ведёт свою историю с 1899 года. Проблемы возобновляемой энергетики в СПбПУ занимается НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе». Его основные задачи: проведение фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований в области возобновляемой энергетики (гидроэнергетика, гидротехника, солнечная энергетика, ветровая энергетика, биоэнергетика и пр.) и энергоэффективности зданий и сооружений; разработка и проведение комплексных НИОКР; внедрение результатов НИР и инновационной деятельности в учебный процесс и организация образовательного процесса студентов по направлениям развития ВЭ в СПбПУ, включая тематических конкурсы и олимпиады, и многое другое.

Ю. С. Васильев, а директором — д.т.н., профессор В. В. Елистратов. В состав НОЦ входит отделение «Технологии и преобразование энергии ВИЭ» и учебно-научная лаборатория «Информационные технологии в энергетике».

Направления научной деятельности НОЦ ВИЭ: разработка научно-технических и технологических основ проектирования, исследования водно-энергетических режимов и потенциала больших и малых ГЭС с учётом изменения климата. Цифровые технологии расчёта и проектирования арктических энергетических сооружений и энергокомплексов на основе ВИЭ для реальных природно-климатических условий территории с использованием современных программных средств расчёта и моделирования.

В Инженерно-строительном институте (ИСИ) СПбПУ при методическом обеспечении НОЦ «ВИЭ» ведётся подготовка в области строительства объектов энергетики по профилю бакалавров и специальности магистратуры «Гидротехническое и энергетическое строительство».

В 2022 году было подготовлено 36 бакалавров и 16 магистров. С 2023 года в ИСИ впервые в России лицензирована сетевая магистерская программа «Проектирование объектов возобновляемой энергетики с использованием цифровых технологий», дающая возможность получить выпускникам диплом магистра по направлениям «Строительство» и «Энергетика и электротехника», то есть присваивается квалификация «строитель-энергетик», что значительно расширяет спектр трудоустройства выпускников.

В связи с реформой в 2021 году специальностей ВАК и созданием специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы», в которую включена специальность 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии», в СПбПУ образован диссертационный совет У2.4.5.45, который возглавил д.т.н., профессор В. В. Елистратов. В 2021 году в аспирантуре СПбПУ по специальности 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» обучались шесть человек, в том числе два иностранца.

Лабораторная база НОЦ содержит: автономный энергокомплекс в составе фотоэлектрической установки (2 кВт) и ветроагрегата (2 кВт) с горизонтальной осью вращения и системами мониторинга, аккумулирования и резервного электропитания; учебно-демонстрационная система теплоснабжения с тепловым насосом и аккумулятором (5 кВт); гелиосистема с вакуумированными тепловыми коллекторами площадью 4 м²; установка дистанционного зондирования ветрового потока SODAR WindExplorer; экспериментальный стенд для исследований параметров и режимов работы гибридного ветроэлектрического энергокомплекса, включающего: имитатор ветроагрегата (5 кВт), дизель-генераторную установку (16 кВт), АКБ, управляемую балластную нагрузку, интеллектуальную САУ.

За время существования НОЦ с 2005 по 2022 годы выполнены НИОКР на сумму более 150 млн руб. В 2020–2022 годах в рамках созданного в СПбПУ научного центра «Передовые цифровые технологии» под руководством В. В. Елистратова выполняется проект «Цифровые технологии создания арктических энергетических сооружений с применением адаптированных материалов нового поколения и роботизированных систем».

Сотрудниками центра опубликовано более 200 научных работ по ВИЭ, 16 монографий, в том числе монографии [8–10], 20 учебных пособий, в том числе изданное в 2022 году пособие на двух языках [11], получены 15 патентов.

Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» ЮУрГУ

Кафедра «Электротехника и возобновляемые источники энергии» [Южно-Уральского государственного университета \(ЮУрГУ\)](#) была создана в 2007 году, а с 2016 года, в связи с реформированием структуры университета, кафедра называется «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» (ЭССиСЭ). В её составе — Лаборатория ВИЭ, Международный инновационный центр «Альтернативная энергетика», Центр коллективного пользования «Ветроэнергетика».

Кафедрой ЭССиСЭ заведовала д.т.н., профессор **Ирина Михайловна Кирпичникова**. Темой её докторской диссертации являлась электронно-ионная технология очистки воздуха. **И. М. Кирпичникова** ведёт научно-прикладные исследования, в том числе по защите солнечных модулей от запыления. За последние три года она опубликовала 74 статьи и монографии по ВИЭ и получила 15 патентов, приняла участие в 11 международных и более 20-ти российских научных конференциях, подготовила к защите десять кандидатов наук, в том числе трёх по ВИЭ, и одного доктора технических наук по ветроэнергетике.

Кафедра вела подготовку бакалавров (13.03.02) и магистров (13.04.02) по направлению «*Ветроэнергетика и электротехника*», бакалавров по профилю «*Возобновляемые источники энергии*» (в 2021 году выпущено 15 человек) и 16 магистров по профилю «*Комплексное использование возобновляемых источников энергии*». Исходя из опыта ЮУрГУ, для подготовки квалифицированных специалистов по возобновляемой энергетике необходимы программы обучения бакалавров продолжительностью четыре года, включающие теоретические занятия (не менее 2100–2200 ч, в том числе 50% времени должно быть отведено на лабораторные работы и исследования), а также производственную практику (100–150 ч). Для подготовки магистров предусмотрено два года обучения, что подразумевает 1250–1270 ч теоретических занятий, в том числе 100–170 ч лабораторных работ и исследований, а также не менее 300 ч производственной практики.

Учебно-исследовательская лаборатория «Возобновляемая энергетика» представлена лабораторными комплексами и стендами, а также виртуальными исследовательскими комплексами с модулями по отдельным видам ВЭ. Все стенды и комплексы выполнены по методическим разработкам и учебным пособиям

преподавателей кафедры и изготовлены в Челябинске при помощи ООО «НПП «Учтех-Профи». Это ведущий в России производитель по учебным комплексам ВИЭ, который изготовил 20 тыс. единиц учебных пособий.

Помимо лабораторий кафедра располагает Центром коллективного пользования «Ветроэнергетика» Международного инновационного центра (МИЦ) «Альтернативная энергетика», на полигоне кото-

Обучение в аспирантуре проводилось по специальности 05.09.03 «*Электрические комплексы и системы*». В 2021 году здесь обучалось 16 человек. За последние пять лет (2017–2022) учёными и сотрудниками кафедры опубликованы 133 работы: из них 75 работ проиндексированы в международных базах данных рецензируемой научной литературы Scopus и Web of Science, а 58 работ опубликованы в журналах по перечню ВАК, получены 16 па-



Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ) был создан в 1943 году, в годы Великой Отечественной войны, на базе эвакуированного на Южный Урал Сталинградского механического института. В настоящий момент подготовкой квалифицированных специалистов в области возобновляемой энергетики в ЮУрГУ занимается созданная в 2016 году кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» (ЭСС и СЭ). В состав кафедры входят 13 учебных лабораторий, включая специализированную лабораторию «Возобновляемые источники энергии». Кафедра ЭСС и СЭ ведёт научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по собственной инициативе и по заказу ведущих промышленных предприятий региона, включая работы в области ВЭ.

рого имеется ВЭУ с вертикальной осью вращения и метеостанцией. МИЦ — одна из ведущих научных организаций России по ветроэнергетике, здесь разработаны новые цифровые системы ориентации крупных ВЭУ, многоярусные вертикально-осевые ВЭУ и интеллектуальные системы управления ими, в том числе с элементами искусственного интеллекта на основе нечёткой логики и нейросетей.



тентов, сотрудники кафедры приняли участие в российских научных конференциях и опубликовали более 100 докладов, издано десять методических пособий. Основные значимые публикации — работы [12–14].

Кафедра имеет многолетний опыт сотрудничества с зарубежными университетами: Чешским техническим университетом (ČVUT); американскими Университетом штата Невада (University of Nevada), Калифорнийским университетом (The University of California) и Государственным университетом Сономы (Sonoma State University); Университетом Кадиса (Universidad de Cádiz, Испания); Лаппенрантским технологическим университетом (Lappeenranta University of Technology, Финляндия); Александрийским (Alexandria University) и Даманхурским (Damascus University) университетами (Египет); Суйчанским университетом (Xuchang University) в Китае.

Лаборатория возобновляемых источников энергии МГУ

Научно-исследовательская лаборатория возобновляемых источников энергии (НИЛ ВИЭ) была основана в 1988 году на географическом факультете Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (МГУ) для междисциплинарных исследований научных проблем ВИЭ. Со дня основания до 2007 года Лабораторией руководил д.ф.-м.н. Вячеслав Викторович Алексеев (1940–2007), инициатор развития возобновляемой энергетики. Он первым в СССР разработал метод анализа затрат энергии, в том числе возобновляемой, на производство конечной продукции с составлением отраслевых и межотраслевых энергетических балансов. Идеи В. В. Алексеева с 2007 по 2020 годы успешно развивал д.ф.-м.н. Александр Алексеевич Соловьёв (1943–2020). В настоящее время Лабораторией руководит выпускница физического факультета МГУ, к.ф.-м.н. Софья Валентиновна Киселёва, специализирующаяся на оценке ресурсов ВИЭ, образовании по ВИЭ, моделировании динамических процессов в океане. Она опубликовала более 200 работ, 13 книг, получила ряд патентов.



Основные научные направления работы Лаборатории — методы оценки и картографирования ресурсов ВИЭ, экономика возобновляемой энергетики, экспериментальное исследование функционирования систем солнечной энергетики. По числу публикаций и широте экономических исследований электрогенерации на основе ВИЭ, в том числе оценке рисков и особенностей инвестиционных процессов, выделяется к.г.н. Л. В. Нефёдова. Экономической географией и экономикой ВИЭ занимаются к.г.н. К. С. Дегтярёв и М. Ю. Берёзкин, к.э.н. О. А. Синюгин, экологическими и климатическими аспектами использования ВИЭ — к.г.н. А. М. Залиханов. Ведущий специалист лаборатории в области картографирования энергоресурсов и геоинформационного обеспечения их исследований и использования — к.г.н. Ю. Ю. Рафикова. Проблемами энергетического использования



•• [Московский государственный университет \(МГУ\) имени М. В. Ломоносова](#) — настоящая гордость нашей страны, один из старейших и крупнейших классических университетов России, доминирующий центр российской науки и культуры. Основан в 1755 году императрицей Елизаветой Петровной (1709–1762), по предложению И. И. Шувалова и М. В. Ломоносова, как Императорский Московский университет.

биоресурсов занимаются к.б.н. Т. И. Андреев и Н. И. Чернова.

Лаборатория МГУ — одна из немногих, которая выполняет в Российской Федерации исследования по проблемам водородной биоэнергетики. Создана и поддерживается коллекция энергетических культур микроводорослей, разработаны, запатентованы и апробированы технологии их крупномасштабного производства. В последние годы совместно со специалистами Объединённого института высоких температур РАН (ОИВТ РАН) разработаны технологии получения из микроводорослей жидкого биотоплива (бионефти) методом гидротермального сжижения. Ведущим специалистом Лаборатории по этому направлению является

к.б.н. Н. И. Чернова. Важным научным результатом работы лаборатории является разработка и апробация (совместно со специалистами ОИВТ РАН) веб-версии ГИС «Возобновляемые источники России», содержащей интерактивные карты ресурсов ВИЭ, объектов электрогенерации на основе ВИЭ на территории РФ, методики расчётов ресурсов возобновляемой энергетики и результатов моделирования работы энергообъектов.

В Лаборатории имеется следующее лабораторное оборудование: экспериментальные стенды для анализа характеристик работы фотоэлектрических модулей; автономных (мощность до 600 Вт) и сетевых (3 кВт) солнечных энергоустановок, снабжённых измерительной аппаратурой,



•• [Научно-исследовательская лаборатория \(НИЛ\) ВИЭ](#) была основана в 1988 году на [географическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова](#) для междисциплинарных исследований научных проблем ВИЭ. Основные научные направления работы НИЛ ВИЭ: методы оценки и картографирования ресурсов ВИЭ, экономика возобновляемой энергетики, экспериментальное исследование функционирования систем солнечной энергетики.

в том числе пиранометрами Kipp & Zonen SMP3, системами непрерывного сбора данных; установки для апробации технологий крупномасштабного культивирования микроводорослей; коллекция микроводорослей энергетического назначения; современные приборы для микробиологических исследований (набор микроскопов); культиваторное оборудование для выращивания микроводорослей; спектрофотометры и др.

В Лаборатории проходят подготовку студенты и аспиранты географического факультета, тема работ которых связана с возобновляемой энергетикой (специальности: геоэкология и рациональное природопользование, экономическая география и др.). Идёт подготовка бакалавров и магистров географического факультета МГУ. Сотрудники Лаборатории читают учебные курсы на географическом, биологическом факультетах, в том числе о международном сотрудничестве. Несколько выпускников географического факультета работает в НИЛ ВИЭ.

Студентам естественнонаучных специальностей (география, биология) даются основы технологий возобновляемой энергетики в условиях ограниченной подготовки по физике и химии (не профилирующие предметы), что приводит к определённому упрощению излагаемого материала. В то же время компетенции студентов в области гидрологии, метеорологии и климатологии, рационального природопользования, картографии и геоинформатики позволяют им легко овладевать проблематикой оценки ресурсов ВИЭ, экономики энергетики, экологических аспектов энергетики (возобновляемой и невозобновляемой); создавать печатные и электронные карты и геоинформационные системы. Таким образом расширяется специализация и, следовательно, возможность выпускников естественнонаучных факультетов МГУ заинтересовать потенциальных работодателей.

Лаборатория ВИЭ МГУ каждые два года проводит Научные молодёжные школы «Возобновляемые источники энергии» (XIII Школа была проведена в 2022 году). С 2019 года Лаборатория издаёт журнал «Окружающая среда и энергетика» (основное содержание — статьи по проблемам возобновляемой энергетики и смежным вопросам). Общее число монографий и пособий, опубликованных Лабораторией за последние пять лет, — 23, в том числе «Атласы ресурсов ВИЭ», учебные пособия по географии и экономике возобновляемой энергетики, картографированию ресурсов ВИЭ и другим вопросам [15–17].



❖ [Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина \(УрФУ\)](#) в городе Екатеринбурге — крупнейший вуз Урала и ведущий научно-образовательный центр региона. Кафедра «Атомные электростанции и возобновляемые источники энергии» УрФУ стала крупным центром подготовки кадров и проведения НИР и ОКР для предприятий атомной энергетики. На кафедре разработаны и внедрены программы бакалавриата по возобновляемой энергетике, специалитета по атомной энергетике и магистратуры по нетрадиционной и возобновляемой энергетике.

Кафедра «Атомные станции и ВИЭ» УрФУ

Кафедра «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» [Уральского федерального университета имени первого президента России Б.Н. Ельцина \(УрФУ\)](#) ведёт работу по возобновляемой энергетике с 1997 года с подготовкой бакалавров и магистров по профилю «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». Руководит кафедрой с 1987 года д.т.н., профессор **Сергей Евгеньевич Щеклеин**, выдающийся специалист в области теплофизики, процессов и оборудования атомных электростанций и ВИЭ, автор 450 научных работ, в том числе трёх монографий, 80 авторских свидетельств и патентов. Его усилиями создан коллектив уникальной Белоярской АЭС с натриевым теплоносителем в активном

контуре. Он является руководителем подготовки инженеров по специальности «АЭС: эксплуатация, проектирование, инжиниринг», магистров по специальности «Энергетические установки и электростанции на базе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии». Им подготовлено более 300 специалистов, в том числе 23 кандидата и доктора технических наук. **Сергей Евгеньевич** — руководитель ведущей научной школы России «Проблемы безопасности и эффективности АЭС». Общая численность сотрудников кафедры — 48 человек, в том числе 14 специалистов по ВИЭ.

Научными результатами работы кафедры в области ВЭ являются: разработка и сооружение полигона ВИЭ «Энергоэффективный сельский дом» с ветровой, солнечной, биогазовой электрогенерацией,



❖ [Кафедра «Атомные электростанции и возобновляемые источники энергии» УрФУ](#) была основана в 1961 году, во времена становления атомной энергетики страны, профессором Е. Ф. Ратниковым (1912–1998). До 2012 года она называлась кафедра «Атомная энергетика». За годы своей работы кафедрой подготовлено около 2500 специалистов для эксплуатации, проектирования, монтажа и ремонта АЭС. На кафедре работают пять профессоров, шесть доцентов, трое старших преподавателей, два ассистента, десять научных и технических сотрудников. Имеется шесть научных и учебно-научных лабораторий, свыше 50 специализированных стендов и установок для научных и учебных работ.

солнечной тепловой установкой и тепловыми насосами; разработка и натурные испытания новых отечественных солнечных коллекторов и сравнение их характеристик с зарубежными конструкциями ведущих производителей; исследование гидротехнического потенциала Свердловской области и проектирование МГЭС мощностью 200 кВт. Кафедра оснащена следующим оборудованием, размещённым в лаборатории и на натурном полигоне: биогазовая установка, ветроэнергетические установки трёх конструкций, солнечные коллекторы (плоские и вакуумные, отечественных и зарубежных производителей), фотоэлектрические станции двух типов, тепловой насос, низкотемпературный топливный элемент.

Основные результаты работы кафедры обобщены в учебниках, патентах, статьях в научно-технических журналах. С 2005 по 2021 годы сотрудниками кафедры получены 52 патента на изобретения и полезные модели, в том числе по ветроэнергетике — 12, по биоэнергетике — девять; по гидроэнергетике — восемь; по солнечной энергетике — пять. **С.Е. Щеклеиным** и сотрудниками кафедры с 2013 по 2021 годы опубликовано по тематике ВИЭ 82 научно-технических статьи, в том числе 46 в зарубежных изданиях.

С 2020 года в Екатеринбурге регулярно проводятся «Даниловские чтения», посвящённые с 2015 года известному учёному, д.т.н., профессору **Н.И. Данилову** (1945–2015), а также олимпиады студентов и аспирантов, научно-технические конференции студентов и молодых учёных, выставки достижений в энергосбережении и использовании ВИЭ. Эти мероприятия имеют три основных номинации, в частности — «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

При этом впервые в России на научно-технической олимпиаде проводится конкурс разработок студентов, в том числе по ВИЭ, по состоянию на 1 декабря 2021 года издано 15 сборников трудов конференций. Очередное такое мероприятие состоялось 13–17 декабря 2021 года и было посвящено 60-летию кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» УрФУ.

С 2014 года при кафедре работает Научная лаборатория «Евразийский центр возобновляемой энергетики и энергосбережения», при которой обучаются 15 аспирантов, а в 2019-м начал работу диссертационный совет по специальности 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии». Из девяти учебников и методических пособий кафедры следует выделить работы [18, 19].



Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ, Политех) является крупнейшим техническим вузом Ульяновской области и одним из ведущих научных центров Поволжья. Возобновляемая энергетика представлена в УлГТУ кафедрой «Ветроэнергетические системы и комплексы», которая осуществляет подготовку бакалавров и магистров по одноимённому профилю. Первый набор студентов на бюджетной основе кафедры осуществила в 2017 году. На данный момент это единственная кафедра в Российской Федерации, готовящая специалистов в сфере ветроэнергетики. Инженеры-ветроэнергетики — востребованная в Ульяновском регионе профессия, поэтому выпускники кафедры могут рассчитывать на быстрое трудоустройство и скорый карьерный рост.

Кафедра «Ветроэнергетические системы и комплексы» УлГТУ

Единственная (в 2022 году) российская специализированная кафедра «Ветроэнергетические системы и комплексы» Ульяновского государственного технического университета (УлГТУ) была организована в 2017 году к.т.н., доцентом **Русланом Владимировичем Фёдоровым**. В 2011-м он защитил кандидатскую диссертацию по математическому моделированию и численному анализу эффективности плёночного охлаждения поверхности, обтекаемой высокоскоростным потоком. За последние пять лет им опубликованы три работы в журналах, цитируемых в Scopus и Web of Science.

Кафедра ведёт подготовку бакалавров (13.03.01) по специальности «Теплоэнергетика и теплотехника» по профилю «Ветроэнергетические системы и комплексы», и в 2021 году здесь состоялся выпуск первых 25 специалистов. В обучении студентов задействованы преподаватели пяти факультетов УлГТУ.

Кафедра сотрудничает с базовой кафедрой «Технологии ветроэнергетики» Ульяновского нанотехнологического центра ULNanotech Фонда инфраструктурных и образовательных программ ГК «Роснано». Лабораторное оснащение кафедры включает учебные комплексы компании ООО «НПП «Учтех-Профи», а также компаний ООО «Мицубиси Электрик (Рус)», ООО «ОВЕН» и Legrand.

Кафедра «ВИЭ, электрические сети и системы» СевГУ

Кафедра «Возобновляемые источники энергии, электрические сети и системы» Севастопольского государственного университета (СевГУ) была основана в 1998 году, с 2018 года её возглавляет д.т.н., профессор **Борис Анатольевич Якимович**. Здесь проводят обучение бакалавров (13.03.02) по направлению «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Нетрадиционная и возобновляемая энергетика» (в 2021 году выпущено десять человек); магистров (13.04.02) по направлению «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Нетрадиционная и возобновляемая энергетика», аспирантов по направлению 14.06.01 «Ядерная, тепловая, возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии», профиль «Энергетические установки на основе возобновляемых видов энергии». Общая численность сотрудников кафедры — 21 человек.

Научная специализация сотрудников: д.т.н., профессор **Б.А. Якимович** — системный анализ и управление энергетическими системами ВЭ; к.т.н., доцент **В.В. Кувшинов** — солнечная энергетика [20, 21]; к.т.н. доцент **П.Н. Кузнецов** — фотоэнергетика, ветроэнергетика, информационно-управляющие системы СЭС; к.т.н., доцент **В.В. Чебоксаров** — морская ветроэнергетика; к.т.н. **Н.М. Шайтор** — ветроэнергетика, интеллектуальные системы электроснабжения.

Актуальными направлениями научной деятельности кафедры являются: повышение энергетической эффективности солнечных энергоустановок, резонансные волновые энергоустановки, опреснение воды на основе ВИЭ.

На кафедре «Возобновляемые источники энергии, электрические сети и системы» СевГУ имеется научно-исследовательская лаборатория «Возобновляемая энергетика», полигон в микрорайоне Любимовка с вертикально-осевой энергоустановкой, ФЭУ с аккумулярованием энергии, трековая ФЭУ.

В 2021 году сотрудниками кафедры опубликованы 13 работ в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, 32 работы в РИНЦ. Налажено научное сотрудничество с университетами Италии, Польши, Словакии, Сирии.

В 2022 году в аспирантуре кафедры «ВИЭ, электрические сети и системы» СевГУ обучались 25 человек, в том числе пять иностранцев. Кафедра ежегодно организует в Севастополе секции ВИЭ на конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность», студенческие конференции «Современные проблемы энергетики и экологии».



Севастопольский государственный университет (СевГУ), созданный в 2014 году, — крупнейшее высшее учебное заведение города Севастополя и одно из крупнейших в Республике Крым.

Кафедра «Возобновляемые источники энергии, электрические сети и системы» СевГУ готовит высококвалифицированных специалистов для рынков производства, передачи и потребления электрической энергии.

В состав кафедры входят инновационные лаборатории: «Возобновляемые источники энергии и электрические системы и сети»; «Электромеханика»; «Возобновляемые источники энергии»; исследовательский полигон в области возобновляемой и водородной энергетики «Горизонт».



Крымский федеральный университет (КФУ) имени В. И. Вернадского прослеживает свою историю от Таврического национального университета, основанного в Крыму в 1918 году. КФУ создан в 2014 году, включив в себя восемь академий и институтов, семь колледжей и центров, 11 филиалов по всему Крыму и семь научных организаций. Кафедра «Электроэнергетики и электротехники» КФУ выпускает специалистов в области электроэнергетики, которая в настоящий момент является приоритетной отраслью для Республики Крым, а в последние годы готовит бакалавров по профилю «Возобновляемые источники энергии» и аспирантура по профилю «Энергоустановки на основе ВИЭ».

Кафедра «Электроэнергетика и электротехника» КФУ

Кафедра «Электроэнергетика и электротехника» Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского (КФУ) основана в 2000 году, возглавляет её д.т.н., профессор Эскендер Алимович Бекиров. В 2008-м он защитил докторскую диссертацию «Научно-технические способы повышения энергоэффективности источников энергии». По состоянию на 1 апреля 2022 года Э. А. Бекиров опубликовал 205 научных трудов и методических пособий, он автор 103 свидетельств и патентов, удостоен звания «Заслуженный изобретатель Украины».

В 2022 году на кафедре проводилось обучение бакалавров по направлению «Электроэнергетика и электротехника», профиль — «ВИЭ» (в 2021 году выпущено 26 человек), магистров по тому же направлению и профилю — 11. При кафедре работала аспирантура по направлению 14.06.01 «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии», профиль 05.14.08 «Энергоустановка на основе ВИЭ». Численность кафедры — 13 человек, в том числе один доктор и один кандидат технических наук. Сотрудники получили 12 патентов, в том числе четыре по ВИЭ. Д.т.н., профессор Э. А. Бекиров с соавторами опубликовали 15 книг и пособий [22, 23] в сфере ВЭ.

Лабораторное оборудование кафедры включает солнечный коллектор, модель ветроустановки мощностью 750 Вт, тепловой насос мощностью 4,5 кВт, модель солнечной электростанции.

Образовательная и научная деятельность

В 2021 году в России в 11 вузах и одном учреждении РАН велась подготовка специалистов в сфере ВЭ. Общая численность сотрудников, специализирующихся на ВИЭ в этих учреждениях, — 121 человек. Ими были подготовлены 219 бакалавра и 108 магистра, в том числе по специальности «Электроэнергетика и электротехника по профилям ВИЭ», соответственно, 144 и 100 человек, по специальности «Теплоэнергетика и теплотехника», по профилю «Ветроэнергетические системы и комплексы» — 25 бакалавров; по специальности «Строительство», по профилям «Строительство объектов ВИЭ», «Проектирование, строительство и менеджмент объектов ВИЭ» — 40 бакалавров и восемь магистров.

Подготовку учёных высшей квалификации в аспирантурах в 2021 году по научному направлению 14.06.01 «Ядерная, тепловая, возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии» по профилю 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» вели семь учреждений, в которых обучались 83 человека. В четырёх указанных учреждениях работали диссертационные советы по научным специальностям 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» (НИУ «МЭИ», СПбПУ, УрФУ, ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ»), 05.04.13 «Гидравлические машины и гидропневмоавтоматы» (НИУ «МЭИ») и 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» (СПбПУ, ЮУрГУ).



Деятельность по подготовке кадров в сфере возобновляемой энергетики в России административно не организована. Государственные образовательные стандарты (ГОС) регламентируют содержание программ обучения по специальностям (направлениям), а подготовка по профилям ВЭ ведётся по программам, утверждённым каждым вузом. Методическая деятельность Министерства науки и высшего образования РФ не охватывает это направление энергетики. Вузы самостоятельно объединяются для проведения конференций по ВИЭ для студентов, аспирантов и молодых учёных (МГУ, УрФУ), обмена опытом по оснащению лабораторным оборудованием (НИУ «МЭИ»).

В образовательной деятельности учреждений важное значение имеет методология, обеспеченность литературой, компьютерными программами, лабораторным оборудованием и обучающими стендами. Обзор литературы показал, что, помимо общеизвестных зарубежных источников, в России издано около 50 книг и пособий по возобновляемой энергетике. В большинстве своём они основаны на европейских источниках, учитывают специализацию вуза (гуманитарный, технический, энергетический) и опыт научной деятельности авторов. Актуально обсуждение научной общественностью этих книг, выработка рекомендаций по использованию наиболее удачных из них, создание доступной компьютерной базы источников информации.

Оснащение образовательных центров лабораторным, стендовым, полигонным оборудованием определяется финансовыми возможностями учреждения, его сотрудничеством с производственными организациями, выполнением прикладных научных исследований. Обучающие стен-

ды, компьютерные классы по ВИЭ имеют НИУ «МЭИ», СПбПУ и ЮУрГУ. Под методическим руководством д.т.н., профессора И.М. Кирпичниковой разработаны обучающие стенды по технологиям электро- и теплогенерации на основе ВИЭ, а их изготовление осуществляет компания ООО «НПП «Учтех-Профи». Стенды солнечно-дизельных и ветродизельных установок имеет НИУ «МЭИ». Полигонами с работающими СЭС, ВЭС, ТНУ, гелиоустановками оснащены СПбПУ, НИУ «МЭИ», УрФУ, ЮУрГУ и СевГУ. Единственная в России структура, специализирующаяся на биоэнергетике на основе морских аквакультур — Лаборатория ВИЭ МГУ оснащена всем необходимым оборудованием и приборами. Ведущие вузы России располагают лабораториями



В образовательной деятельности учреждений важное значение имеет методология, обеспеченность литературой, компьютерными программами, лабораторным оборудованием и обучающими стендами. Обзор литературы показал, что в РФ издано около 50 книг и пособий по возобновляемой энергетике

и полигонным оборудованием, позволяющим выполнять научно-исследовательские работы на высоком уровне. В НИУ «МЭИ» работает ФЭС мощностью 5 кВт, на которой моделируются различные режимы работы, как автономно, так и с энергосистемой. На ФЭС ЮУрГУ исследуются вопросы эффективности работы при запылении солнечных модулей.

Лаборатория ВИЭ МГУ издаёт журнал «Окружающая среда и энерговедение», в котором печатаются наиболее значимые статьи в сфере возобновляемой энергетики. С 2021 года журнал из перечня ВАК «Энергосбережение и водоподготовка» стал издаваться в КубГАУ под научным руководством д.т.н., профессора Р.А. Амерханова [24]. В нём в основном обобщаются результаты исследований по ВИЭ.

Девять образовательных центров ведут активную научно-исследовательскую деятельность. Кафедра «Гидроэнергетика и ВИЭ» НИУ «МЭИ» выполняет (в том числе по заказам ПАО «РусГидро») разработку новых конструкций гидротурбин,



ветроустановок, занимается решением проблем адаптации режимов работы СЭС и ВЭС в единой энергосистеме, развитием водородной энергетики. НОЦ «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» СПбПУ ведёт исследования по созданию СЭС и ВЭС для работы в арктических условиях, методологии ВИМ-проектирования энергоустановок, новых конструкций малых ГЭС. На кафедре электрических станций, сетей и систем электроснабжения ЮУрГУ созданы научные школы малых ВЭУ, надёжности СЭС, разработана методология создания лабораторных стендов по исследованиям ВИЭ. Для научной школы кафедры «АЭС и ВИЭ» УрФУ д.т.н., профессора С. Е. Щеклеина характерна адаптация технологий ВИЭ к суровым климатическим условиям, их интеграция в существующие системы энергоснабжения, использование в энер-

гоустановках ВЭ промежуточных энергоносителей.

Лаборатория ВИЭ МГУ отличается российской школой экономики и управления энергообъектами на основе ВИЭ, базами климатических данных солнечной, ветровой и других видов энергии. Лаборатория каждые два года проводит национальные научно-технические конференции по ВИЭ для молодых учёных и издаёт журнал по проблемам ВИЭ «Окружающая среда и энерговедение».

Для кафедры «Возобновляемые источники энергии, электрические сети и системы» Севастопольского государственного университета и кафедры «Электроэнергетика и электротехника» Крымского федерального университета характерны научные работы по повышению надёжности эксплуатации СЭС и ВЭС, а также систем солнечного теплоснабжения.

Выводы

1. В России высшее образование в области ВЭ осуществляют один гуманитарный вуз, два энергетических университета, восемь технических вузов и одно учреждение РАН. В 2021 году было подготовлено 219 бакалавров и 108 магистров.
2. Подготовку учёных высшей квалификации по возобновляемой энергетике вели в 2021 году восемь учреждений, в аспирантурах которых обучались 78 человек. Четыре учреждения при этом имели диссертационные советы по трём научным специальностям, в основном по 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии».
3. Методологическая деятельность вузов по ВИЭ разобщена. Учебная литература при всём её многообразии имеет посредственное содержание, большинство отечественных и зарубежных книг и пособий недоступны. Отдельными вузами накоплен большой опыт сотрудничества с зарубежными университетами по ВЭ, однако эта работа не поддерживается Министерством науки и высшего образования РФ. Началась работа по общественной самоорганизации вузов по ВИЭ.
4. Лабораторное, стендовое, полигонное оснащение оборудованием по ВИЭ определяется в основном финансовыми возможностями вузов и профилем их научно-исследовательской работы. Компания ООО «НПП «Учтех-Профи» специализируется на производстве лабораторного оборудования по всем технологиям электро- и теплогенерации на основе ВИЭ. Стендовое и полигонное оснащение ряда вузов позволяет им выполнять НИР на высоком научном уровне. ●

1. Бутузов В.А. Современная российская возобновляемая энергетика // Энергия, 2022. №3. С. 52–63.
2. Дерюгина Г.В., Игнатъев Е.В. Ветроди젤ные комплексы: учеб. пособие. — М.: Изд-во МЭИ, 2021.
3. Илюшин П.В. Перспективы применения и проблемные вопросы интеграции распределённых источников энергии в электрические сети: монография. — М.: НТО «Энергопрогресс», 2020. 116 с.
4. Белобородов С.С., Гашо Е.Г., Ненашев А.В. Возобновляемые источники энергии и водород в энергосистеме: проблемы и преимущества: монография. — СПб.: Научоёмкие технологии, 2021. 151 с.
5. Возобновляемая энергетика: примеры и практика реального использования / Под ред. Е.Г. Гашо и Р.В. Разоренова. — М.: РИА; Ассоциация «Зелёный киловатт», 2017. 80 с.
6. Объекты «зелёного строительства» Московского региона / Т.Ю. Андреева, К.В. Вялых, Е.Г. Гашо [и др.]. — М.: Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2021. 165 с.
7. Валов М.И., Казанджан Б.И. Системы солнечного теплоснабжения. — М.: МЭИ, 1991. 140 с.
8. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России / Ю.С. Васильев, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, Г.И. Сидоренко. — СПб.: Наука, 2008. 251 с.
9. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е изд., испр. и доп. — СПб.: Изд-во СПбПУ, 2016. 424 с.
10. Климатические факторы возобновляемых источников энергии / В.В. Елистратов, Е.М. Аментьева, М.М. Борисенко [и др.]; под ред. В.В. Елистратова, Н.В. Кобышевой, Г.И. Сидоренко. — СПб.: Наука, 2010. 235 с.
11. Ресурсы и технологии использования ВИЭ: учеб. пособие / В.В. Елистратов, И.В. Богун, Р.С. Денисов [и др.]. — СПб.: Политех-Пресс, 2022. 528 с.
12. Кирпичникова И.М. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. — Челябинск: Учебная техника, 2011.
13. Кирпичникова И.М., Соломин Е.В. Ветроэнергетические установки. Расчёт параметров компонентов: учеб. пособие. — Челябинск: Издательский центр (ИЦ) ЮУрГУ, 2013. 71 с.
14. Кирпичникова И.М., Шестакова А.Л. Юридические аспекты использования возобновляемой энергетики РФ: учеб. пособие. — Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2013. 71 с.
15. Ресурсы возобновляемой энергетики: методы оценки и картографирование: монография / С.В. Киселёва, Ю.Ю. Рафикова, Т.И. Андреев [и др.]. — М.: Наука, 2019. 194 с.
16. Возобновляемая энергетика: экономические оценки инвестиций: учеб.-метод. пособие / К.С. Дегтярёв, М.Ю. Берёзкин, А.М. Залиханов, О.А. Синюгин; под ред. А.А. Соловьёва. — М.: КДУ «Университетская книга», 2018. 86 с.
17. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России / Т.И. Андреев, Т.С. Габдрахманова, О.В. Данилова [и др.]. — М.: Изд-во РХТУ, 2015. 160 с.
18. Похалуев В.М., Щеклеин С.Е. Когенерационные автономные системы энергоснабжения на основе нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ): метод. пособие. — Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2010. 80 с.
19. Велькин В.И., Щелоков Я.М., Щеклеин С.Е. Возобновляемая энергетика и энергосбережение. — Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2020. 312 с.
20. Кувшинов В.В., Морозова Н.В., Софийский И.Ю. Энергетические установки на основе ВИЭ: Учеб. пособие. — М.: Спутник, 2018. 276 с.
21. Кувшинов В.В., Морозова Н.В., Софийский И.Ю. Основы надёжности и технического обслуживания энергокомплексов на основе ВИЭ: учеб. пособие. — М.: Спутник, 2020. 399 с.
22. Бекиров Э.А. Возобновляемая энергетика: монография. — Симферополь: Ариал, 2016. 384 с.
23. Бекиров Э.А., Асанов М.М. Учебное пособие по практическим и расчётно-графическим работам по дисциплине «Надёжность систем с НВИЭ». — Симферополь: Изд-во КФУ, 2016. 124 с.
24. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем. — М.: Энергоатомиздат, 2009. 504 с.

BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

[Application of TIM on the example of the HVAC section. Pp. 14–16.](#)

Alla Al. Gusarova, postgraduate student; Mikhail Al. Gordeev-Burgvits, PhD, the Department of Mechanization and Automation of Construction, [National Research Moscow State University of Civil Engineering \(NRU MGSU\)](#)

1. A.V. Ginzburg, L.A. Shilova, A.O. Adamcevic. *Sistemotekhnika stroitelstva: Utsheb.-metod. posobie* [System engineering of construction: An educational and methodical manual]. Moscow. *Izd-vo MISI-MGSU* [Publishing House of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019. 45 p. [In Russian]
2. V.V. Talapov. *O nekotorykh printsipakh, lezhashchih v osnove BIM* [About some principles underlying BIM]. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo* [News of Higher Educational Institutions. Series: Construction]. 2016. No. 4. Pp. 108–114. [In Russian]
3. M.A. Chegodaeva. *Funktional'nost' informatsionnoy modeli na etapakh proektirovaniya, stroitelstva i jekspluatatsii zdaniya* [The functionality of the information model at the stages of design, construction and operation of the building]. *Molodoy ucheniy* ["The young scientist" Magazine]. 2016. No. 25. Pp. 102–105. [In Russian]
4. *Ob utverzhenii Pravil formirovaniya i vedeniya informatsionnoy modeli ob'ekta kapital'nogo stroitelstva, sostava svedeniy, dokumentov i materialov, vključaemykh v informatsionnuju model' ob'ekta kapital'nogo stroitelstva i predstavljajemykh v forme jelektronnykh dokumentov, i trebovanij k formatam ukazannykh jelektronnykh dokumentov, a takzhe o vnesenii izmenenija v punkt 6 Polozhenija o vypolnenii inzhenernykh izyskanij dlja podgotovki proektnoj dokumentatsii, stroitelstva, rekonstruksii ob'ektov kapital'nogo stroitelstva* [On approval of the Rules for the formation and maintenance of an information model of a capital construction object, the composition of information, documents and materials included in the information model of a capital construction object and submitted in the form of electronic documents, and requirements for the formats of these electronic documents, as well as on amending to paragraph 6 of the Regulations on the implementation of engineering surveys for the preparation of design documentation, construction, reconstruction of capital construction projects]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.09.2020 №1431 (red. ot 27.05.2022)* [Decree of the Government of the Russian Federation No. 1431 dated September 15, 2020 (as Amended on May 27, 2022)]. [In Russian]
5. [SP 333.1325800.2020](#) [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 333.1325800.2020]. *Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila formirovaniya informatsionnoy modeli ob'ektov na razlichnykh stadijah zhiznennogo tsikla* [Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle]. Publ. date: July 1, 2020. [In Russian]
6. [GOST R 57563–2017](#) [State Industry Standard of Russia No. 57563–2017]. *Modelirovanie informatsionnoe v stroitel'stve. Osnovnyye polozhenija po razrabotke standartov informatsionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzhenij* [Modeling information in construction. Basic provisions for the development of standards for information modeling of buildings and structures]. Publ. date: January 1, 2017. [In Russian]
7. V.B. Kondusova. *Povyshenie jeffektivnosti funkcionirovaniya SAPR na osnove razrabotki metodologii informatsionnoj podderzhki zhiznennogo tsikla naukoemkikh izdelij* [Improving the efficiency of CAD functioning based on the development of a methodology for information support of the life cycle of science-intensive products]. The thesis of a Doctor of Technical Sciences in the specialty No. 05.13.12. Orenburg. *OGU* [Orenburg State University]. 2019. 32 p. [In Russian]
8. N.S. Astaf'eva, Ju.A. Kibireva, I.L. Vasileva. *Preimushhestva ispol'zovaniya i trudnosti vnedrenija informatsionnogo modelirovaniya zdaniy* [Benefits of using and difficulties in implementing building information modeling]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij* ["Construction of unique buildings and structures" Magazine]. 2017. No. 8. Pp. 41–62. [In Russian]
9. V.V. Sharmanov, A.E. Mamaev, A.E. Bolejko, Ju.S. Zolotova. *Trudnosti pojetapnogo vnedrenija BIM* [Difficulties in the phased implementation of BIM]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenij* ["Construction of unique buildings and structures" Magazine]. 2015. No. 10. Pp. 108–120. [In Russian]
10. I.M. Kozlov. *Otsenka jekonomicheskoj jeffektivnosti vnedrenija informatsionnogo modelirovaniya zdaniy* [Evaluation of the economic efficiency of the implementation of building information modeling]. *Arhitektura i sovremennye informatsionnye tehnologii* ["Architecture and modern information technologies" Magazine]. 2010. No. 1. [In Russian]
11. Je.G. Jumatova. *Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Tehnologija Revit* [Information modeling in construction. Revit technology]. Nizhny Novgorod. *NNGASU* [Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering]. 2022. 81 p. [In Russian]

[Development of models of engineering systems of buildings and structures using BIM-modeling. Pp. 20–21.](#)

Andrey A. Melekhin, PhD, Associate Professor, the Department of Heat, Gas Supply and Ventilation, [National Research Moscow State University of Civil Engineering \(NRU MGSU\)](#), general director of "Scientific and Technical Center "Construction and operation of engineering Systems", LLC

1. *BIM-modelirovanie v zadachah stroitel'stva i arhitektury: Mat. III Mezhd. nauch.-prakt. konf. BIMAC 2020* [BIM-modeling in the problems of construction and architecture: Proc. of the III International Scientific and Practical Conference (BIMAC 2020)]. (St. Petersburg, October 28–30, 2020). St. Petersburg. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU). 2020. 446 p. [In Russian]
2. A.A. Melekhin. *Razrabotka tehniko-jekonomicheskikh algoritmov rascheta dlja kal'kuljatorov inzhenernykh sistem: monografija* [Development of technical and economic calculation algorithms for calculators of engineering systems: A monography]. Moscow. *Izd-vo MISI-MGSU* [Publishing House of Moscow State University of Civil Engineering]. 2021. 102 p. [In Russian]

HEATING, HOT WATER AND GAS SUPPLY

[Development of the design and improvement of the calculation methodology of a two-zone dark gas-radiant heater for heating industrial and public premises. Pp. 29–31.](#)

Sergey V. Chuykin, PhD, Associate Professor, the Department of Structural Mechanics; Egor P. Aralov, senior lecturer, the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business, [Voronezh State Technical University \(VSTU\)](#)

1. A.K. Rodin. *Gazovoe luchistoe otoplenie* [Gas radiant heating]. Leningrad. *Nedra* ["Bowels" Publishers]. 1987. 191 p. [In Russian]
2. S.V. Chujkin, T.A. Zmanovskij, A.R. Bohan, K.A. Grigoreva. *Gazoluchistoe otoplenie. Nauchno-prakticheskie problemy i osobennosti proektirovaniya* [Gas-radiant heating. Scientific and practical problems and design features]. *Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikatsii* ["Urban planning. Infrastructure. Communications" Magazine]. 2019. No. 4. Pp. 29–33. [In Russian]
3. N.N. Bolotskih. *Lentochnye infrakrasnye gazovye obogrevateli Schulte dlja otoplenija vysokih pomeshenij s bol'shoj teplovoj nagruzkoj* [Schulte band infrared gas heaters for heating high spaces with a high heat load]. *Jenergoberezenie. Jenergetika. Jenergoaudit* ["Energy saving. Energy. Energy audit" Magazine]. 2013. No. 9. Pp. 38–45. [In Russian]
4. V.N. Bogoslovskij. *Stroitel'naja teplofizika: uchebnik dlja vuzov* [Building thermal physics: A textbook for universities]. 2nd edition, rev. and exp. Moscow. *Vysshaja shkola* ["Higher education" Publishing House]. 1982. 189 p. [In Russian]
5. A.N. Ermolaev. *Povyshenie jeffektivnosti raboty vysokotemperaturnykh gazovykh gorelok infrakrasnogo izlucheniya* [Improving the efficiency of high-temperature infrared gas burners]. *Glavnyj jenergetik* ["Chief Power Engineer" Magazine]. 2019. No. 6. Pp. 10–21. [In Russian]
6. E.A. Beljaeva, A.A. Hal'metov. *Konstruksija infrakrasnogo nagrevatelja* [Infrared heater design]. *Problemy i perspektivy razvitiya stroitel'stva, teplogazosnabzhenija i jenergoobespechenija: Mat. VIII Natsionaln. konf. s mezhd. uchastiem* [Problems and prospects for the development of construction, heat and gas supply and energy supply: Proc. of the VIII National Conference with international participation]. October 15–16, 2018. Saratov. *SGAU* [Saratov State Vavilov Agrarian University]. 2018. Pp. 43–46. [In Russian]
7. E.S. Kudrina, A.Ju. Chadov, D.O. Muhamedijarov et al. *Sravnienie razlichnykh tipov gazovykh infrakrasnykh obogrevatelej* [Comparison of different types of gas infrared heaters]. *Aspirant* ["Postgraduate student" Magazine]. 2020. No. 4. Pp. 99–101. [In Russian]
8. D.O. Kortjukova, A.R. Izmajlova, N.D. Chichirova. *Infrakrasnye obogrevateli* [Infrared heaters]. *Priborostroenie i avtomatizirovannyj jelektroprivod v toplivno-jenergeticheskom komplekse i zhilishhno-kommunal'nom hozjajstve: Mat. VI Natsionaln. nauch.-prakt. konf.* [Instrumentation and automated electric drive in the fuel and energy complex and housing and communal services: Proc. of the VI National Scientific and Practical Conference]. December 10–11, 2020. Kazan. *KGJeU* [Kazan State Power Engineering University]. 2020. Pp. 104–106. [In Russian]
9. D.V. Piramidin. *Povyshenie jenergojeffektivnosti promyshlennogo predpriyatija za schet primeneniya gazovogo luchistogo otoplenija* [Increasing the energy efficiency of an industrial enterprise through the use of gas radiant heating]. *Studencheskij vestnik* ["Student newsletter" Magazine]. 2022. No. 21. Pp. 61–62. [In Russian]
10. M. Dowson. *Programmirovaniye na Python* [Python Programming for the Absolute Beginner]. 3rd edition. Transl. from English. St. Petersburg. *Piter* ["Piter" Publishers]. 2014. 416 p. [In Russian]
11. M. Lutz. *Izuchaem Python* [Learning Python]. 4th edition. Transl. from English. St. Petersburg. *SimvolPlus* ["SimbolPlus" Publishers]. 2011. 1280 p. [In Russian]

[Generator gas from municipal solid waste as fuel for heating installations. Pp. 36–37.](#)

Sergei V. Kashnikov, senior lecturer; Elena A. Biryuzova, PhD, Assistant Professor, the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering \(SPbGASU\)](#)

1. S.I. Buhkalo, A.V. Serikov, O.I. Ol'hovskaja. *Ob utilizatsii polimernykh othodov kak komplekse innovatsionnykh proektov* [On the recycling of polymer waste as a set of innovative projects]. *Vestnik NTU "HPI"* [Bulletin of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"]. 2012. No. 10. Pp. 160–166. [In Russian]
2. K. Ota, H. Ishii, Y. Koyama. Overview of CO₂ reduction by IGCC Technology. Mitsubishi Heavy Industries Ltd. *Technical Review*. 2008. Vol. 45. No. 1. Pp. 18–20.
3. N.F. Timerbaev, D.F. Ziatdinova, I.A. Kuz'min, A.R. Sadrt'dinov. *Issledovanie zavisimosti teplotvornoj sposobnosti TBO ot ih morfologicheskogo sostava* [Study of the dependence of the calorific value of municipal solid waste on their morphological composition]. *Izvestiya vuzov. Himiya i himicheskaja tehnologija* [News of Higher Educational Institutions. Series: Chemistry and Chemical Technology]. 2008. Vol. 51. No. 10. Pp. 79–82. [In Russian]
4. S.I. Buhkalo, O.I. Ol'hovskaja. *Analiz vozmozhnostej kompleksnykh tehnologij utilizatsii polimernoj chasti tverdykh bytovykh othodov* [Analysis of the possibilities of integrated technologies for the utilization of the polymeric part of municipal solid waste]. *Vestnik NTU "HPI"* [Bulletin of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"]. 2013. No. 20. Pp. 80–84. [In Russian]
5. M.S. Nikishanin, R.Sh. Zagrudinov, P.K. Senachin. *Briketirovanie tvjordyykh bytovykh othodov dlja individual'nogo jenergoobespechenija i gazifikatsii* [Briquetting of municipal solid waste for individual energy supply and gasification]. *Jenergo- i resursojeffektivnost' maljetazhnykh zhilykh zdaniy: Sb. dokl. III Vseross. nauch. konf. s mezhd. uchastiem* [Energy and resource efficiency of low-rise residential buildings: Collection of reports of the III All-Russian Scientific Conference with International Participation]. March 21–23, 2017. Novosibirsk. *IT SO RAN* [Kutateladze Institute of Thermophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2017. Pp. 271–281. [In Russian]
6. S.V. Kashnikov. *Perspektivy ispol'zovaniya tvjordyykh bytovykh othodov v kachestve al'ternativnogo istochnika jenerгии* [Prospects for the use of solid household waste as an alternative energy source]. *Innovatsii i investitsii* ["Innovation and investment" Magazine]. 2021. No. 5. Pp. 148–150. [In Russian]

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

[Analysis of the Decree of the Government of the Russian Federation No. 963 dated May 27, 2022. Pp. 53–57.](#)

Peter V. Vinskii, main expert of the HVAC Department, "Mosinzhpromek Institute", Ltd.; **Oleg D. Samarin**, PhD, Associate Professor, [National Research Moscow State University of Civil Engineering \(NRU MGSU\)](#)

1. A.N. Kolubkov. *Kakie chuvstva ostajutsja posle oznakomlenija s PP RF №963?* [What feelings remain after reading the Decree of the Government of the Russian Federation No. 963?]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2022. No. 7. Pp. 40–43. [In Russian]
2. V.I. Livchak. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 27.05.2022 №963: kommentarij* [Decree of the Government of the Russian Federation No. 963 dated May 27, 2022: The commentary]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2022. No. 7. Pp. 38–39. [In Russian]
3. A.N. Kolubkov. *Otmena PP RF №815: chudo ili osoznanaja neobhodimosť?* [Cancellation of Decree of the Government of the Russian Federation No. 815: A miracle or a perceived need?]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2022. No. 5. Pp. 10–17. [In Russian]
4. P.V. Vinskij. *Analiz Izmenenija №1 k SP 50.13330.2012 "Teplovaja zashhita zdanij"* [Analysis of Amendment No. 1 to the Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) "Thermal protection of buildings" No. 50.13330.2012]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2019. No. 11. Pp. 62–65. [In Russian]
5. P.V. Vinskij. *Ispolzovanie SP 50.13330.2012 "Teplovaja zashhita zdanij" pri proektirovanii obshhestvennykh zdanij* [Use the Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) "Thermal protection of buildings" No. 50.13330.2012 in the design of public buildings]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 1. Pp. 84–87. [In Russian]
6. O.D. Samarin. *Voprosy jekonomiki v obespechenii mikroklimata zdanij* [Issues of economics in ensuring the microclimate of buildings]. 2nd edition, rev. and exp. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2015. 136 p. [In Russian]
7. O.D. Samarin, A.K. Klochko. *Sistemy teplosnabzhenija, gazosnabzhenija* [Systems of heat supply, gas supply]. Moscow. *Izd-vo MISI-MGSU* [Publishing House of Moscow State University of Civil Engineering]. 2020. 60 p. [In Russian]

[Selection of the optimal thermal insulation coating of liquefied natural gas pipelines. Pp. 58–61.](#)

Oksana N. Medvedeva, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor; **Sergey D. Perevalov**, postgraduate student, the Department of Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business, [Yuri Gagarin State Technical University of Saratov \(SSTU\)](#)

1. K. Anohin. *Rossijskomu szhizhennomu prirodnomu gazu propisali rost* [A growth was prescribed for Russian liquefied natural gas]. "Kommersant" dated June 17, 2022. Web-source: kommersant.ru. Access date: November 1, 2022. [In Russian]
2. *Dolgosrochnaja programma razvitiya proizvodstva szhizhennogo prirodnogo gaza v Rossijskoj Federatsii* [Long-term program for the development of liquefied natural gas production in the Russian Federation]. *Utv. rasporyzheniem Pravitel'stva RF ot 16.03.2021 №640-r* [Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 640-r dated March 16, 2021]. [In Russian]
3. B.N. Kuricyn, O.N. Medvedeva. *Tekhniko-jekonomicheskaja optimizatsija sistem teplosnabzhenija* [Technical and economic optimization of heat supply systems]. Saratov. SGTU [Saratov State Technical University]. 2011. 60 p. [In Russian]
4. S.A. Abdurashitov, A.A. Tupichenkov. *Truboprovody dlja szhizhennykh gazov* [Pipelines for liquefied gases]. Moscow. *Nedra* ["Bowels" Publishers]. 1965. 215 p. [In Russian]
5. *GOST R 58029–2017* [State Industry Standard of Russia No. 58029–2017] *EN 14620-4:2006. Proektirovanie i proizvodstvo na meste vertikal'nykh tsilindricheskikh stal'nykh emkostej s ploskim dnom dlja hranenija ohlazhzhennykh szhizhennykh gazov s rabochej temperaturoj ot 0°C do –165°C. Ch. 4. Izoljatsionnye komponenty* [Design and on-site production of vertical cylindrical steel tanks with a flat bottom for the storage of refrigerated liquefied gases with an operating temperature from 0°C to –165°C. Part 4: Insulating components]. Publ. date: January 1, 2020. [In Russian]
6. A.P. Usachev, A.L. Shurajc, A.V. Rulev. *Sistemnyye issledovanija kompleksnoj zashhity rezervuarov i truboprovodov szhizhennogo uglevodorodnogo gaza: monografija* [System studies of the complex protection of tanks and pipelines of liquefied hydrocarbon gas: A monography]. Saratov. SGTU [Saratov State Technical University]. 2009. 212 p. [In Russian]
7. *SP 61.13330.2012* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 61.13330.2012]. *Teplovaja izoljatsija oborudovanija i truboprovodov. Aktualiz. red. SNiP 41-03-2003 (s Izm. №1)* [Thermal insulation of equipment and pipelines. Updated edition of Building Rules & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 41-03-2003]. Publ. date: January 1, 2013. [In Russian]
8. M.G. Kaganer. *Teplovaja izoljatsija v tekhnike nizkikh temperature* [Thermal insulation in low temperature technology]. Moscow. *Mashinostroenie* ["Engineering Industry" Publishers]. 1966. 276 p. [In Russian]
9. V.A. Kotljarevskij, A.A. Shatalov, H.M. Hanuhov. *Bezopasnost' rezervuarov i truboprovodov* [Safety of tanks and pipelines]. Moscow. *Jekonomika i informatika* ["Economics and informatics" Magazine]. 2000. 552 p. [In Russian]
10. S.Ju. Pirogov, L.A. Akulov, M.V. Vedernikov, N.G. Kirillov. *Prirodnij gaz. Metan: sprav.* [Natural gas. Methane: A reference book]. St. Petersburg. *NPO "Professional"* ["The professional" Research and Production Association]. 2006. 847 p. [In Russian]
11. V.L. Polunin. *Penopolimery v nizkotemperaturnoj izoljatsii* [Foam polymers in low-temperature insulation]. Moscow. *Jenergoatomizdat* [Publishing House of Energy and Nuclear Industry of the USSR ("Energatomizdat" Publishers)]. 1991. 192 p. [In Russian]
12. A.Ju. Baranov, E.V. Sokolova. *Hranenie i transportirovka kriogenykh zhidkostej* [Storage and transportation of cryogenic liquids]. St. Petersburg. *Universitet ITMO* [St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics]. 2017. 95 p. [In Russian]

ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

13. O.N. Medvedeva, S.D. Perevalov. Selection of effective thermal insulation materials for a liquefied natural gas tanks. International Conference on Automatics and Energy (ICAE 2021), October 7–8, 2021. Vladivostok, Russia. Journal of Physics: Conference Series. Vol. 2096.
14. R 585–85 [Recommendations No. 585–85]. *Rekomendatsii po proektirovaniju gazoprovodov, transportirujushih ohlazhzhennyj gaz* [Recommendations for the design of gas pipelines transporting cooled gas. Moscow]. Moscow. VNIIST [All-Russian Research Institute for the Construction and Operation of Pipelines, Fuel and Energy Complex Facilities ("VNIIST", JSC)]. 1985. 100 p. [In Russian]

[On the possibility of geothermal energy developing in the Republic of Buryatia. Pp. 62–65.](#)

Aldar G. Badmaev, PhD in Geography, Research Officer, [Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences](#) (Ulan-Ude city, Republic of Buryatia, Russia Federation)

1. L.S. Beljaev, A.V. Lagerev, V.V. Posekalin et al. *Jenergetika XXI veka: Uslovija razvitiya, tehnologii, prognozy* [Energy of the XXI century: Development conditions, technologies, forecasts]. Edited by N.I. Voropaj. Novosibirsk. *Nauka* ["The science" Publishers]. 2004. 386 p. [In Russian]
2. T.N. Tret'jakova, E.A. Jufereva. *Geografija termal'nykh istochnikov Respubliki Burjatija* [Geography of thermal springs in the Republic of Buryatia]. Ulan-Ude. *VSGUTU* [East Siberian State University of Technology and Management]. 2020. Pp. 140–146. [In Russian]
3. *Karta geotermal'nykh resursov Rossii* [Map of geothermal resources of Russia]. SPbGU [St. Petersburg Mining University]. Web-source: geographyofrussia.com. Access date: December 16, 2021. [In Russian]
4. A.A. Smyslov. *Geotermicheskaja karta Rossii* [Geothermal map of Russia]. VSEGEI [Karpinsky All-Russian Research Geological Institute]. Web-source: neotec.ginras.ru. Access date: April 5, 2022. [In Russian]
5. G.E. Ershov. *Termal'nye vody* [Thermal waters]. *Voda Rossii: nauchno-populjarnaja jentsiklopedija* [Waters of Russia. Popular Science Encyclopedia]. Web-source: water-rf.ru. Access date: December 2, 2021. [In Russian]
6. *Geotermal'nye resursy Rossii* [Geothermal resources of Russia]. SPbGU [St. Petersburg Mining University]. Web-source: geographyofrussia.com. Access date: December 9, 2021. [In Russian]
7. Renewable Capacity Statistics 2020. IRENA. Abu Dhabi, UAE. 2021. 66 p.
8. *Geotermal'njuj elektrostansiju za dva milliarda rublej postrojat na Juzhnykh Kurilah* [A geothermal power plant for two billion rubles will be built in the South Kuriles]. "Interfax" from April 24, 2021. Web-source: interfax.ru. Access date: December 2, 2021. [In Russian]
9. *Strategija sotsial'no-jekonomicheskogo razvitiya Respubliki Burjatija na period do 2035 goda* [Strategy for the socio-economic development of the Republic of Buryatia for the period up to 2035]. *Utv. Zakonom Respubliki Burjatija ot 18.03.2019 №360-VI* [Approved by the Law of the Republic of Buryatia No. 360-VI of March 18, 2019]. Ulan-Ude. 2019.163 p. [In Russian]
10. *O porjadke pol'zovanija nedrami na uchastkakh nedr mestnogo znachenija v Respublike Burjatija* [On the procedure for the use of subsoil in subsoil plots of local importance in the Republic of Buryatia]. *Zakon Respubliki Burjatija ot 29.11.2005 №1346-III* [Law of the Republic of Buryatia No. 1346-III of November 29, 2005]. [In Russian]
11. *Informatsionnyj bjulleten' o sostojanii nedr na territorii DFO za 2019 god* [Information bulletin on the state of the subsoil in the Far Eastern Federal District for 2019]. Edited by S.A. Kozlov. Khabarovsk. *DRTS GMSN* (filial FGBU "Gidrospegeologija") [Far Eastern Regional Center for State Monitoring of the Subsoil Condition (A branch of the "Hydrospecialgeology" Federal State Budgetary Institution)]. 2020. 407 p. [In Russian]
12. B.B. Namsaraev, S.V. Zajceva, V.V. Hahinov et al. *Mineral'nye istochniki i ozjora Barguzinskoj doliny* [Mineral springs and lakes of the Barguzinskaya valley]. Edited by K.Sh. Shagzhiev. Ulan-Ude. *Izd-vo BGU* [Publishing House of the Buryat State University]. 2007.100 p. [In Russian]
13. Jh. Ola, A. Geppert, S. Prakash. *Metanol i jenergetika budushhego. Kogda zakonchatsja nef' i gaz* [Methanol and energy of the future. When oil and gas run out]. 2nd edition. Transl. from English. Moscow. *Laboratorija znaniy* ["The Knowledge Lab" Publishers]. 2015. 419 p. [In Russian]

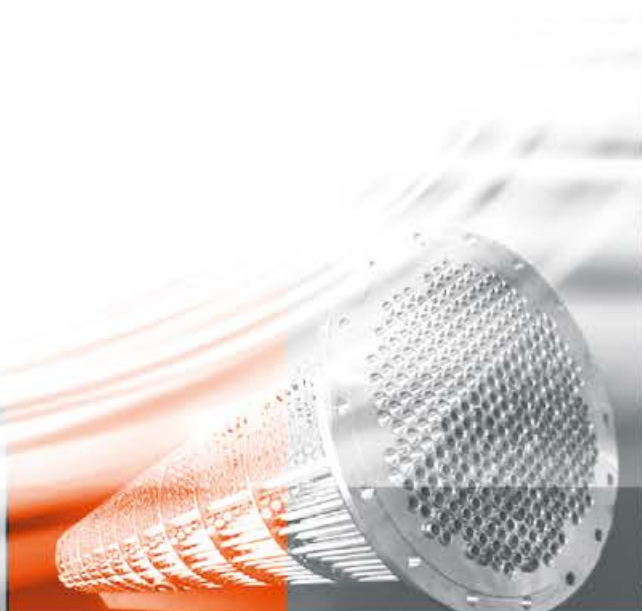
[Combined HDPE-carbon dioxide thermal insulation. Pp. 66–68.](#)

Natalia P. Krasnova, senior lecturer; **Andrey S. Gorshenin**, PhD, Associate; **Juliya I. Rakhimova**, PhD in Pedagogy, Associate Professor, the Industrial Heat Power Engineering Department, [Samara State Technical University \(SamSTU\)](#)

1. *SP 61.13330.2012* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 61.13330.2012]. *Teplovaja izoljatsija oborudovanija i truboprovodov. Aktualiz. red. SNiP 41-03-2003 (s Izm. №1)* [Thermal insulation of equipment and pipelines. Updated version of Building Rules & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 41-03-2003 (with Amendment No. 1)]. Publ. date: January 1, 2013. [In Russian]
2. A.S. Kolosova, E.S. Pikalov. *Sovremennye gazonapolnennye polimernye materialy i izdelija* [Modern gas-filled polymer materials and products]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij* [International Journal of Applied and Basic Research]. 2020. No. 10. Pp. 54–67. [In Russian]
3. A.I. Shhelokov, N.P. Krasnova, O.Ju. Mzhelskaja. *Snizhenie teplovykh poter' za schet vnedrenija novogo vida teploizoljatsionnogo materiala* [Reduction of heat losses due to the introduction of a new type of heatinsulating material]. *Infrastrukturnye otrasi jekonomiki: problemy i perspektivy razvitiya. Sb. mat. IX Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Infrastructural sectors of the economy: problems and development prospects. Proc. of the IX International Scientific and Practical Conference]. May 22, 2015. Novosibirsk. *NGTU* [Novosibirsk State Technical University]. 2015. Pp. 158–163. [In Russian]
4. A.G. Zheludkov, V.V. Penjavskij. *Sovremennye vysokoeffektivnyye teploizoljatsionnye materialy* [Modern high-performance heat-insulating materials]. *Izbr. dokl. 68-j Universit. nauch.-tehn. konf. studentov i molodykh uchenykh* [Selected reports of the 68th University Scientific and Technical Conference of Students and Young Scientists]. Tomsk. April 19–23, 2022. Tomsk. *TGASU* [Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering]. 2022. Pp. 608–611. [In Russian]
5. V.K. Kryzhanovskij, V.V. Burlov, A.D. Panimatchenko, Ju.V. Kryzhanovskaja. *Tekhnicheskie svoystva polimernykh materialov: Ucheb.-sprav. posobie* [Technical properties of polymeric materials: An educational and reference manual]. 2nd edition, rev. and exp. St. Petersburg. *Professija* ["A profession" Publishers]. 2005. 248 p. [In Russian]

24-26 ОКТЯБРЯ 2023
МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

HEAT&POWER



**8-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ПРОМЫШЛЕННОГО КОТЕЛЬНОГО, ТЕПЛОБМЕННОГО
И ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**



Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+7 (495) 252 11 07
heatpower@mvk.ru



ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
heatpower-expo.ru

0+

2-я Международная выставка оборудования,
технологий и услуг для вентиляции,
кондиционирования и холодоснабжения бытовых,
коммерческих и промышленных объектов



- 5 068 уникальных посетителей из 73 регионов и 11 стран
- 14 323 посетителя выставки Aquatherm Moscow также планировали посещение выставки AIRVent 2023
- 72% посетителей AIRVent планируют закупить продукцию участников*

Одновременно с крупнейшей в России выставкой комплексных инженерных решений для отопления, водоснабжения, канализации и бассейнов

aqua
THERM
MOSCOW

6-9.02.2024
Москва, Крокус Экспо
airventmoscow.ru

Узнать условия
участия



**АРЕНДА
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ИНСТРУМЕНТА**



БОЛЕЕ **23 000** SKU
В НАЛИЧИИ НА СКЛАДЕ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОНТАЖ, СЕРВИС,
ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ**

**ДОСТАВКА ГРУЗОВ
ПО ВСЕЙ РОССИИ**



51 ФИЛИАЛ

36
ГОРОДОВ

**ПРОГРАММА ЛОЯЛЬНОСТИ
ДЛЯ МОНТАЖНИКОВ**

- Особые условия и скидки в личном кабинете
- Начисление бонусов с каждой покупки
- Оплата товаров бонусами

lunda.ru

